



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de
Ingeniera Civil**

Evaluación del estado del pavimento de la vía “Mira-El Hato”, tramo San Luis - Santa Isabel en el Cantón Mira, mediante el método PCI, para el desarrollo de una propuesta de intervención vial

Ana Cristina Vásquez Cabrera

Quito, septiembre de 2023



DECLARACION JURAMENTADA

Yo, Ana Cristina Vásquez Cabrera, con cédula de identidad # 100462891-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual que correspondan relacionados a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

D. M. Quito, septiembre de 2023

Ana Cristina Vásquez Cabrera

Correo electrónico: acvasquez.civ@uisek.edu.ec



DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“Evaluación del estado del pavimento de la vía “Mira-El Hato”, tramo San Luis - Santa Isabel en el Cantón Mira, mediante el método PCI, para el desarrollo de una propuesta de intervención vial”

Realizado por:

ANA CRISTINA VÁSQUEZ CABRERA

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA CIVIL

ha sido dirigido por el profesor

LUIS ALBERTO SORIA NÚÑEZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA



Evaluación del estado del pavimento de la vía “Mira-El Hato”, tramo San Luis - Santa Isabel
en el Cantón Mira, mediante el método PCI, para el desarrollo de una propuesta de
intervención vial

Por

Ana Cristina Vásquez Cabrera

Septiembre 2023

Aprobado:

Luis A. Soria N., Tutor

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Presidente del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial, Miembro del Tribunal

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Luis A. Soria N.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Aceptado y Firmado: _____ día, mes, año
Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

_____ día, mes, año

Primer Nombre, Inicial, Primer Apellido, Inicial.

Presidente(a) del Tribunal

Universidad Internacional SEK



Dedicatoria

A mis padres, mi hermana y mis abuelitos por su amor, apoyo y contención, pero, sobre todo, por enseñarme con su ejemplo que ser perseverante y confiar en Dios es la clave para no desfallecer en la misión de cumplir mis objetivos.

Agradecimiento

A Dios, por permitirme compartir cada éxito con mi familia y por darme la motivación
y las herramientas para conseguir las metas que me he propuesto.

A mi padre y mi madre por su cariño, apoyo, paciencia y enseñanza a lo largo de mi
vida y mi carrera.

A mi hermana, por ser la mejor amiga y el mejor ejemplo de constancia y lealtad, y
por ser mi inspiración y motivación para superarme a diario.

A mis abuelitos, porque con su amor, sus enseñanzas y apoyo incondicional me
ayudaron a alcanzar mis sueños.

A mis profesores, especialmente al Mag. Ing. Renato Villareal y a mi tutor de tesis,
Mgs. Ing. Luis Soria, por compartir su tiempo y conocimientos para mi crecimiento
profesional y por sus valiosos aportes en la elaboración de este trabajo.



Este trabajo de tesis fue realizado bajo el Programa de Investigación:

**Convocatoria para la presentación de programas y/o proyectos de investigación
científica y desarrollo tecnológico - Universidades
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL**

Y con el financiamiento de

(colocar el que aplique)

Proyecto de Investigación de la Dirección de Investigación e Innovación

DII-UISEK-PXXXXXX_X.X

Resumen

La Vía “Mira – El Hato” ubicada en la parroquia urbana de Mira, Provincia del Carchi, es una vía terciaria perteneciente a la Red Vial Municipal, que conecta con la vía secundaria E187 Bolívar – El Ángel – Mira – Mascarilla, donde se evidencia un gran deterioro del pavimento debido al poco mantenimiento recibido desde su inauguración.

Al tratarse de una vía que une la cabecera cantonal y zonas de producción del cantón con la Red Vial Nacional, es fundamental la existencia de un plan de intervención que permita mejorar el acceso a las áreas turísticas, comerciales y de producción, y que facilite el transporte eficiente de los insumos de esta zona principalmente agrícola y ganadera, a través de una infraestructura vial que permita el alcance de los objetivos sociales y económicos de la población.

En este trabajo se analiza el estado actual de la vía en el sector San Luis – Santa Isabel entre los kilómetros 2+000 y 3+500, por ser el tramo más crítico, para lo cual, se emplea la norma ASTM D6433-07 donde se detalla el proceso de evaluación visual del pavimento flexible mediante el método PCI.

El análisis realizado con esta metodología contribuye a la planificación del mantenimiento vial de forma continua y dinámica al determinar la tasa de deterioro de la vía, haciendo posible que los entes estatales identifiquen las actividades prioritarias y establezcan de forma ágil las estrategias de financiamiento y uso de recursos.

Palabras clave: Evaluación, Vía, Pavimento, Mantenimiento, PCI, Fallas

Abstract

"Mira - El Hato" road located in Canton Mira, Carchi Province, is a tertiary road belonging to the Municipal Road Network that connects with the secondary road E187 Bolívar - El Ángel - Mira - Mascarilla, which shows a great deterioration due to the minimal maintenance it has received since its inauguration.

As it is a road that connects the cantonal head and production areas of the Canton with the National Road Network, it is crucial to develop a road intervention plan that allows improving the access to tourist, commercial and production areas, and to facilitate the efficient transportation of inputs from this mainly agricultural and livestock area, through a road infrastructure that allows the achievement of the social and economic objectives of the population.

In this thesis, the current state of the road in the San Luis - Santa Isabel sector between kilometers 2+000 and 3+500 is analyzed, as it is the most critical section, for which the ASTM D6433-07 standard is used, which details the process of visual evaluation of flexible pavement using the PCI method.

The analysis carried out using this methodology contributes to the planning of road maintenance in a continuous and dynamic way by determining the rate of deterioration of the road, making it possible for state entities to identify priority activities and quickly establish financing strategies and use of resources.

Keywords : Evaluation, Road, Pavement, Maintenance, PCI, Failures

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas.....	xiii
Lista de Ilustraciones	xiv
Capítulo 1: Definición del caso de estudio.....	1
Introducción.....	1
Planteamiento del problema	2
Justificación.....	3
Objetivos.....	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Hipótesis	4
Hipótesis general	4
Hipótesis específicas.....	5
Alcance y limitaciones	5
Resumen	5
Capítulo 2: Antecedentes	7
Generalidades de la zona de emplazamiento.....	7
Desarrollo socioeconómico actual.....	8
Diagnóstico vial actual	9
Origen de los puntos críticos del sistema vial	9
Necesidades de conservación vial	10
La infraestructura vial en el desarrollo económico	10
Resumen	11
Capítulo 3: Marco Teórico	12

Preliminares.....	12
Clasificación del sistema vial del Ecuador.....	12
Por su diseño.....	12
Por su funcionalidad.....	13
Por su dominio.....	13
Por su uso.....	13
Por su jurisdicción y competencia.....	14
Por su capacidad (función del TPDA).....	15
Por el desempeño de las carreteras.....	15
Por las condiciones orográficas.....	18
Por el número de calzadas.....	19
Por la superficie de rodamiento.....	19
Definición y clasificación de los pavimentos.....	20
Definición.....	20
Clasificación.....	20
Método Pavement Condition Index (PCI).....	29
Normativa.....	30
Procedimiento.....	30
Fallas en el pavimento flexible.....	34
Ciclo de vida del pavimento.....	41
Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.....	42
Clasificación del mantenimiento.....	45
Resumen.....	51
Capítulo 4: Metodología.....	52
Delimitación del tramo de análisis.....	52

Definición de secciones y unidades de muestra	52
Inspección y registro de fallas	54
Materiales e instrumentos	54
Procedimiento	56
Cálculo del PCI.....	57
Resumen	57
Capítulo 5: Propuesta de intervención vial	59
Actividades recomendadas según PCI.....	59
Matriz de alternativas de intervención	64
Resumen	66
Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones	68
Conclusiones.....	68
Recomendaciones	70
Trabajos futuros.....	71
Referencias (APA)	72
Anexo A: Fallas en Pavimentos Asfálticos	76
Anexo B: Hojas de Registro para la Inspección del Pavimento Flexible	86
Anexo C: Curvas de Valores Deducidos para Asfalto	106
Anexo D: Valor de PCI corregido por Unidad	113
Anexo E: Curvas para Corrección del Valor Deducido del Pavimento Flexible..	121
Anexo F: Evaluación Superficial del Tramo de Análisis de Pavimento Flexible	1
Anexo G: Registro Fotográfico.....	1

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación de las carreteras por condiciones orográficas.....	19
Tabla 2. Coeficientes de capas	24
Tabla 3. Longitudes de unidades de muestreo de pavimento flexible.....	30
Tabla 4. Fórmulas para la determinación de unidades mínimas de análisis.....	31
Tabla 5. Determinación del máximo número de deducciones permisibles	33
Tabla 6. Fallas presentes en pavimentos flexibles (método PCI).....	36
Tabla 7. Clasificación de mantenimiento según Jugo (2005).....	46
Tabla 8. Clasificación según periodicidad.....	48
Tabla 9. Operaciones de mantenimiento según la NEVI-12 (Vol. 6)	51
Tabla 10. Definición de unidades de muestreo	53
Tabla 11. Equipos y materiales para la aplicación del método PCI.....	55
Tabla 12. Incidencia de fallas en el tramo vial.....	59
Tabla 13. Rating de unidades de muestra.....	60
Tabla 14. Clasificación de actividades según PCI.....	60
Tabla 15. Resumen de resultados y actividades propuestas.....	61
Tabla 16. Resumen de actividades de intervención en el tramo vial.....	62
Tabla 17. Actividad propuesta para el tramo.....	62
Tabla 18. Actividades recomendadas para cada sección.....	63
Tabla 19. Análisis de fallas y propuesta de intervención vial	66
Tabla 20. Posible evolución de fallas	66

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Parroquias del Cantón Mira.....	7
Ilustración 2. Categorización de la red vial de Carchi.....	9
Ilustración 3. Representación de camino agrícola/forestal.....	16
Ilustración 4. Representación de camino básico.....	16
Ilustración 5. Representación de carretera convencional básica	16
Ilustración 6. Representación de carretera de mediana capacidad	17
Ilustración 7. Representación de carretera de alta capacidad interurbana.....	17
Ilustración 8. Representación de vía de alta capacidad urbana o periurbana	18
Ilustración 9. Sección transversal típica	21
Ilustración 10. Esquema de comportamiento del pavimento flexible	22
Ilustración 11. Esquema de paquete estructural del pavimento rígido.....	26
Ilustración 12. Esquema del comportamiento de pavimentos rígidos.....	27
Ilustración 13. Componentes principales del pavimento rígido	27
Ilustración 14. Esquema de paquete estructural para pavimento híbrido.....	28
Ilustración 15. Formato de hoja de información de exploración del estado del pavimento flexible.....	32
Ilustración 16. Formato para cálculo de CDV y determinación del rating del pavimento de cada unidad.....	32
Ilustración 17. Ajuste del número de valores deducidos.....	33
Ilustración 18. Escala de calificación y colores sugeridos para PCI	34
Ilustración 19. Fallas en pavimentos flexibles	35
Ilustración 20. Relación entre estado del pavimento y costos.....	43
Ilustración 21. Curva de deterioro – tiempo.....	43

Ilustración 22. Curva de deterioro del pavimento, vida consumida y costo de rehabilitación	44
Ilustración 23. Implicaciones de diferentes estrategias en la condición del pavimento .	45
Ilustración 24. Mantenimiento según PCI	46
Ilustración 25. Vista satelital de la zona de estudio.....	52
Ilustración 26. Delimitación de secciones del tramo de estudio	53
Ilustración 27. Identificación de unidades en el pavimento	54
Ilustración 28. Ejemplo de hoja de registro de inspección en pavimento flexible	56
Ilustración 29. Ejemplo de cálculo de PCI	57
Ilustración 30. Distribución del PCI en el tramo	60
Ilustración 31. Distribución de actividades	62

Capítulo 1: Definición del caso de estudio

En este capítulo se presentan generalidades sobre el caso de estudio y se justifica la necesidad de realizar un diagnóstico, mediante el método PCI, del estado actual del pavimento flexible de la Vía “Mira – El Hato” entre los kilómetros 2+000 y 3+500.

Introducción

A lo largo de los años las carreteras han promovido el crecimiento social, cultural y económico del Ecuador, comunicando e integrando los diferentes centros de desarrollo agrícola, comercial, turístico y productivo del país, lo cual ha favorecido el crecimiento poblacional, haciendo necesaria la ampliación y el mantenimiento de la red vial para que exista una comunicación fluida a lo largo y ancho del país.

En el Cantón Mira, 43.35 km del sistema vial poseen una superficie de pavimento flexible y, dada la inversión que implica el diseño y construcción de una vía, se espera que su resistencia sea suficiente para soportar el tráfico que por ellas circula y para el que fueron diseñadas, además de que se encuentre en una condición tal que sea favorable para el tráfico vehicular (CONGOPE, 2019).

Sin embargo, con el transcurrir de los años, por el uso de la red vial y la acción de los agentes climáticos, es normal que el pavimento experimente cambios superficiales, por lo cual deben recibir un mantenimiento adecuado que asegure la vida útil de la vía y no comprometa su nivel de servicio, afectando a la población que a diario transita sobre ellas y a los entes que la administran (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

Planteamiento del problema

Según las cuentas nacionales presentadas en el 2016 por el Banco Central del Ecuador, la producción en la Provincia del Carchi representa la 18° mayor aportación al VAB del total nacional, siendo la agricultura, ganadería y transporte, las actividades más representativas (CONGOPE, 2019).

Sin embargo, la mayor parte de las vías en esta demarcación administrativa se encuentran en estado regular y, al menos, 515.82 km se encuentran en mal estado, de los cuales, aproximadamente, el 16% pertenecen al Cantón Mira, cifra que afecta al desarrollo de sus actividades económicas representativas y al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. (CONGOPE, 2019).

Se debe tomar en cuenta que una red vial que se mantiene en buen estado garantiza una inversión con resultados acordes a los proyectados inicialmente en términos de rentabilidad social, económica, de desarrollo y crecimiento.

Por esta razón, y conociendo el papel fundamental de las vías en el desarrollo de una nación, se proyecta la intervención vial de 1.5 kilómetros del tramo San Luis – Santa Isabel de la Vía “Mira – El Hato”, mediante el análisis del estado del pavimento flexible, aplicando el método PCI, con lo cual, se propone gestionar una intervención oportuna y adecuada de la vía, que mejore su serviciabilidad y evite que el deterioro alcance niveles que requieran su reconstrucción antes del fin de su período de vida útil.

El manejo y control de esta ruta forma parte de las competencias del Consejo Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mira, al tratarse de una vía interparroquial perteneciente a la Red Vial Cantonal que conecta con la vía colectora o secundaria E187 Bolívar – El Ángel – Mira – Mascarilla (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2001). Por lo

tanto, le corresponde a este nivel de gobierno conservar el buen funcionamiento de la vía, misma que evidencia un creciente deterioro debido al poco mantenimiento recibido desde su inauguración, lo cual afecta a la población que requiere transitar a diario por este tramo.

Justificación

La falla y colapso de los pavimentos no son repentinos, al contrario, se desarrollan progresivamente hasta alcanzar un desempeño insatisfactorio. Es por esto que se plantea la elaboración de un diagnóstico mediante el método PCI, donde se evalúe la situación actual del pavimento flexible de la Vía “Mira – El Hato”.

Se trata del estudio de la condición superficial del pavimento mediante la inspección simple de los daños, sin uso de herramientas especializadas, lo cual facilita y reduce el tiempo de evaluación del carril en sentido bidireccional en el tramo comprendido entre los kilómetros 2+000 y 3+500, mismo que fue pavimentado en el año 2013 y cuya única intervención se realizó en el año 2021 con trabajos de bacheo menor, hecho que ha contribuido a su visible deterioro.

Considerando que se trata de una vía terciaria que conecta la cabecera cantonal y zonas de producción del Cantón con la Red Vial Nacional y que el pavimento de la vía fue diseñado para 20 años de operación, desde la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil, es fundamental establecer una propuesta de intervención vial con actividades que permitan mejorar el acceso a las áreas turísticas, comerciales y de producción, y garantizar el transporte eficiente de los insumos de la zona a través de una infraestructura que no constituya un obstáculo para el alcance de los objetivos económicos y sociales de la población, sino que desempeñe un rol facilitador para su desarrollo (Banco del Estado, 2013).

El análisis y rehabilitación de esta vía es una obra esencial para más de 12180 personas que habitan en el Cantón, tomando en cuenta que se trata de una zona principalmente agrícola

y ganadera que requiere disponer de una red de transporte que permita mejorar la competitividad de los productos y servicios que ofrece en el mercado nacional, con una adecuada movilidad entre las áreas de producción y consumo (INEC, 2010).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el estado del pavimento flexible de la Vía “Mira-El Hato” mediante el método PCI, para el desarrollo de una propuesta de intervención.

Objetivos específicos

Aplicar el método PCI para desarrollar una propuesta de intervención, mediante la inspección visual, mediciones y registro de fallas presentes en la superficie del pavimento de la vía.

Calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI), mediante el procedimiento establecido en la norma ASTM D6433-07, para definir las actividades de mantenimiento y rehabilitación de la vía acorde a su situación actual.

Identificar las causas de deterioro del pavimento, mediante la observación y evaluación de los daños visibles, con el fin de solucionar los factores que los desencadenan.

Hipótesis

Hipótesis general

El deterioro en las vías de pavimento flexible es controlado cuando se realiza un oportuno mantenimiento a lo largo de su vida útil.

Hipótesis específicas

El mantenimiento rutinario, preventivo, periódico y de emergencia; neutraliza y retarda el proceso de deterioro de las vías de pavimento flexible.

La aplicación de procesos de evaluación, seguimiento y control de daños en el pavimento permiten desarrollar medidas preventivas y correctivas que prolonguen la vida útil de la vía.

Alcance y limitaciones

El presente trabajo constituye el estudio funcional de la condición actual del pavimento flexible de 1.5 km del tramo San Luis - Santa Isabel de la vía “Mira - El Hato”, a través de la identificación de las fallas presentes y su severidad en 39 unidades de 38.3 metros de longitud, aplicando el método PCI establecido en la norma ASTM D6433-07.

En función de los resultados del análisis, se proponen soluciones orientadas a mitigar el deterioro y mejorar la serviciabilidad del tramo vial, identificando, tratando y solucionando los factores detonantes de los daños.

Este trabajo no abarca el cronograma o análisis de los costos por la implementación de las alternativas propuestas, ni el rediseño de la estructura de pavimento o el diseño de sistemas complementarios como cunetas o alcantarillado. De igual manera, no se realiza un retrocálculo del tráfico, ni ensayos de ningún tipo, como CBR, cono de penetración dinámico, densímetro nuclear o estudios de deflectometría (FWD).

Resumen

La elaboración de un diagnóstico oportuno del estado actual de los pavimentos permite proponer soluciones pertinentes que mejoren la condición de las vías y garanticen una

circulación cómoda, segura, fluida y de bajo costo tanto para los usuarios, como para los organismos encargados de su mantenimiento y control.

Este trabajo plantea el análisis del pavimento flexible y una propuesta de intervención vial sobre 1.5 km de la Vía “Mira – El Hato” que brinde una comunicación fluida entre los distintos sectores de la población y facilite el desarrollo de las actividades económicas que mejoran la calidad de vida de los habitantes.

Capítulo 2: Antecedentes

En este capítulo se presentan datos generales sobre la zona de emplazamiento del tramo vial que demuestran la importancia del desarrollo de este trabajo.

Generalidades de la zona de emplazamiento

El Cantón Mira, también conocido como “Balcón de los Andes”, fue creado el 18 de agosto de 1980 (GAD del Cantón Mira, 2022). Está ubicado al suroeste de la Provincia del Carchi, entre los 1000 y 3500 m.s.n.m., y cuenta con una extensión de 587.35 km² (Mira "Balcón de los Andes", s/f). Su cabecera cantonal y única parroquia urbana lleva el mismo nombre, y sus tres parroquias rurales son: La Concepción, Juan Montalvo y Jacinto Jijón y Caamaño (GAD de la Provincia del Carchi, 2016).



Ilustración 1. Parroquias del Cantón Mira.

Recuperado de: Mira, s/f.

En los últimos años el Cantón ha experimentado un crecimiento poblacional y urbano notable, debido a los proyectos de agua potable, alcantarillado y vialidad que se han desarrollado y han mejorado la calidad de vida de la población.

Desarrollo socioeconómico actual

La provincia de Carchi basa su economía en tres sectores principales: servicios (56.7%), primario (30.4%) e industrial manufacturero (11.6%) (Banco Central del Ecuador, 2016). Los datos del BCE indican que las principales actividades económicas desarrolladas son agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y transporte, las cuales generan 43.7% del VAB provincial.

En el Cantón Mira, el sector primario comprende el 51.2% de las actividades económicas representativas, siendo sus principales productos las raíces y tubérculos, el maíz y los misceláneos de ciclo corto (Banco Central del Ecuador, 2016). Uno de los factores que favorecen a este sector económico es su ubicación caracterizada por una variedad de microclimas, desde el frío hasta el tropical, que hacen de esta tierra ideal para la agricultura, ganadería y crianza de animales menores (Mira "Balcón de los Andes", s/f).

Por otro lado, el sector secundario y terciario representan el 14.4% y 34.1% de la economía cantonal, respectivamente (Banco Central del Ecuador, 2016). Dentro de ello se encuentran actividades como la elaboración y comercialización de prendas con lana de oveja y los emprendimientos turísticos que se benefician del paisaje que se puede ver desde el mirador (Mira "Balcón de los Andes", s/f).

La producción y comercialización de estos sectores económicos estratégicos del Cantón Mira dependen de la red vial que conecta los centros de producción agrícolas o ganaderos con el comercial (Guerra & Orbe, 2023). De ahí que es indispensable el diagnóstico e intervención vial, pues la mejora de esta infraestructura permite agilizar las operaciones de comercio, optimizando los costos de transportación (Vilema, 2009).

Diagnóstico vial actual

Según el Consorcio De Gobiernos Autónomos Provinciales Del Ecuador (2019), la provincia tiene una longitud de 1680.60 km de vía, de los cuales el Cantón Mira posee 277.61 km, cuya superficie varía entre adoquín (3.56 km), empedrado (70.6 km), lastre (125.69 km), pavimento flexible (43.35 km) y suelo natural (34.41 km).

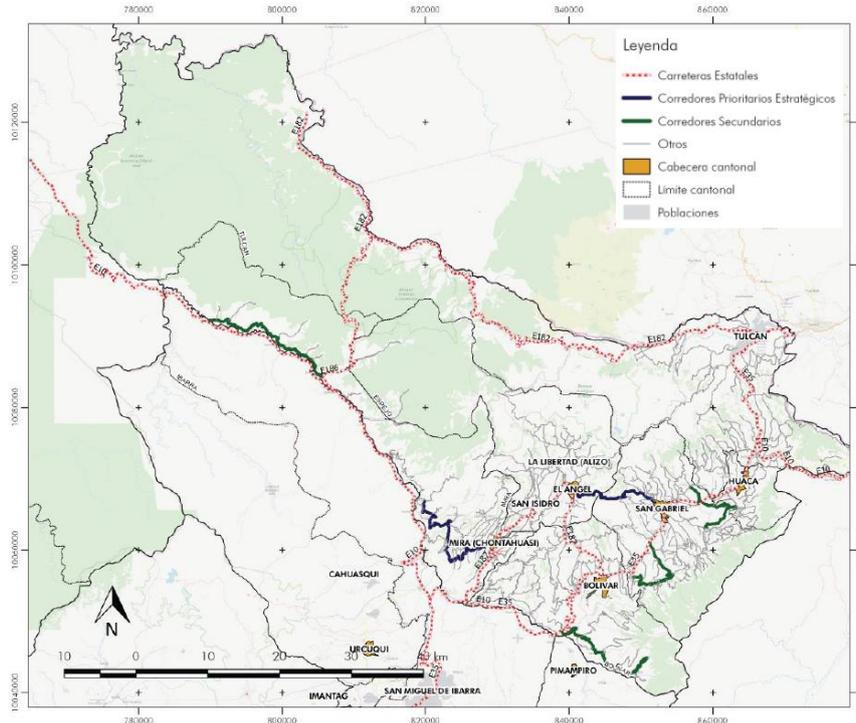


Ilustración 2. Categorización de la red vial de Carchi.

Recuperado de: CONGOPE, 2019

De la totalidad de vías del cantón, solo 11.51 km se encuentran en buen estado, 80.46 km en mal estado y 185.64 km en estado regular, siendo uno de los cantones que más puntos críticos presenta (CONGOPE, 2019).

Origen de los puntos críticos del sistema vial

La provincia del Carchi posee un total de 57 puntos críticos, de los cuales 13 tienen origen hidrogeológico, 11 origen geológico, 30 por falta de mantenimiento y 3 por diseño

geométrico (CONGOPE, 2019). No obstante, la mayor parte de los puntos estudiados se encuentran en el Cantón Mira, donde los factores hidrogeológicos y de mantenimiento son los principales causantes de los daños (CONGOPE, 2019).

Necesidades de conservación vial

El levantamiento realizado en la provincia del Carchi muestra que, de los 1680 km evaluados, el 68.34% requieren mantenimiento periódico, 30.7% necesitan rehabilitación y 0.96% precisan mantenimiento rutinario (CONGOPE, 2019).

Asimismo, el estudio muestra que Mira es uno de los cantones que mayor kilometraje posee con necesidades de conservación vial, requiriendo mantenimiento periódico en 185.64 km, rehabilitación en 80.46 km y mantenimiento rutinario en 11.51 km (CONGOPE, 2019).

La infraestructura vial en el desarrollo económico

El diagnóstico de la red vial de la provincia del Carchi presentado en el Plan de Desarrollo Vial Integral demuestra que el estado actual de muchas de ellas no se ajusta a su rol social, económico y geoestratégico. Según la CEPAL, las vías secundarias y terciarias son fundamentales en el desarrollo de un país, pues alrededor del 88.7% del volumen de las exportaciones de recursos naturales se realiza a través de ellas (Pérez, 2020). En el caso de la provincia de Carchi y específicamente del Cantón Mira, su ubicación en zona fronteriza influye significativamente en la competitividad internacional de la provincia y el país.

La inversión en infraestructura vial implica optimización en logística, pues reduce los costos de transporte y tiempos de desplazamiento, aumentando la productividad y generando oportunidades de negocio y trabajo (World Bank, 2019).

Resumen

La red vial del Cantón Mira brinda mayormente mediana accesibilidad a centros poblados, zonas productivas, servicios educativos y de salud. Esta condición incrementa los costos de logística y reduce la rentabilidad de los sectores productivos del cantón y del país, pues forma parte de una provincia fronteriza por donde se transportan productos de distintas regiones para el comercio internacional.

Capítulo 3: Marco Teórico

En el presente capítulo se exhiben generalidades sobre las vías de comunicación en Ecuador y el método PCI.

Preliminares

Las infraestructuras viales no solamente favorecen el crecimiento y desarrollo sostenible de las regiones por ser estructuras de uso público o privado destinados a la movilidad terrestre de vehículos de diferente tipo, peatones, ciclistas y semovientes; sino también, por universalizar el acceso a bienes y servicios básicos públicos, lo cual, motiva el equilibrio de los pesos demográficos e incentiva el desarrollo de actividades orientadas al mejoramiento de las condiciones económicas y sociales de los sectores que conforman el territorio nacional (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2018).

Clasificación del sistema vial del Ecuador

Según el Artículo 4 del Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, las vías se clasifican según seis criterios: diseño, funcionalidad, dominio, uso, jurisdicción y competencia, y capacidad (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2018).

Por su diseño

1. *Autopistas*: Vías de alta capacidad cuyo diseño, construcción y señalización, responden a características geométricas y accesos especiales que garantizan velocidades constantes y seguridad. Debe cumplir con características como: control de intersecciones, restricción de acceso vehicular, TPDA mínimo de 8000 vehículos y mínimo 2 carriles para cada sentido de circulación separados entre sí.

2. *Autovías*: Al igual que las autopistas, tienen acceso limitado a las propiedades colindantes, pero cuentan con una calzada para cada sentido separadas entre sí.
3. *Vías rápidas*: Limita el acceso total a las propiedades colindantes y tienen dos carriles de circulación con una sola calzada.
4. *Carreteras*: Sus características geométricas y estructurales cumplen con las indicadas en las Normas Generales de Diseño.
5. *Caminos vecinales*: Vías que conectan áreas rurales internas, destinadas a recibir el tráfico doméstico de las poblaciones rurales, accesos a sitios turísticos y zonas de producción agrícola. No reúnen las características de una carretera, pero cumplen con el diseño geométrico y estructural de las Normas Técnicas.
6. *Urbanas*: Vías ubicadas en zonas urbanas del cantón, en cabeceras parroquiales rurales y zonas de expansión urbana.

Por su funcionalidad

1. *Vías nacionales*: Conjunto de caminos y carreteras del territorio nacional.
2. *Vías locales*: Comunican los centros poblados con las vías colectoras o secundarias.
3. *Vías de servidumbre*: Otorgan acceso a terrenos privados.

Por su dominio

1. *Caminos públicos*: Vías de tránsito terrestre construidas para uso público.
2. *Caminos privados*: Se construyen en terrenos privados, por lo cual, su dominio no cambia, aunque los propietarios permitan el goce de todos.

Por su uso

1. *Carreteras*: Vías usadas por automotores para tracción mecánica, humana o animal.
2. *Ferrovías*: Infraestructura guiada por rieles.

3. *Ciclovías*: Carriles destinados a la circulación exclusiva de bicicletas.
4. *Senderos*: Destinados a la movilización de peatones, animales y vehículos.
5. *Vías exclusivas*: Destinadas exclusivamente a la circulación de transporte público.

Por su jurisdicción y competencia

1. *Red Vial Nacional*: Carreteras y caminos del territorio ecuatoriano.
2. *Red Vial Estatal*: Malla estratégica del país administrada por el MTOP que está integrada por corredores arteriales y vías colectoras.
 - a. *Red Vial Estatal Primaria Arterial*: También conocidas como Troncales Arteriales, son vías primarias o corredores arteriales cuyo tráfico proviene de las vías secundarias. Son caminos de alta jerarquía funcional constituidos por aquellos que unen a las capitales, los pasos de frontera y principales puertos marítimos con los del Oriente. Deben cumplir con un diseño que favorezca la alta movilidad, permita giros y maniobras controladas, y tenga estándares geométricos que se adecuen a un tráfico seguro y eficiente (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).
 - b. *Red Vial Estatal Secundaria*: Son caminos de mediana jerarquía funcional, también conocidas como vías colectoras, que recolectan el tráfico de las zonas urbanas y rurales para conducirlo a los corredores arteriales (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).
3. *Red Vial Regional*: Vías que no corresponden a la Red Vial Estatal, pero unen capitales de la provincia de una misma región, cuya administración es competencia de los GADs Regionales.
4. *Red Vial Provincial*: Vías de la provincia que no incluyen zonas urbanas, ni forman parte de las redes antes mencionadas y que, además, comunican las cabeceras cantonales entre sí y con las parroquiales rurales. De igual manera, se incluyen las

vías que comunican asentamientos humanos entre sí, o asentamientos (recintos vecinales o comunidades) y cabeceras parroquiales rurales, así como también, asentamientos humanos, cabeceras cantonales y parroquias rurales con la Red Vial Estatal.

5. *Red Vial Cantonal*: Conformada por las vías de la cabecera parroquial rural, las zonas urbanas de los cantones y aquellas ubicadas en zonas de expansión urbana, cuya competencia está a cargo de los GADs Municipales o Metropolitanos.

Por su capacidad (función del TPDA)

Esta clasificación se define en función del volumen de tráfico diario anual proyectado a varios años:

1. *Carretera RI, RII*: TPDA desde 8000 vehículos
2. *Carretera CLASE I*: TPDA entre 3000 y 8000 vehículos
3. *Carretera CLASE II*: TPDA entre 1000 y 3000 vehículos
4. *Carretera CLASE III*: TPDA entre 300 y 1000 vehículos
5. *Carretera CLASE IV*: TPDA entre 100 y 300 vehículos
6. *Carretera CLASE V*: TPDA menor a 100 vehículos

Según la NEVI-12 (2013), las vías también pueden clasificarse según los siguientes criterios:

Por el desempeño de las carreteras

1. *Camino agrícola / forestal*:

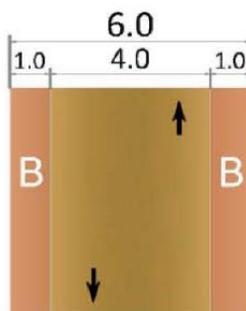


Ilustración 3. Representación de camino agrícola/forestal

Recuperado de: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013

Velocidad	Pendiente máxima
40 km/h	16%

2. Camino básico

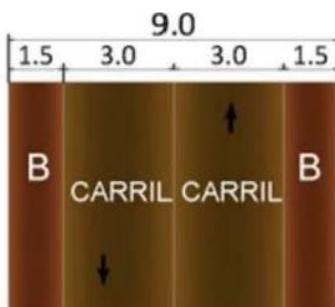


Ilustración 4. Representación de camino básico

Recuperado de: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013

Velocidad	Pendiente máxima
60 km/h	14%

3. Carretera convencional básica

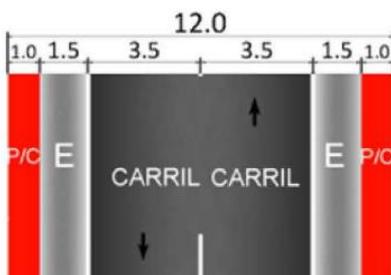


Ilustración 5. Representación de carretera convencional básica

Recuperado de: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013

Velocidad	Pendiente máxima
80 km/h	10%

4. Carretera de mediana capacidad

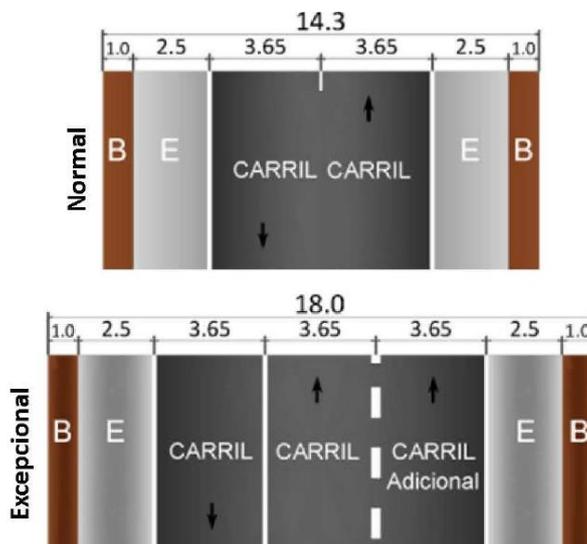


Ilustración 6. Representación de carretera de mediana capacidad

Recuperado de: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013

Velocidad	Pendiente máxima
100 km/h	8%

5. Vías de alta capacidad interurbana

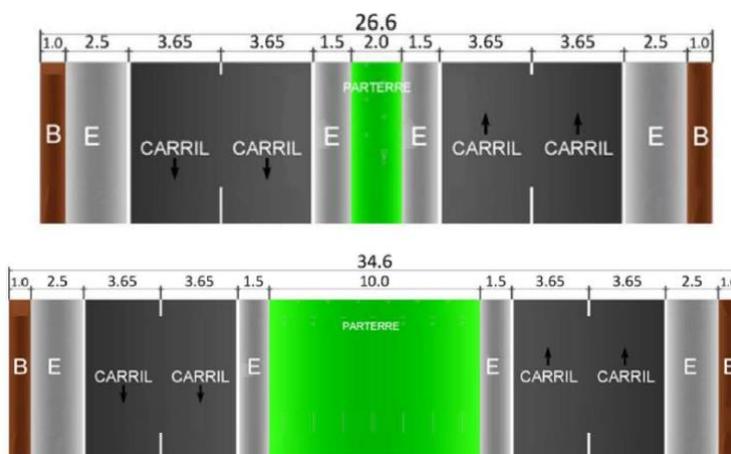


Ilustración 7. Representación de carretera de alta capacidad interurbana

Recuperado de: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013

Velocidad	Pendiente máxima
120 km/h	6%
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Restricción total de acceso, no pudiendo acceder desde propiedades colindantes. ▪ Sin cruces con otras vías, ni servidumbres de paso. ▪ Calzadas separadas, mediante una franja de terreno no destinada a la circulación y excepcionalmente con otros medios físicos, para cada sentido de circulación, excepto en puntos singulares o temporales. 	

6. Vías de alta capacidad urbana o periurbana

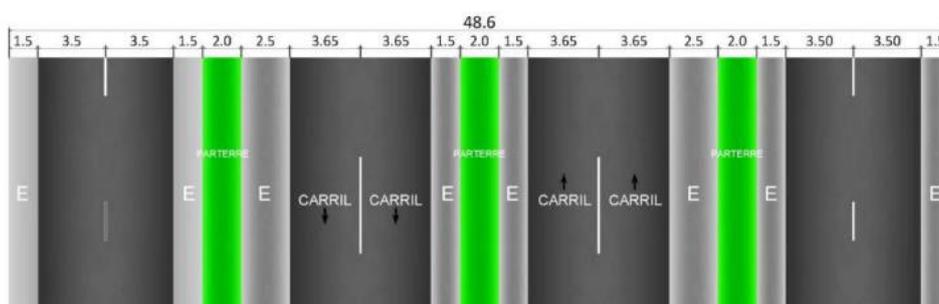


Ilustración 8. Representación de vía de alta capacidad urbana o periurbana

Recuperado de: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013

Velocidad	Pendiente máxima
100 km/h	8%
Características	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Restricción total de acceso, no pudiendo acceder desde propiedades colindantes. ▪ Sin cruces con otras vías, ni servidumbres de paso. ▪ Calzadas separadas, mediante una franja de terreno no destinada a la circulación y excepcionalmente con otros medios físicos, para cada sentido de circulación, excepto en puntos singulares o temporales. 	

Por las condiciones orográficas

Según la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente del terreno natural atravesado por la explanación de la vía, las carreteras pueden clasificarse de la siguiente manera:

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

Tabla 1. Clasificación de las carreteras por condiciones orográficas.

Recuperado de: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013

Por el número de calzadas

1. *Carreteras de calzadas separadas*: Son aquellas cuyas calzadas tienen una separación física entre ambas, pudiendo poseer, excepcionalmente, más de un carril para cada sentido de circulación. Se debe tomar en cuenta que las separaciones constituidas por bordillos montables de menos de 15 cm o marcas viales sobre el pavimento, no se consideran separaciones físicas.
2. *Carreteras de calzada única*: Tienen una sola calzada para los dos sentidos de circulación, sin separación física, independientemente de la cantidad de carriles.

Por la superficie de rodamiento

1. *Vías de pavimento flexible*: Su capa de rodadura está formada por una mezcla bituminosa de asfalto capaz de resistir sales, ácidos y álcalis.
2. *Vías de pavimento rígido*: Su capa de rodadura, está constituida por una losa de concreto hidráulico, con o sin refuerzo estructural.
3. *Carreteras afirmadas*: Su capa de rodadura está compuesta por una capa de material granular de máximo 2 ½" y una proporción de finos, compactados.
4. *Vías con superficie natural*: Su capa de rodadura la compone el terreno natural.

Definición y clasificación de los pavimentos

Definición

Según la AASHTO 93, el pavimento puede definirse según dos criterios, el de la Ingeniería y el del usuario.

Por un lado, para los ingenieros representa una estructura heterogénea de las vías de comunicación terrestre que está conformada por una o varias capas de distintos espesores y materiales seleccionados, conocidas como paquete estructural, apoyadas en toda su superficie sobre un terreno de fundación o subrasante, cuya finalidad es proporcionar una superficie uniforme, impermeable, duradera y resistente a la acción del tránsito y el medio ambiente (Rodríguez Velásquez, 2009).

Mientras que, para los usuarios consiste en una superficie con características que permiten una movilización segura, cómoda y con un mínimo costo de operación (Rodríguez Velásquez, 2009).

Clasificación

Existen cuatro tipos de pavimento según el paquete estructural que presentan, cuya selección está condicionada por el volumen de tráfico y su composición, las características del suelo, el clima, la disponibilidad de materiales, su vida útil, el comportamiento de los pavimentos de la zona y su costo de mantenimiento (AASHTO, 2001).

Pavimento flexible o asfáltico

Generalidades

Es un sistema multicapa constituido por subrasante, subbase, base y carpeta bituminosa. No obstante, en ciertos casos, cuando así se establezca en el proyecto, puede realizarse un

mejoramiento de la subrasante (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2006). La estructuración típica de una sección transversal se muestra en la *Ilustración 9*.

Una de las características principales de este tipo de pavimento es que posee una flexibilidad que le permite adecuarse a las deformaciones generadas por la acción de cargas exteriores, sin generar agrietamientos o fisuramientos en sus estratos; y, aunque puede construirse sobre cualquier tipo de subrasante, su uso no es recomendable en asientos rocosos, ni lugares fríos y lluviosos, siendo preferible, en estos casos, la aplicación de pavimentos rígidos (Ávila, s/f).

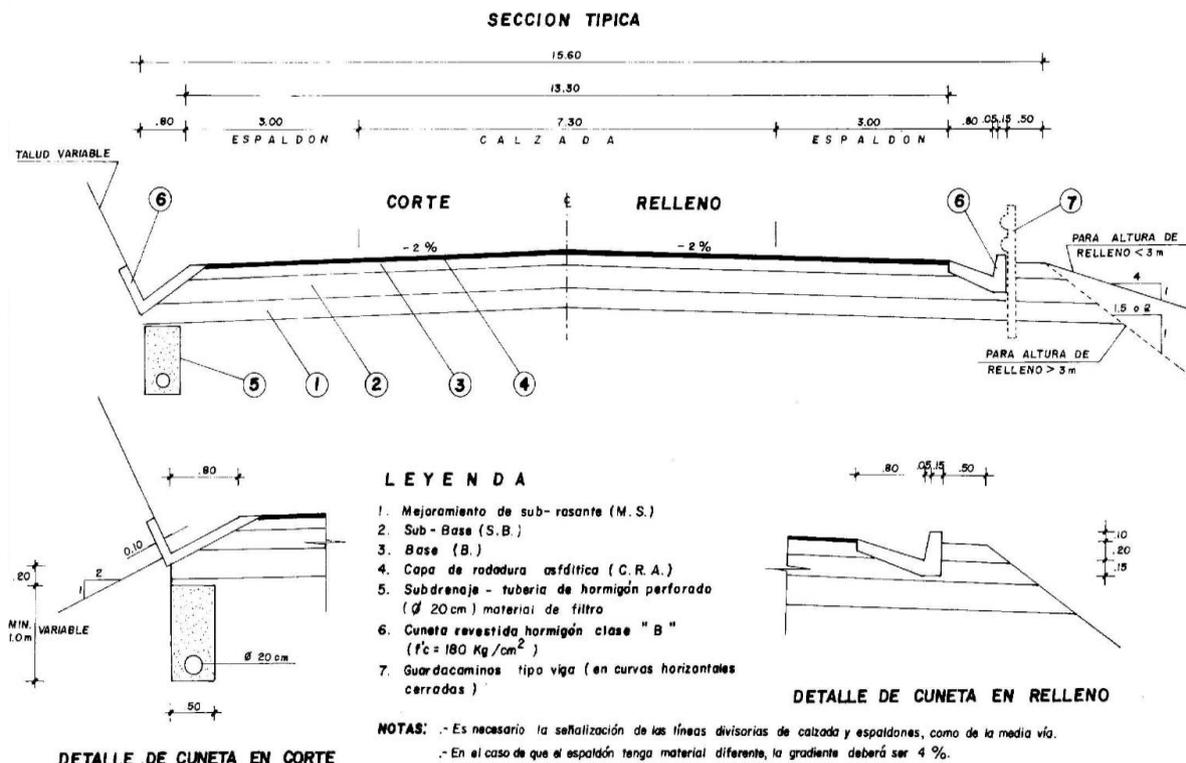


Ilustración 9. Sección transversal típica

Recuperado de: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003

Otra de sus características es que está constituido por materiales menos rígidos y más deformables que uno de hormigón, por lo cual, la transmisión de esfuerzos al terreno de soporte se realiza mediante un mecanismo de disipación de tensiones que disminuyen con la profundidad en una menor área de apoyo, requiriendo más capas y mayores espesores (Giordani & Leone, s/f).



Ilustración 10. Esquema de comportamiento del pavimento flexible

Recuperado de: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2006. Y Giordani & Leone, s/f.

Se debe mencionar que, aunque inicialmente este tipo de pavimento resulta económico, tiene un período de vida útil de entre quince y veinte años, con la desventaja de requerir un mantenimiento periódico para alcanzarlo y el costo que esto implica (Rodríguez Velásquez, 2009).

Capas y funciones

a. Capa Subrasante (Terreno natural o de cimentación)

Comprende la franja de terreno natural previamente compactado a la máxima densidad sobre la cual se asienta el pavimento, cuya capacidad de soporte es un factor que influye directamente en la selección de los espesores de las capas (Ávila, s/f). Según Valenzuela (1993), sus funciones son: transmitir, distribuir y resistir las cargas de la estructura y el tránsito; evitar que los materiales finos plásticos del cuerpo del terreno natural contaminen el pavimento y, disminuir y mantener constantes los espesores de las capas.

b. Mejoramiento de Subrasante

Cuando el suelo de subrasante es débil, con un CBR menor que 5, es posible realizar un mejoramiento del terreno natural para incrementar su capacidad portante usando un suelo seleccionado cuya calidad sea intermedia entre la subbase y la subrasante; cal o material pétreo,

membranas sintéticas o mezclas de materiales seleccionados (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002).

c. Capa Subbase

Su función principal es de carácter económico, pues permite reducir el espesor de la base usando materiales de menor calidad y costo (Giordani & Leone, s/f).

Además, según Valenzuela (1993), cumple con otras funciones como:

Recibir, resistir y transmitir adecuadamente las cargas de tránsito que no han sido absorbidas por la base, a las terracerías.

Actuar como filtro de la base, al estar conformada por un material más fino, e impedir su incrustación en la subrasante.

Absorber deformaciones de la subrasante, como variaciones de volumen debidos a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.

Actuar como dren para desalojar el agua infiltrada a través de las capas superiores e impedir que el agua de la terracería ascienda capilarmente a los estratos superiores, gracias a su baja plasticidad y granulometría abierta.

Servir de capa estabilizadora cuando el suelo de subrasante es arcilloso y blando.

d. Capa Base

Según Valenzuela (1993), esta capa de material granular con agregados de buena calidad, granulometría densa y baja plasticidad, cumple con las siguientes funciones:

Optimizar costos al reducir el espesor de la carpeta, que es la capa más costosa.

Resistir y transmitir a las capas subyacentes los esfuerzos generados por el tránsito.

Drenar el agua que se infiltra a través de la carpeta o las bermas, e impedir la ascensión capilar.

e. Capa de rodadura, carpeta o revestimiento asfáltico

Debido a que esta capa está sometida a los esfuerzos máximos y las condiciones más severas impuestas por el tráfico y el clima, debe proporcionar una superficie con color y textura adecuados, resistir los efectos abrasivos del tráfico e impedir la infiltración del agua. (Valenzuela, 1993).

Puede construirse con hormigón bituminoso, mezclas de arena y betún o tratamientos superficiales con riegos bituminosos (Giordani & Leone, s/f). Se debe tomar en cuenta que cuando esta capa tiene un espesor mayor o igual a 5 cm, se convierte en un elemento resistente del pavimento (Ávila, s/f).

Para que cada capa cumpla su función correctamente, sus características y proceso de ejecución deben obedecer las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MOP-001-F 2002, que se resumen en la siguiente tabla:

CLASE DE MATERIAL	NORMAS	COEF. cm
<u>CAPA DE SUPERFICIE</u>		
CONCRETO ASFÁLTICO	ESTABILIDAD MARSHAL 1000_1800 LBS	0.134-0.173
ARENA ASFÁLTICA	ESTABILIDAD MARSHAL 500_800 LBS	0.079-0.118
CARPETA BITUMINOSA MEZCLADA EN EL SITIO	ESTABILIDAD MARSHAL 300_600 LBS	0.059-0.098
<u>CAPA DE BASE</u>		
AGREGADOS TRITURADOS, GRADUADOS UNIFORMEMENTE	IP: 0_4, CBR > 100	0.047-0.055
GRAVA, GRADUADA UNIFORMEMENTE	IP: 0_4, CBR 30_80	0.028-0.051
CONCRETO ASFÁLTICO	ESTABILIDAD MARSHAL 1000_1800 LBS	0.098-0.138
ARENA ASFÁLTICA	ESTABILIDAD MARSHAL 500_800 LBS	0.059-0.098
AGREG. GRUESO ESTABILIZADO CON CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 28_46 kg/cm ²	0.079-0.138
AGREGADO GRUESO ESTABILIZADO CON CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 7 kg/cm ²	0.059-0.118
SUELO CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 18_32 kg/cm ²	0.047-0.079
<u>CAPA DE SUBBASE</u>		
ARENA-GRAVA, GRADUADA UNIFORMEMENTE	IP: 0_6, CBR 30 o+	0.035-0.043
SUELO CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 18_32 kg/cm ²	0.059-0.071
SUELO CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 5 kg/cm ²	0.059-0.071
<u>MEJORAMIENTO de subrasante</u>		
ARENA O SUELO SELECCIONADO	IP: 0_10	0.020-0.035
SUELO CON CAL	3% mínimo de cal en peso de los suelos	0.028-0.039
<u>TRATAMIENTO SUP. BITUM.</u>		
TRIPLE RIEGO		*0.40
DOBLE RIEGO		*0.25
SIMPLE RIEGO		*0.15
* USAR ESTOS VALORES INDEPENDIENTEMENTE DEL ESPESOR		

Tabla 2. Coeficientes de capas

Recuperado de: Ávila, s/f

Tipos de mezclas asfálticas en pavimentos flexibles

1. *Hormigón asfáltico en caliente*: Se usa generalmente en vías de mucho tráfico y en aeropuertos, ya que está compuesta de grava y alquitrán mezclados a altas temperaturas (150 °C) para facilitar el proceso y eliminar la humedad del asfalto, obteniendo un material más resistente (Hiliquín Brañez, 2016).
2. *Hormigón asfáltico templado*: A diferencia del asfalto anterior, se mezcla a temperaturas menores gracias a la adición de ceras, emulsiones asfálticas y zeolitas, constituyendo un proceso más respetuoso con los trabajadores y el medio ambiente, debido a la reducción del consumo de carburantes y emisión de gases (Hiliquín Brañez, 2016).
3. *Hormigón asfáltico en frío*: Es una mezcla empleada generalmente en pavimentos poco transitados o para corregir pequeños desperfectos, ya que tiene una menor durabilidad y resistencia, al realizarse emulsionando alquitrán con agua antes de mezclarlo con los agregados, eliminando así la necesidad de calentar la mezcla (Hiliquín Brañez, 2016).
4. *Hormigón asfáltico cut-back*: Se produce mediante la disolución del alquitrán en queroseno para disminuir la fricción y viscosidad, de modo que el asfalto pueda ser mezclado y compactado, para que una vez que el disolvente se evapore por sí solo, la mezcla se endurezca. Esta es una opción que solo se aplica cuando no hay otra alternativa o no es viable usar maquinaria pesada, debido a que el queroseno es muy contaminante (Hiliquín Brañez, 2016).
5. *Hormigón asfáltico mástico*: Aunque su uso es más común en impermeabilizaciones de paredes y pisos, también se aplica en pavimentos de carreteras y caminos. Este tipo de asfalto es el que mayor porcentaje de alquitrán lleva en la mezcla (del 7% al 10%) y se produce mediante el calentamiento del material en un mezclador, para

posteriormente licuarlo y agregarlo al árido, teniendo entre seis y ocho horas para verterlo (Hiliquín Brañez, 2016).

6. *Hormigón asfáltico natural*: Se obtiene de rocas bituminosas naturalmente impregnadas de betún, sin embargo, este tipo de rocas sedimentarias no son muy comunes y suelen encontrarse en muy pocos lugares del mundo (Hiliquín Brañez, 2016).

Pavimento rígido o hidráulico

Son sistemas integrados por un conjunto de losas de hormigón de cemento portland, apoyadas sobre una capa base o subbase constituida por grava, que, a su vez, descansa sobre la subrasante (Giordani & Leone, s/f). Se debe tomar en cuenta que, por la alta rigidez del hormigón, la capacidad portante de este tipo de pavimento se basa principalmente en la losa de hormigón y no en la capacidad de la subrasante (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2006).



Ilustración 11. Esquema de paquete estructural del pavimento rígido

Recuperado de: Rodríguez Velásquez, E. D., 2009

A diferencia de los pavimentos flexibles, debido al elevado módulo de elasticidad y la alta rigidez del hormigón, las losas se comportan como placas, permitiendo que las cargas se distribuyan sobre una mayor área de la subrasante y que las presiones transmitidas a las capas inferiores sean muy bajas (Giordani & Leone, s/f).

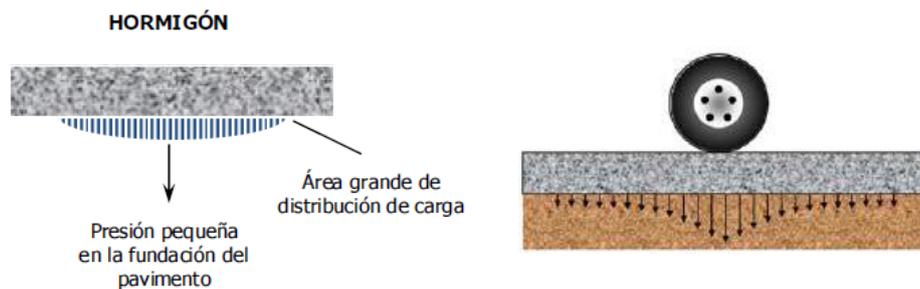


Ilustración 12. Esquema del comportamiento de pavimentos rígidos

Recuperado de: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2006. Y Giordani & Leone, s/f.

Es importante mencionar que, si bien su costo inicial es superior al del pavimento flexible, su período de vida útil varía entre los treinta y cuarenta años, requiriendo un mantenimiento mínimo orientado al tratamiento de las juntas (Rodríguez Velásquez, 2009).

Este tipo de pavimento puede ser usado en cualquier tipo de subrasante, ya sea altamente resistente o débil, siendo recomendado su uso en regiones frías y lluviosas, donde la carpeta asfáltica se destruiría fácilmente y, con ello, la base y subbase (Ávila, s/f).

Los pavimentos rígidos pueden ser de tres tipos: hormigón simple con juntas, armado con juntas y armado con refuerzo continuo (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2006). Sus componentes principales, según Giordani & Leone (s/f), son:

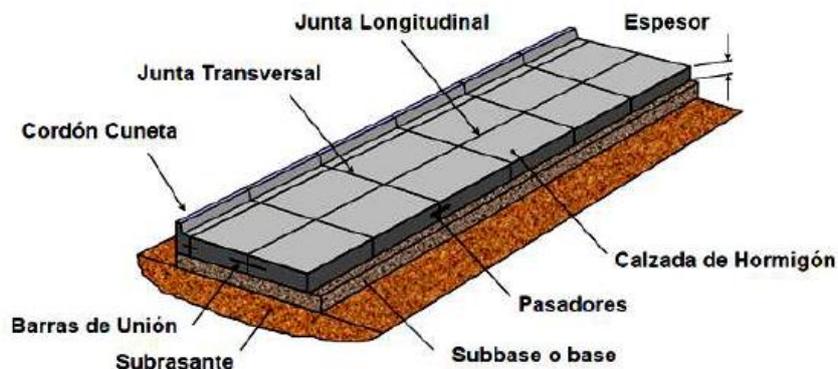


Ilustración 13. Componentes principales del pavimento rígido

Recuperado de: Giordani, C., & Leone, D., s/f

- a. *Juntas*: Determinan las dimensiones de las losas, permitiendo controlar la formación de grietas y fisuras.
- b. *Pasadores*: Son varillas de acero lisas colocadas en las juntas transversales para transferir cargas entre losas adyacentes, sin restringir el movimiento horizontal de las losas.
- c. *Barras de unión*: Son aquellas que permiten anclar las juntas longitudinales, garantizando que se transfiera la carga.

Pavimento híbrido o mixto

A pesar de que el hormigón y las mezclas asfálticas, debido su buen rendimiento de soporte y su capacidad de resistir las cargas de tráfico constante sin sufrir grandes daños, son los materiales más comunes para la construcción de pavimentos, también es posible usar una combinación de ambos (Rodríguez Velásquez, 2009).

Un pavimento híbrido es, por ejemplo, el pavimento articulado, donde se sustituye la carpeta asfáltica por bloques de hormigón prefabricado o adoquines; así como también aquellos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido, los cuales tienden a generar un tipo de falla llamada fisura de reflexión de junta (Rodríguez Velásquez, 2009).

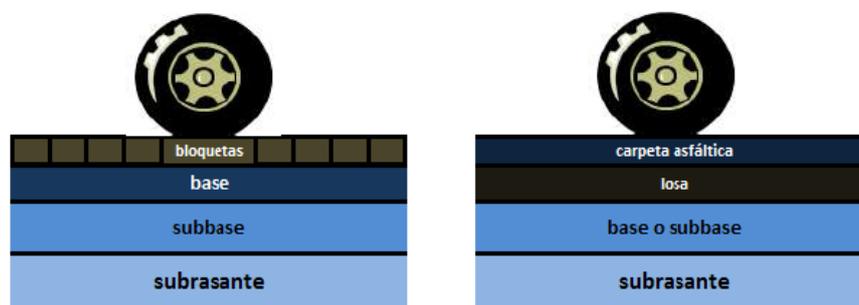


Ilustración 14. Esquema de paquete estructural para pavimento híbrido

Recuperado de: Rodríguez Velásquez, E. D., 2009

Pavimento semirrígido

Son aquellos que conservan la estructura esencial de un pavimento flexible, pero tienen una o más capas que han sido rigidizadas de forma artificial con cal, asfalto o cemento. Se asume que este tipo de pavimento tiene un comportamiento mixto, porque los esfuerzos se transmiten al suelo de soporte por disipación y repartición (Ávila, s/f).

Método Pavement Condition Index (PCI)

Es un método que fue desarrollado por los ingenieros Michael I. Darter, Mohamed Y. Shahin y Starr D. Kohn, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, por encargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea, entre 1974 y 1976, para contar con un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos flexibles y rígidos (Ministerio de Obras Públicas de Chile, s/f).

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es una forma simple, objetiva y económica de monitorear la condición de la superficie de las carreteras e identificar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación (Organization, Technology and Management in Construction, 2016).

Mediante esta metodología se evalúa y asigna una calificación al estado superficial de los pavimentos flexibles y rígidos con un valor comprendido entre cero, para un pavimento fallado, y cien, para uno en excelente estado (Vásquez Varela, 2002).

El método, mediante unidades de muestreo, permite cuantificar la condición del pavimento, realizando una inspección visual de la superficie de la vía con la que puedan determinarse los tipos, severidad y cantidad de fallas en el tramo, comprender las posibles causas del daño y proponer soluciones para su mejoramiento y conservación (Vásquez Varela, 2002).

Es importante mencionar que el PCI no mide la capacidad estructural del pavimento, ni determina directamente su rugosidad general o el coeficiente de resistencia al deslizamiento del pavimento (ASTM D6433-07, 2008).

Normativa

El procedimiento estándar para efectuar la inspección del PCI se realiza con base en las especificaciones que indica la norma ASTM D6433-07.

Procedimiento

La determinación de la condición del pavimento flexible se realiza mediante inspecciones visuales que permiten cuantificar su estado actual con base en las fallas presentes en la superficie, las cuales, a su vez, determinan la condición operacional e integridad de la infraestructura (ASTM D6433-07, 2008).

Para la primera etapa del proceso se identifican los tramos presentes en la red donde se desea llevar a cabo el análisis, para, posteriormente, dividirlos en secciones según el diseño, historial de construcción, tráfico o condición de la vía; y luego, en unidades de muestreo dependientes del ancho de la calzada y el tipo de capa de rodadura (ASTM D6433-07, 2008).

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

Tabla 3. Longitudes de unidades de muestreo de pavimento flexible

Si bien la longitud de las unidades de muestreo se define según los criterios de la tabla anterior, la cantidad de unidades a evaluarse se precisa según el tipo de análisis que se desee realizar, pudiendo llevar a cabo la inspección en la totalidad de unidades del tramo, en una

cantidad mínima de unidades que permitan obtener un estimado del PCI de ± 5 del valor real, con un 95% de confiabilidad; o una cantidad menor, dependiendo del objetivo de la inspección (Vásquez Varela, 2002).

Según la ASTM D6433-07 (2008), aunque es ideal analizar la totalidad de unidades, es posible que no existan los recursos necesarios para hacerlo, siendo necesario determinar el número mínimo de unidades de muestra a ser inspeccionadas, calculando una desviación estándar y definiendo un intervalo de espaciamiento, mediante las fórmulas que se muestran en la siguiente tabla:

Cálculo	Fórmula	Descripción
Número mínimo de unidades (n)	$n = Ns^2 / ((e^2/4) (N-1) + s^2)$	e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección, comúnmente, ± 5 puntos del PCI. s = desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la misma sección. Al realizar la inspección inicial se asume que la desviación estándar es 10 para pavimentos de asfalto. N = número total de unidades de muestra en la sección.
Desviación estándar (S)	$S = (\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_s)^2 / (n-1))^{1/2}$	PCI_i = valor PCI de las unidades de muestra inspeccionadas i . PCI_s = valor media PCI de las unidades de muestra inspeccionadas. n = número total de unidades de muestra inspeccionadas.
Intervalo de espaciamiento (i)	$i = N/n$	N = número total de unidades de muestra en la sección. n = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas.

Tabla 4. Fórmulas para la determinación de unidades mínimas de análisis

Una vez definidas las unidades de muestreo, se evalúa cada una y se registra la cantidad, tipo y severidad de los daños en las hojas de información de exploración del estado del pavimento, para a continuación, calcular el PCI de las unidades de muestreo y el tramo de la vía (ASTM D6433-07, 2008).

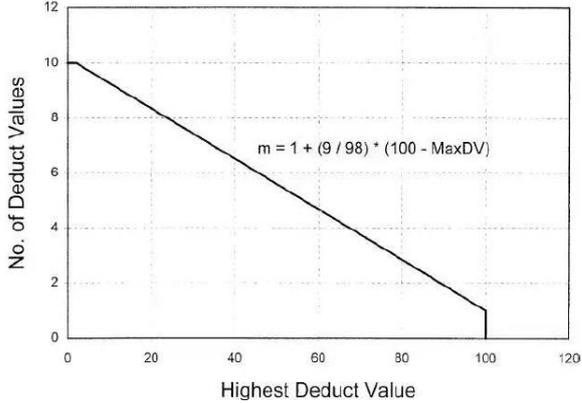
Gráfica	Fórmula
 <p data-bbox="271 716 805 772"><i>Ilustración 17. Ajuste del número de valores deducidos Recuperado de: ASTM D6433-07, 2008</i></p>	$m = 1 + (9/98) (100 - HDV) \leq 10$ <ul style="list-style-type: none"> • HDV hace referencia al mayor valor deducido individual de la unidad de muestra

Tabla 5. Determinación del máximo número de deducciones permisibles

Para determinar el rating de las unidades de muestreo, la ASTM D6433-07 establece el siguiente procedimiento:

1. Calcular el número máximo admisible de valores deducidos (m).
2. Ordenar de forma descendente los m valores deducidos individuales registrados en la ficha de la *Ilustración 15*.

NOTA: Si se cuenta con un número de valores menor que m , todos deben usarse.

3. Determinar el valor deducido total (TDV) sumando los valores deducidos individuales.
4. Definir q como el número de valores deducidos mayores que dos.
5. Emplear las curvas de corrección para pavimentos flexibles (*ver Anexo E*), a partir del TDV y el valor de q .
6. Reducir a dos el menor valor deducido individual mayor a dos.
7. Repetir los pasos del tres al seis hasta que q sea igual a uno.
8. Obtener el máximo CDV como el mayor valor de todos los CDVs.
9. Calcular el PCI como la diferencia entre cien y el máximo CDV.

NOTA: Si uno o ninguno de los valores deducidos individuales es mayor que dos, tiene que usarse el valor total en lugar del máximo CDV.

10. Establecer el grado de la condición del pavimento usando la siguiente escala:

Standard PCI™ Rating Scale		Suggested Colors
100	Good	Dark Green
85	Satisfactory	Light Green
70	Fair	Yellow
55	Poor	Light Red
40	Very Poor	Medium Red
25	Serious	Dark Red
10	Failed	Dark Grey
0		

Ilustración 18. Escala de calificación y colores sugeridos para PCI

Recuperado de: ASTM D6433-07, 2008

Fallas en el pavimento flexible

A lo largo de la vida de servicio de un pavimento, la influencia e interacción de factores como el diseño, la construcción, los materiales, el medio ambiente y los procesos de mantenimiento; afectan la condición de la superficie de rodamiento, comprometiendo su función de brindar a los usuarios un rodaje económico, seguro y cómodo (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2006).

Según Hiliquín Brañez (2016), algunas de las causas más comunes de las fallas que se presentan en el pavimento son:

- Terminación del período de diseño sin la ejecución de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo.

- Aumento de los niveles de tráfico (TPDA) con respecto a las estimaciones del diseño original.
- Deficiencias y errores en la estimación del tráfico, el diseño, el proceso constructivo y/o las propiedades y calidad de los materiales usados.
- Factores climáticos no previstos en el diseño original.
- Estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo, insuficientes.
- Acciones de mantenimiento y/o rehabilitación, insuficientes.

Según Rodríguez Velásquez (2009), las fallas pueden ser estructurales, cuando causan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la unión entre sus capas y afectando su comportamiento frente a las cargas externas; y funcionales, cuando la superficie de rodadura, su estética y la seguridad no son adecuadas para los usuarios. Este autor agrupa los daños en cuatro categorías, como se puede ver el gráfico siguiente:

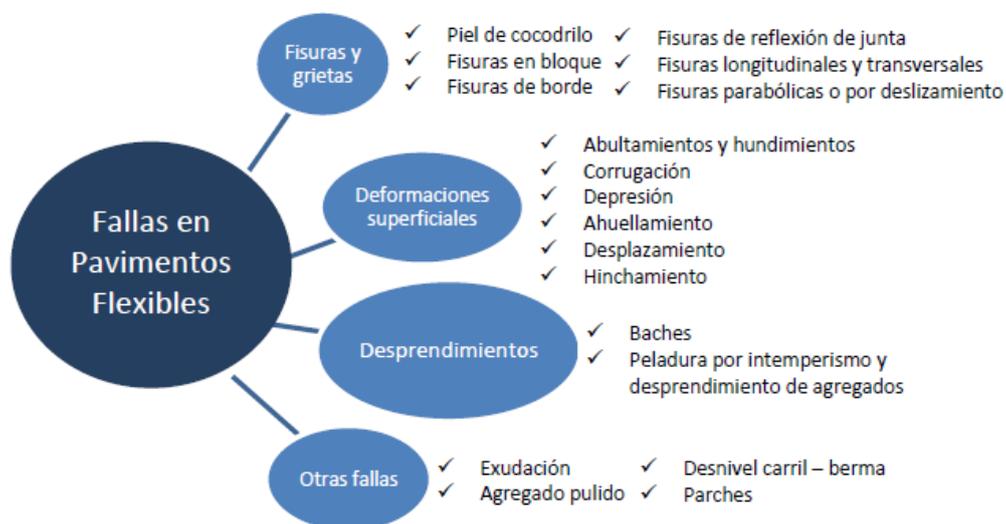


Ilustración 19. Fallas en pavimentos flexibles

Recuperado de: Rodríguez Velásquez (2009)

Según la ASTM D6433-07 (2008), el método PCI considera un total de diecinueve fallas en pavimentos de superficie asfáltica, las cuales se detallan en el *Anexo A* de este trabajo.

FALLAS
1. Piel de cocodrilo
2. Exudación
3. Fisuras en bloque
4. Abultamientos y hundimientos
5. Corrugación
6. Depresión
7. Fisura de borde
8. Fisura de reflexión de junta
9. Desnivel carril-berma
10. Fisuras longitudinales y transversales
11. Parches y parches de cortes utilitarios
12. Agregado pulido
13. Baches
14. Cruce de vía férrea
15. Ahuellamiento
16. Desplazamiento
17. Fisura parabólica o por deslizamiento
18. Hinchamiento
19. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

Tabla 6. Fallas presentes en pavimentos flexibles (método PCI)

Piel de cocodrilo (fatiga) (Alligator Cracking)

Son fisuras interconectadas que se generan por la fatiga de la superficie sometida a repeticiones de carga de tráfico. El agrietamiento inicia en la base de la superficie de asfalto, donde las deformaciones y tensiones son mayores, y se propaga hacia la superficie formando fisuras longitudinales en paralelo. Debido a las repeticiones de carga, las fisuras forman fragmentos con bordes de ángulos agudos, produciendo un patrón similar al de la piel de un cocodrilo (ASTM D6433-07, 2008).

Exudación (Bleeding)

Es una película de material bituminoso que crea una superficie reflexiva, brillante y pegajosa debido al exceso de sello bituminoso, cemento asfáltico o alquitranes, bajo contenido de vacíos o una combinación de factores. Por esta razón, bajo altas temperaturas, el asfalto llena los vacíos en la mezcla y luego se expande sobre la superficie, no pudiendo revertirse en condiciones climáticas de bajas temperaturas (ASTM D6433-07, 2008).

Fisuras de bloque (Block Cracking)

Son fisuras interconectadas, no asociadas con las cargas de tráfico, que fraccionan al pavimento en segmentos, aproximadamente rectangulares, debido a variaciones de temperatura y contracciones del concreto asfáltico, que producen ciclos diarios de esfuerzo-deformación unitaria (ASTM D6433-07, 2008).

Abultamientos y hundimientos (Bumps and Sags)

Los hundimientos son pequeños desplazamientos hacia abajo que se producen en la superficie del pavimento, mientras que los abultamientos son pequeños desplazamientos localizados y hacia arriba, que pueden deberse a la combadura o levantamiento de las losas de concreto de un pavimento rígido que ha sido cubierto con carpeta asfáltica, penetración y acumulación de material en una grieta (tenting) combinado con las cargas de tráfico, o desplazamiento por congelación (ASTM D6433-07, 2008).

Corrugación (Corrugation)

También se conoce como “arqueamiento de tabla de lavado”, debido a que presenta cimas perpendiculares al sentido del tráfico y depresiones en intervalos regulares (menores a 3m). Generalmente, su causa son la inestabilidad de la base o la carpeta, combinada con la acción del tráfico (ASTM D6433-07, 2008).

Depresión (Depression)

Son áreas con una elevación ligeramente menor a la superficie que las rodea, siendo muchas veces imperceptible hasta después de la caída de lluvia, cuando el agua se empoza en estas zonas, pudiendo generar hidropneumático si son muy profundas. Puede ser causada por errores en el proceso constructivo o por asentamientos en la subrasante (ASTM D6433-07, 2008).

Fisura de borde (Edge Cracking)

Son fisuras paralelas, generalmente a 0.3 o 0.5 m del borde externo del pavimento, que se generan por las cargas de tráfico y el debilitamiento de la subrasante o la base (ASTM D6433-07, 2008).

***Fisura de reflexión de junta (de losas de concreto longitudinales o transversales)
(Joint Reflection Cracking)***

Es una falla que solo ocurre en pavimentos rígidos que han sido cubiertos con carpeta asfáltica. Su causa principal son los cambios de humedad y temperatura de las losas de hormigón, y, aunque no se debe a las cargas de tráfico, estas pueden deteriorar la superficie (ASTM D6433-07, 2008).

Desnivel carril-berma (Lane-Shoulder Drop Off)

Es la diferencia de nivel entre la berma y el borde del pavimento, pudiendo generarse por la colocación de nuevas capas sin ajustar el nivel de la berma, la erosión de la berma o su asentamiento (ASTM D6433-07, 2008).

Fisuras longitudinales y transversales (Longitudinal and Transverse Cracking)

Según la ASTM D6433-07 (2008), las fisuras longitudinales son fallas paralelas al eje central del pavimento y sus causas pueden ser:

Contracción de la superficie de la carpeta asfáltica debido a variaciones de temperatura o endurecimiento del asfalto por bajas temperaturas.

Junta pobremente construida.

Fisura reflexiva, bajo la superficie, generada por agrietamiento, pudiendo estar en las losas de hormigón.

Mientras que las fisuras transversales se forman en el ancho del pavimento, produciendo ángulos rectos en el eje central (ASTM D6433-07, 2008).

Parches y parches de cortes utilitarios (Patching and Utility Cut Patching)

Es un área del pavimento que ha sido reparada usando material nuevo, lo que hace que su comportamiento no sea tan bueno como el de la sección original, por lo cual, se considera un defecto del pavimento (ASTM D6433-07, 2008).

Agregado pulido (Polished Aggregate)

Se identifica cuando el agregado de la superficie es muy pequeño y no existe aspereza o partículas angulares que proporcionen una resistencia al deslizamiento adecuada, haciendo que la superficie se vuelva suave al tacto. De igual manera, es posible verificar la presencia de este tipo de falla cuando al realizar ensayos de resistencia al deslizamiento se obtengan valores bajos o menores a los registrados en evaluaciones previas (ASTM D6433-07, 2008).

Baches (Potholes)

Son depresiones en la superficie del pavimento, que generalmente no superan los 0.75 m de diámetro, con bordes agudos y lados verticales (ASTM D6433-07, 2008).

Cruce de vía férrea (Railroad Crossing)

Son abultamientos o depresiones alrededor y/o entre los rieles (ASTM D6433-07, 2008).

Ahuellamiento (Rutting)

Es una depresión en las huellas de las ruedas que se debe a la deformación de las capas del pavimento por el movimiento lateral de los materiales o su consolidación debido a las cargas de tráfico (ASTM D6433-07, 2008).

Desplazamiento (Shoving)

Es una falla permanente que se genera cuando los vehículos empujan sobre el pavimento y producen un corrimiento en la superficie. De igual manera, puede deberse al empuje de un pavimento rígido, cuando este colinda con uno flexible (ASTM D6433-07, 2008).

Fisura parabólica o por deslizamiento (Slippage Cracking)

Son fallas transversales a la dirección del tránsito que tienen forma de medialuna y se producen por el cambio de dirección o frenado de las ruedas, lo que genera una deformación o deslizamiento en la superficie. Generalmente, ocurre cuando existe una liga pobre entre la carpeta y la capa subyacente (ASTM D6433-07, 2008).

Hinchamiento (Swell)

Es una onda de más de 3m de longitud en la superficie del pavimento que se genera por la presencia de suelos expansivos o el congelamiento del material de subrasante (ASTM D6433-07, 2008).

Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados (Weathering and Raveling)

Según la ASTM D6433-07 (2008), es el desgaste de la superficie del pavimento, pudiendo deberse a los siguientes factores:

Remoción de partículas del agregado y pérdida del alquitrán o ligante asfáltico, por endurecimiento o baja calidad de la mezcla.

Cierto tipo de tráfico (vehículos de rastreo).

Perdida de agregado por derrames de aceite de vehículos.

Ciclo de vida del pavimento

Los pavimentos flexibles, durante su ciclo de vida, afrontan distintas fases o etapas acorde a su comportamiento:

a. Etapa de Consolidación

Es la fase inicial donde las diversas capas del pavimento se consolidan debido a las cargas transmitidas por las ruedas de los vehículos. Esta etapa, relativamente corta, tiende a estabilizarse rápidamente, pudiendo incluso no presentarse si las diversas capas han sido compactadas suficientemente durante la construcción (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).

b. Etapa Elástica

Si la fase de consolidación ocurre, cada carga produce una deflexión que se recupera una vez que desaparece el elemento que genera la deformación transitoria de tipo elástica. En esta etapa no se presentan fallas generalizadas, salvo las locales debidas al exceso de humedad o defectos en los materiales (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).

Debido a que, durante esta fase las cargas producen esfuerzos de compresión en las capas granulares y tensión en la carpeta asfáltica, la vida útil depende de ella, pues su duración está ligada a las deflexiones que sufra el pavimento (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).

c. Etapa de Fatiga

Es la fase final de la vida de la estructura, pues las deflexiones generadas por el paso constante de las ruedas inducen tensiones de tracción en los revestimientos asfálticos que se acumulan desde la fase elástica hasta romperse por fatiga, momento desde el cual comienza un colapso gradual de la vía hasta que se hace necesaria su reconstrucción (Tacza Herrera & Rodriguez Paez, 2018).

Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos

La infraestructura vial del Ecuador tiene una historia de constantes afectaciones que por décadas han tenido que ser afrontadas por los Gobiernos para encontrar soluciones a problemas como colapsos y paralizaciones de caminos y puentes, generados tanto por factores climáticos, como por riesgo sísmico (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

Sabiendo que la disponibilidad de vías adecuadas es fundamental para garantizar la competitividad y el desarrollo de una nación, las afectaciones inciden negativamente en el crecimiento económico y productivo del país, limitando el acceso a bienes, productos y servicios vitales, y fomentando la pobreza (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

Por esta razón, y considerando que el sistema vial representa un capital de gran valor en el cual se invierten millones de dólares a lo largo de varios años, resulta imprescindible que las entidades responsables de la construcción y conservación de este patrimonio cuenten con un plan adecuado para la gestión de la infraestructura vial, pues con el uso y el paso de los años se va deteriorando, haciendo necesaria la realización de un mantenimiento oportuno que evite su reconstrucción antes del fin de la vida útil prevista en la decisión de inversión original (Corporación Andina de Fomento, 2010).

Los pavimentos, por su importancia funcional en las redes viales, deben permitir un transporte seguro, económico y cómodo a los usuarios que transitan por ellas; para lo cual, es necesario proyectar e implementar intervenciones que sean beneficiosas a nivel técnico y económico, es decir, que disminuyan los costos de mantenimiento y operación de los vehículos y permitan la conservación preventiva de las carreteras (Corporación Andina de Fomento, 2010).

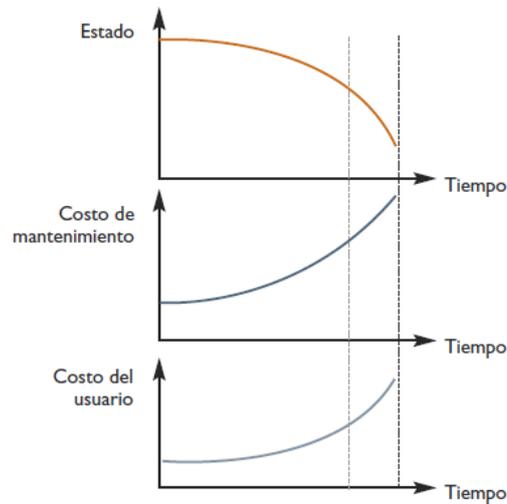


Ilustración 20. Relación entre estado del pavimento y costos

Recuperado de: Corporación Andina de Fomento, 2010

Debido a que el pavimento es una estructura cuyo período de vida se plantea desde su concepción, se sabe que, con el transcurso de los años, a pesar de que haya sido diseñado y construido adecuadamente y que haya recibido un mantenimiento óptimo, su estado se deteriorará gradualmente, desde su puesta en servicio hasta alcanzar un nivel de inacceptabilidad (Jugo, 2005).

Sin embargo, es necesario realizar las intervenciones pertinentes sobre los pavimentos, para minimizar el impacto de los mecanismos de deterioro y lograr que la obra civil recupere las condiciones de servicio iniciales o incluso mejores (Corros, Urbáez, & Corredor, 2009).

Su comportamiento, generalmente, sigue una curva como la que se muestra a continuación:

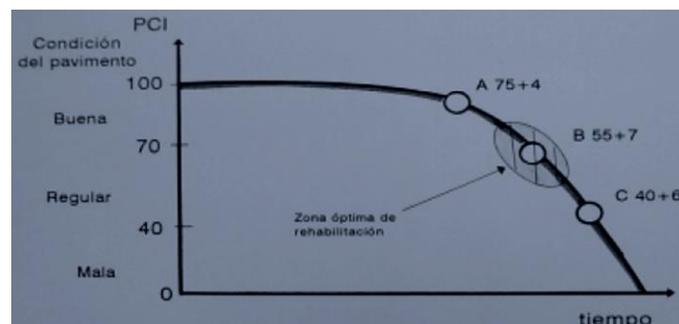


Ilustración 21. Curva de deterioro - tiempo

Recuperado de: Jugo (2005)

Según Jugo (2005), en la ilustración se distinguen tres puntos de especial importancia:

Punto A: comienzan a aparecer síntomas menores de deterioro que requieren acciones de mantenimiento rutinario menor.

Punto B: forma parte de la zona óptima de rehabilitación y es un punto donde, a pesar de que puede requerirse la realización de acciones de mantenimiento mayor, es posible realizar inversiones pequeñas que generen grandes beneficios, ya que el pavimento aún conserva gran parte de su resistencia original y, su estructura y calidad aún no están deteriorados severamente.

Punto C: debido al estado crítico del pavimento a nivel estructural y funcional, es necesario realizar dispendiosos trabajos de mantenimiento mayor, reconstrucción y rehabilitación.

Además, la *Ilustración 22* muestra que existe una reducción del 40% en la calidad del pavimento entre la puesta en servicio y el punto B, fase que abarca el 75% del período de diseño del pavimento. A partir de ese punto, se produce una reducción adicional del 40% en la calidad del pavimento, en un 12 y 15% del período de diseño (Jugo, 2005).

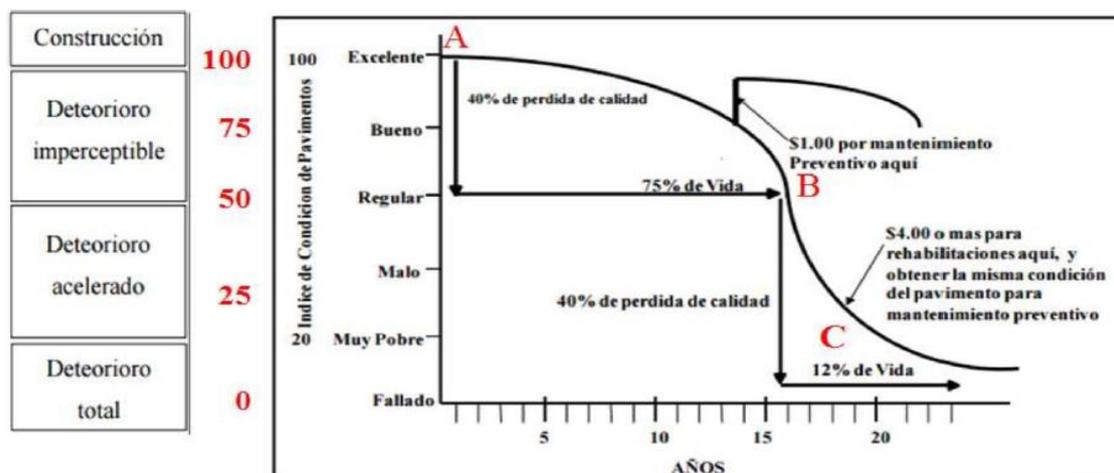


Ilustración 22. Curva de deterioro del pavimento, vida consumida y costo de rehabilitación

Recuperado de: American Concrete Pavement Association, 2012

Cabe mencionar que la estrategia de mantenimiento o rehabilitación que se seleccione tiene consecuencias directas en la serviciabilidad de la vía a lo largo de su vida útil, como se puede ver en la imagen siguiente (Corporación Andina de Fomento, 2010).

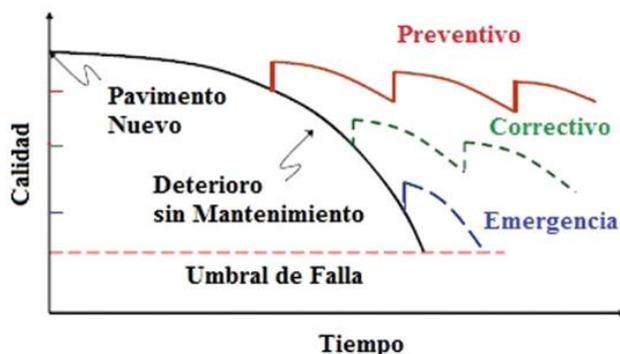


Ilustración 23. Implicaciones de diferentes estrategias en la condición del pavimento

Recuperado de: Flintsch & Fernández-Gómez, 2015

Clasificación del mantenimiento

El mantenimiento puede categorizarse desde distintos puntos de vista. Según Jugo (2005) las actividades pueden agruparse en dos categorías, preventivas y correctivas. Las preventivas se realizan para proteger al pavimento y reducir la tasa de deterioro, mientras que, las correctivas reparan las fallas y áreas deterioradas.

Según el mismo autor, el mantenimiento puede clasificarse como menor y mayor, y estos, a su vez, en preventivos y correctivos.

Tipo	Descripción	Acciones más usuales
Menor	Se ejecutan trabajos en pequeñas áreas específicas para corregir fallas localizadas, controlar la tasa de deterioro y mejorar la condición operacional. Debe realizarse continuamente e iniciarse tan pronto como aparezcan las primeras fallas.	<ul style="list-style-type: none"> * Sellado de grietas * Bacheo (de emergencia, bacheo superficial, de carpeta y profundo) * Sello asfáltico * Nivelación * Fresado y/o texturización localizada

Mayor	Incluye actividades que deben realizarse en toda el área de un tramo, pudiendo estar precedidas por actividades de mantenimiento menor.	<ul style="list-style-type: none"> * Tratamientos superficiales * Capas asfálticas (de nivelación, fricción y/o sello, y estructurales) * Remoción por fresado * Reciclado (en frío y caliente)
Acciones complementarias	Deben realizarse continuamente para garantizar el buen funcionamiento de la vía.	<ul style="list-style-type: none"> * Nivelación de bocas de visita * Nivelación de sumideros * Suministro de rejillas y marcos

Tabla 7. Clasificación de mantenimiento según Jugo (2005)

En la siguiente ilustración se correlacionan los tipos de mantenimiento mencionados con el valor cualitativo y cuantitativo del método PCI:

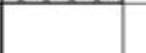
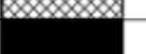
ZONA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN	PCI		ESCALA
Menor	100		Excelente
	85		Muy bueno
Menor (Rutinario) Mayor(Efectivo)	70		Bueno
	55		Regular
Mayor (Correctivo)	40		Malo
Mayor(corrección) Reconstrucción	25		Muy Malo
	10		Fallado

Ilustración 24. Mantenimiento según PCI

Recuperado de: Gonzales Herrera, J. E., & Tarrillo Quispe, E. I., 2020

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2014) y el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de República Dominicana (2016), los procedimientos por su periodicidad pueden clasificarse de la siguiente manera:

Tipo	Descripción	Acciones
Rutinario	Se realiza una o varias veces en el transcurso del año para conservar sus niveles de servicio y evitar el comienzo del deterioro. Pueden ser manuales o mecánicas.	<ul style="list-style-type: none"> * Despeje de zanjas y zonas laterales * Limpieza de deslizamientos de tierra menores * Limpieza de las salidas de los puentes * Limpieza de los elementos derramados en la carretera * Reparación de la señalización vertical * Repintado de señalización horizontal * Sellado de fisuras y grietas en la calzada y la berma * Parchado superficial y profundo en la calzada * Relleno de baches en la vía
Periódico	Se realiza en intervalos programados de más de un año, generalmente de 2 a 6 años, para mejorar el nivel de servicio de la vía y prevenir un mayor desarrollo de fallas. Las actividades pueden ser mecánicas o manuales.	<ul style="list-style-type: none"> * Reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello asfáltico * Reparación o reconstrucción puntual de las capas inferiores del pavimento, la plataforma de carretera, puentes (superestructura y subestructura), túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización.
Preventivo	Se realiza antes de la época con mayor presencia de lluvias y en el transcurso del año en intervalos de tiempo que dependen del clima y nivel de tráfico.	<ul style="list-style-type: none"> * Drenajes subterráneos * Limpieza de alcantarillas * Limpieza de los pilotes del puente
Emergencia o temporales	Se realiza para que el tránsito no se desarrolle en condiciones peligrosas o de severa incomodidad, en caso de catástrofes o situaciones que requieran operaciones de forma inmediata. Son reparaciones breves que se realizan hasta ejecutar las actividades de rehabilitación o mantenimiento definitivas.	<ul style="list-style-type: none"> * Limpieza de derrumbes * Reposición de superficies * Construcción de infraestructura * Estabilización de taludes
De mejoramiento	Actividades intensivas cuya programación depende de la disponibilidad de fondos presupuestarios para recuperar necesidades acumuladas mediante trabajos diferidos hasta que la vía regrese a su estado inicial.	

Rehabilitación	Son actividades correctivas que buscan restaurar la serviciabilidad del pavimento para que tenga la capacidad estructural suficiente que le permita resistir las sollicitaciones ambientales y de tránsito durante un período de servicio adicional.	<ul style="list-style-type: none"> * Recapado en mezcla asfáltica * Escarificación-Reconstrucción Parcial * Recomposición de drenaje
Especiales	Son trabajos que requieren técnicas especializadas con equipos, materiales y personal entrenado para aplicar alternativas no convencionales de corrección de deficiencias.	<ul style="list-style-type: none"> * Perfilado en frío * Colocación de geotextil * Tratamiento Non-Skid (antideslizante)

Tabla 8. Clasificación según periodicidad

Por último, el volumen 6 de la NEVI-12 clasifica los diferentes trabajos de mantenimiento en operaciones, definidas como todas aquellas actividades que se pueden individualizar y diferenciar de las demás, estando destinadas a un determinado elemento o parte del camino (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013).

Sección	Operaciones
Faja vial	<ul style="list-style-type: none"> * Limpieza de faja * Retiro manual de basuras y desechos * Reparación de cercas de alambre de púas * Remoción de obras y estructuras * Cruces en rutas viales
Movimiento de tierras	<ul style="list-style-type: none"> * Remoción de suelos que obstruyen la calzada * Trozadura de rocas * Mallas para control de taludes * Rejas para contención de derrumbes * Reconstrucción de la plataforma * Reperfilado de taludes * Excavación de cortes * Descarga de muros
Drenaje	<ul style="list-style-type: none"> * Limpieza de fosos, contrafosos y canales * Limpieza de alcantarillas y sifones * Limpieza de cunetas revestidas, soleras, descargas de subdrenes y bajadas de agua * Drenes de pavimento

	<ul style="list-style-type: none"> * Sellado de juntas y grietas en cunetas, fosos y contrafosos * Reconstrucción de cunetas revestidas * Reconstrucción y conservación de descargas de agua * Reemplazo de soleras * Reconstrucción de cunetas no revestidas * Conservación de lechos y obras fluviales * Defensas tipo pata de cabra * Vertederos para el control de cárcavas * Alcantarillas de tubos * Hormigón estructural * Mampostería de piedra * Defensas fluviales de riberas * Construcción y reconstrucción de fosos y contrafosos * Conservación de alcantarillas
Pavimentos asfálticos	<ul style="list-style-type: none"> * Sellado de grietas * Bacheo superficial * Bacheo profundo * Sellos bituminosos * Nivelación de bermas granulares no revestidas * Nivelación de bermas revestidas * Imprimación reforzada * Reposición de capa de rodadura * Reperfilado de bermas
Pavimentos de hormigón	<ul style="list-style-type: none"> * Sellado de juntas y grietas * Reparación en todo el espesor * Reparación en todo el espesor para puesta en servicio acelerada * Reparación de espesor parcial * Pavimentos insertados * Instalación de drenes de pavimento * Cepillado de la superficie * Nivelación de bermas no revestidas * Nivelación de bermas revestidas * Reemplazo de losas por mezclas asfálticas * Bacheo superficial asfáltico en frío * Reposición de losas de hormigón * Reperfilado de bermas * Colocación de barras de traspaso de carga en pavimentos de hormigón existente
Caminos de grava y suelos naturales	<ul style="list-style-type: none"> * Reperfilado de la calzada * Reparación de áreas inestables * Bacheo de capas de rodadura granulares * Recebo de capas de rodadura y bermas granulares * Reparación de la calzada con material integral

Puentes y estructuras	<ul style="list-style-type: none"> * Reparación y pintura de barandas * Pintura de acero estructural * Reemplazo de cantoneras * Reemplazo y complementación de barbacanas * Reparación de pavimentos * Reparación de elementos de apoyo * Reparación de superestructuras de madera * Reparación de infraestructuras de madera * Reconstrucción total de puentes de madera * Reparación superficial de hormigones * Reparación de grietas * Reparación de hormigón con armaduras corroídas * Reposición de tablero de madera sobre vigas metálicas * Conservación y reparación de balsas de madera * Conservación y reparación de puentes de hormigón y/o estructuras metálicas * Montajes puentes modulares de emergencia
Seguridad vial	<ul style="list-style-type: none"> * Limpieza de señales * Reacondicionamiento de señales verticales laterales * Reacondicionamiento de señales verticales sobre la calzada * Reemplazo de señales verticales laterales * Provisión e instalación de señalización caminera * Limpieza de barreras metálicas de contención * Reparación de berreras metálicas de contención * Colocación de barreras metálicas de contención nuevas * Tachas reflectantes * Limpieza del pavimento * Demarcación del pavimento * Aceras peatonales * Conservación de islas, pasarelas peatonales y casetas de espera * Inspección y vigilancia general de las vías en contrato
Otras operaciones	<ul style="list-style-type: none"> * Operaciones fuera de programa (emergencia) * Pesaje móvil para conservación de red vial
Operaciones auxiliares, especificaciones y manejo ambiental	<ul style="list-style-type: none"> * Instalación de faena y campamentos en obras de mantenimiento * Apertura, uso y abandono de botaderos en obras de mantenimiento * Apertura, explotación y abandono de empréstitos en obras de mantenimiento * Plantas de producción de materiales en obras de mantenimiento

Reparación y mantenimiento de pavimentos	<ul style="list-style-type: none"> * Utilización de geotextil * Recuperación de pavimentos con emulsiones asfálticas en sitio * Reciclaje de pavimentos con hormigón asfáltico mezclado en planta * Capa de hormigón asfáltico para controlar la reflexión de fisuras (capa de alivio) * Micro-aglomerado (micro-surfacing) * Recuperación de pavimentos con asfáltico expandido en sitio * Fresado de pavimento asfáltico
--	---

Tabla 9. Operaciones de mantenimiento según la NEVI-12 (Vol. 6)

Resumen

La infraestructura vial tiene una notable influencia en el desarrollo de una nación, es por esta razón que el buen estado de la red garantiza que la inversión alcance los resultados proyectados en términos de rentabilidad socioeconómica, desarrollo y crecimiento.

En el Ecuador, las vías se clasifican según distintos criterios, no obstante, independientemente de ello, su mantenimiento exige un enfoque a mediano y largo plazo, es decir que no basta con realizar la reparación de los daños en el pavimento, sino que se debe evaluar el comportamiento de la vía a futuro y ejecutar una planificación con base en las condiciones cambiantes propias de la utilización de la red, la acción de los agentes climáticos y la variación de los niveles de tráfico.

Debido a la importancia de realizar una intervención adecuada y oportuna en las vías, es recomendable aplicar métodos que permitan monitorear la condición de la superficie de las carreteras e identificar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación. En este trabajo, se analiza la metodología propuesta por la ASTM D6433-07 para la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI), dada su simplicidad, objetividad y bajo costo.

Capítulo 4: Metodología

En este capítulo se detalla el proceso aplicado para la inspección y estimación del estado actual del pavimento flexible del tramo San Luis - Santa Isabel, de la vía “Mira-El Hato”, en el Cantón Mira, mediante el método PCI.

Delimitación del tramo de análisis

El tramo de estudio forma parte de la Vía “Mira – El Hato”, perteneciente a la Red Vial Cantonal que conecta con la vía colectora E187 Bolívar – El Ángel – Mira – Mascarilla; ubicada en la parroquia urbana de Mira, Provincia del Carchi.

La inspección se lleva a cabo en el sector San Luis - Santa Isabel, en un tramo de 1500 metros comprendido entre los kilómetros 2+000 y 3+500. En la siguiente ilustración se muestra una vista satelital de la zona indicada y se marca con color rojo el tramo de vía que se analiza en este capítulo.



Ilustración 25. Vista satelital de la zona de estudio

Definición de secciones y unidades de muestra

La división del tramo de la zona de estudio en secciones se realiza mediante la observación de la condición de la vía y los cambios de estado del pavimento de concreto asfáltico, como se puede ver en la siguiente ilustración:



Ilustración 26. Delimitación de secciones del tramo de estudio

Debido a la notable diferencia entre el estado del pavimento anterior y posterior a la línea de color rojo que se marca en la *Ilustración 26*, se fracciona el tramo de análisis en dos secciones a partir de la abscisa 3+225.60.

Para dividir las secciones establecidas en unidades de muestra, se mide la longitud total de la vía desde el punto de inicio hasta el fin, así como también, el ancho de la calzada. Con base en esto y la *Tabla 3*, se define la longitud y cantidad de unidades de muestreo a analizar para el tramo seleccionado.

Longitud total (m)	1500
Ancho de calzada (m)	6
Longitud de unidad de muestreo (m)	38.3
Cantidad de unidades	39

Tabla 10. Definición de unidades de muestreo

Aunque es posible inspeccionar una cantidad de unidades menor a la calculada, en este trabajo se analiza la totalidad de ellas, sabiendo que es lo ideal para conocer el estado real del

pavimento del tramo vial y lograr una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

Una vez definida la longitud de las unidades de muestreo, siguiendo las especificaciones de la ASTM D6433-07, se miden y marcan con pintura en el pavimento para facilitar su reubicación y verificación de las fallas existentes en cada una, así como también, para permitir futuras inspecciones de las unidades si así se requiere.



Ilustración 27. Identificación de unidades en el pavimento

Inspección y registro de fallas

Materiales e instrumentos

Las herramientas usadas para la ejecución del método PCI se muestran en la tabla siguiente:

Equipo/Material	Descripción	Imagen																																																																																																																																		
Odómetro manual	Permite medir las longitudes y áreas de los daños.																																																																																																																																			
Regla	Permite medir longitudes y establecer las profundidades de los ahuellamientos y depresiones.																																																																																																																																			
Flexómetro																																																																																																																																				
Fichas de registro de fallas	Permite registrar: fecha, ubicación, nombre del encargado de la inspección, tamaño de la unidad de muestra, tipo de falla, grado de severidad, cantidades, etc.	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="10">FORMA DE DATOS PARA EL ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS CARRETERAS Y ESTACIONAMIENTOS CON SUPERFICIE DE ASFALTO PARA UNA UNIDAD DE MUESTRA</th> </tr> <tr> <th colspan="2">DATOS DE LA MUESTRA</th> <th colspan="2">FECHA</th> <th colspan="2">LUGAR DE MUESTRA</th> <th colspan="4">OTROS DATOS</th> </tr> <tr> <th>INDICADOR</th> <th>UNIDAD</th> <th>DIAS</th> <th>HORA</th> <th>CALLE</th> <th>CANTON</th> <th>PROVINCIA</th> <th>PAIS</th> <th>OTRO</th> <th>OTRO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Tipo de pavimento</td> <td>2. Tipo de muestra</td> <td>3. Dirección</td> <td>4. Estado de la muestra</td> <td>5. Fecha y hora de la inspección</td> <td>6. Observaciones</td> <td>7. Estado de la muestra</td> <td>8. Estado de la muestra</td> <td>9. Estado de la muestra</td> <td>10. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>11. Estado de la muestra</td> <td>12. Estado de la muestra</td> <td>13. Estado de la muestra</td> <td>14. Estado de la muestra</td> <td>15. Estado de la muestra</td> <td>16. Estado de la muestra</td> <td>17. Estado de la muestra</td> <td>18. Estado de la muestra</td> <td>19. Estado de la muestra</td> <td>20. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>21. Estado de la muestra</td> <td>22. Estado de la muestra</td> <td>23. Estado de la muestra</td> <td>24. Estado de la muestra</td> <td>25. Estado de la muestra</td> <td>26. Estado de la muestra</td> <td>27. Estado de la muestra</td> <td>28. Estado de la muestra</td> <td>29. Estado de la muestra</td> <td>30. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>31. Estado de la muestra</td> <td>32. Estado de la muestra</td> <td>33. Estado de la muestra</td> <td>34. Estado de la muestra</td> <td>35. Estado de la muestra</td> <td>36. Estado de la muestra</td> <td>37. Estado de la muestra</td> <td>38. Estado de la muestra</td> <td>39. Estado de la muestra</td> <td>40. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>41. Estado de la muestra</td> <td>42. Estado de la muestra</td> <td>43. Estado de la muestra</td> <td>44. Estado de la muestra</td> <td>45. Estado de la muestra</td> <td>46. Estado de la muestra</td> <td>47. Estado de la muestra</td> <td>48. Estado de la muestra</td> <td>49. Estado de la muestra</td> <td>50. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>51. Estado de la muestra</td> <td>52. Estado de la muestra</td> <td>53. Estado de la muestra</td> <td>54. Estado de la muestra</td> <td>55. Estado de la muestra</td> <td>56. Estado de la muestra</td> <td>57. Estado de la muestra</td> <td>58. Estado de la muestra</td> <td>59. Estado de la muestra</td> <td>60. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>61. Estado de la muestra</td> <td>62. Estado de la muestra</td> <td>63. Estado de la muestra</td> <td>64. Estado de la muestra</td> <td>65. Estado de la muestra</td> <td>66. Estado de la muestra</td> <td>67. Estado de la muestra</td> <td>68. Estado de la muestra</td> <td>69. Estado de la muestra</td> <td>70. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>71. Estado de la muestra</td> <td>72. Estado de la muestra</td> <td>73. Estado de la muestra</td> <td>74. Estado de la muestra</td> <td>75. Estado de la muestra</td> <td>76. Estado de la muestra</td> <td>77. Estado de la muestra</td> <td>78. Estado de la muestra</td> <td>79. Estado de la muestra</td> <td>80. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>81. Estado de la muestra</td> <td>82. Estado de la muestra</td> <td>83. Estado de la muestra</td> <td>84. Estado de la muestra</td> <td>85. Estado de la muestra</td> <td>86. Estado de la muestra</td> <td>87. Estado de la muestra</td> <td>88. Estado de la muestra</td> <td>89. Estado de la muestra</td> <td>90. Estado de la muestra</td> </tr> <tr> <td>91. Estado de la muestra</td> <td>92. Estado de la muestra</td> <td>93. Estado de la muestra</td> <td>94. Estado de la muestra</td> <td>95. Estado de la muestra</td> <td>96. Estado de la muestra</td> <td>97. Estado de la muestra</td> <td>98. Estado de la muestra</td> <td>99. Estado de la muestra</td> <td>100. Estado de la muestra</td> </tr> </tbody> </table>	FORMA DE DATOS PARA EL ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS CARRETERAS Y ESTACIONAMIENTOS CON SUPERFICIE DE ASFALTO PARA UNA UNIDAD DE MUESTRA										DATOS DE LA MUESTRA		FECHA		LUGAR DE MUESTRA		OTROS DATOS				INDICADOR	UNIDAD	DIAS	HORA	CALLE	CANTON	PROVINCIA	PAIS	OTRO	OTRO	1. Tipo de pavimento	2. Tipo de muestra	3. Dirección	4. Estado de la muestra	5. Fecha y hora de la inspección	6. Observaciones	7. Estado de la muestra	8. Estado de la muestra	9. Estado de la muestra	10. Estado de la muestra	11. Estado de la muestra	12. Estado de la muestra	13. Estado de la muestra	14. Estado de la muestra	15. Estado de la muestra	16. Estado de la muestra	17. Estado de la muestra	18. Estado de la muestra	19. Estado de la muestra	20. Estado de la muestra	21. Estado de la muestra	22. Estado de la muestra	23. Estado de la muestra	24. Estado de la muestra	25. Estado de la muestra	26. Estado de la muestra	27. Estado de la muestra	28. Estado de la muestra	29. Estado de la muestra	30. Estado de la muestra	31. Estado de la muestra	32. Estado de la muestra	33. Estado de la muestra	34. Estado de la muestra	35. Estado de la muestra	36. Estado de la muestra	37. Estado de la muestra	38. Estado de la muestra	39. Estado de la muestra	40. Estado de la muestra	41. Estado de la muestra	42. Estado de la muestra	43. Estado de la muestra	44. Estado de la muestra	45. Estado de la muestra	46. Estado de la muestra	47. Estado de la muestra	48. Estado de la muestra	49. Estado de la muestra	50. Estado de la muestra	51. Estado de la muestra	52. Estado de la muestra	53. Estado de la muestra	54. Estado de la muestra	55. Estado de la muestra	56. Estado de la muestra	57. Estado de la muestra	58. Estado de la muestra	59. Estado de la muestra	60. Estado de la muestra	61. Estado de la muestra	62. Estado de la muestra	63. Estado de la muestra	64. Estado de la muestra	65. Estado de la muestra	66. Estado de la muestra	67. Estado de la muestra	68. Estado de la muestra	69. Estado de la muestra	70. Estado de la muestra	71. Estado de la muestra	72. Estado de la muestra	73. Estado de la muestra	74. Estado de la muestra	75. Estado de la muestra	76. Estado de la muestra	77. Estado de la muestra	78. Estado de la muestra	79. Estado de la muestra	80. Estado de la muestra	81. Estado de la muestra	82. Estado de la muestra	83. Estado de la muestra	84. Estado de la muestra	85. Estado de la muestra	86. Estado de la muestra	87. Estado de la muestra	88. Estado de la muestra	89. Estado de la muestra	90. Estado de la muestra	91. Estado de la muestra	92. Estado de la muestra	93. Estado de la muestra	94. Estado de la muestra	95. Estado de la muestra	96. Estado de la muestra	97. Estado de la muestra	98. Estado de la muestra	99. Estado de la muestra	100. Estado de la muestra
FORMA DE DATOS PARA EL ESTUDIO DEL ESTADO DE LAS CARRETERAS Y ESTACIONAMIENTOS CON SUPERFICIE DE ASFALTO PARA UNA UNIDAD DE MUESTRA																																																																																																																																				
DATOS DE LA MUESTRA		FECHA		LUGAR DE MUESTRA		OTROS DATOS																																																																																																																														
INDICADOR	UNIDAD	DIAS	HORA	CALLE	CANTON	PROVINCIA	PAIS	OTRO	OTRO																																																																																																																											
1. Tipo de pavimento	2. Tipo de muestra	3. Dirección	4. Estado de la muestra	5. Fecha y hora de la inspección	6. Observaciones	7. Estado de la muestra	8. Estado de la muestra	9. Estado de la muestra	10. Estado de la muestra																																																																																																																											
11. Estado de la muestra	12. Estado de la muestra	13. Estado de la muestra	14. Estado de la muestra	15. Estado de la muestra	16. Estado de la muestra	17. Estado de la muestra	18. Estado de la muestra	19. Estado de la muestra	20. Estado de la muestra																																																																																																																											
21. Estado de la muestra	22. Estado de la muestra	23. Estado de la muestra	24. Estado de la muestra	25. Estado de la muestra	26. Estado de la muestra	27. Estado de la muestra	28. Estado de la muestra	29. Estado de la muestra	30. Estado de la muestra																																																																																																																											
31. Estado de la muestra	32. Estado de la muestra	33. Estado de la muestra	34. Estado de la muestra	35. Estado de la muestra	36. Estado de la muestra	37. Estado de la muestra	38. Estado de la muestra	39. Estado de la muestra	40. Estado de la muestra																																																																																																																											
41. Estado de la muestra	42. Estado de la muestra	43. Estado de la muestra	44. Estado de la muestra	45. Estado de la muestra	46. Estado de la muestra	47. Estado de la muestra	48. Estado de la muestra	49. Estado de la muestra	50. Estado de la muestra																																																																																																																											
51. Estado de la muestra	52. Estado de la muestra	53. Estado de la muestra	54. Estado de la muestra	55. Estado de la muestra	56. Estado de la muestra	57. Estado de la muestra	58. Estado de la muestra	59. Estado de la muestra	60. Estado de la muestra																																																																																																																											
61. Estado de la muestra	62. Estado de la muestra	63. Estado de la muestra	64. Estado de la muestra	65. Estado de la muestra	66. Estado de la muestra	67. Estado de la muestra	68. Estado de la muestra	69. Estado de la muestra	70. Estado de la muestra																																																																																																																											
71. Estado de la muestra	72. Estado de la muestra	73. Estado de la muestra	74. Estado de la muestra	75. Estado de la muestra	76. Estado de la muestra	77. Estado de la muestra	78. Estado de la muestra	79. Estado de la muestra	80. Estado de la muestra																																																																																																																											
81. Estado de la muestra	82. Estado de la muestra	83. Estado de la muestra	84. Estado de la muestra	85. Estado de la muestra	86. Estado de la muestra	87. Estado de la muestra	88. Estado de la muestra	89. Estado de la muestra	90. Estado de la muestra																																																																																																																											
91. Estado de la muestra	92. Estado de la muestra	93. Estado de la muestra	94. Estado de la muestra	95. Estado de la muestra	96. Estado de la muestra	97. Estado de la muestra	98. Estado de la muestra	99. Estado de la muestra	100. Estado de la muestra																																																																																																																											

Tabla 11. Equipos y materiales para la aplicación del método PCI

Recuperado de: Vaqueiros, s/f (Fila 1); Papelería Modelo, s/f (Fila 2); Kywi, s/f (Fila 3)

Las fichas de registro de campo de cada unidad del tramo vial que contienen la información solicitada por la ASTM D6433-07 para esta metodología se exponen en el *Anexo B*, cuyo proceso y fallas registradas pueden verificarse en el *Anexo G* de este estudio.

Cálculo del PCI

Para determinar el PCI de las unidades de muestreo se aplica el procedimiento establecido por la ASTM D6433-07 y resumido en el marco teórico de este trabajo. Con el fin de explicar el proceso de cálculo, se muestra el método para completar el formato de la *Ilustración 16*, usando como ejemplo la *Unidad de Muestra 1*.

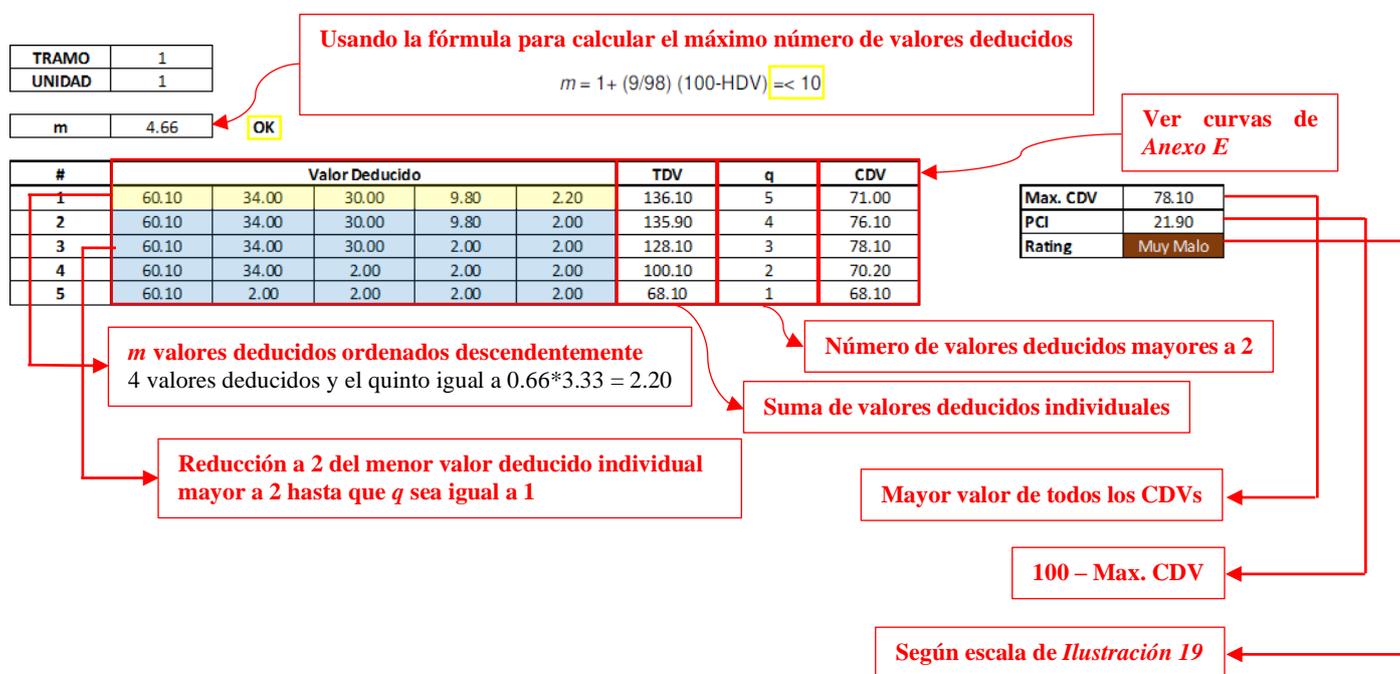


Ilustración 29. Ejemplo de cálculo de PCI

Los cálculos realizados para cada unidad se muestran en el *Anexo D*, mientras que el resumen de resultados del estado total del tramo, se presentan en el *Anexo F*.

Resumen

El procedimiento estándar para efectuar la inspección del PCI se realiza con base en las especificaciones que indica la norma ASTM D6433-07. En este trabajo se evalúan 39 unidades

de muestreo, definidas en función el ancho de la calzada y el tipo de capa de rodadura, en un tramo de vía de 1500 metros de longitud dividido en 2 secciones según la condición superficial del pavimento flexible.

Capítulo 5: Propuesta de intervención vial

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos para el tramo de análisis y se presentan las actividades recomendadas junto a una matriz de intervención detallada en función de las fallas y su severidad, con las principales causas y soluciones.

Actividades recomendadas según PCI

La auscultación visual de las 39 unidades de muestra que forman parte del tramo de estudio permitió identificar 11 tipos de fallas que se listan en función del grado de incidencia en el deterioro:

No.	Falla	Cant. Unidades	Porcentaje
1	Fisura de borde	39.00	100.00
2	Piel de cocodrilo	35.00	89.74
3	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados	30.00	76.92
4	Parches y parches de cortes utilitarios	22.00	56.41
5	Depresión	19.00	48.72
6	Baches	18.00	46.15
7	Abultamientos y hundimientos	17.00	43.59
8	Hinchamiento	16.00	41.03
9	Fisuras longitudinales y transversales	15.00	38.46
10	Exudación	7.00	17.95
11	Fisuras en bloque	6.00	15.38

Tabla 12. Incidencia de fallas en el tramo vial

Las fallas resaltadas en la tabla repercuten mayormente en el agravamiento de la condición del pavimento, debido a que están presentes en más del 50% de las unidades que conforman el tramo analizado.

Sin embargo, se puede ver que los daños encontrados no se presentan de forma generalizada en toda el área de estudio, por lo que no todas las unidades de muestra exhiben la misma condición superficial:

Condición	Cant. Unidades	Porcentaje (%)
Excelente	3	7.69
Muy Bueno	1	2.56
Bueno	5	12.82
Regular	1	2.56
Malo	2	5.13
Muy Malo	4	10.26
Fallado	23	58.97

Tabla 13. Rating de unidades de muestra

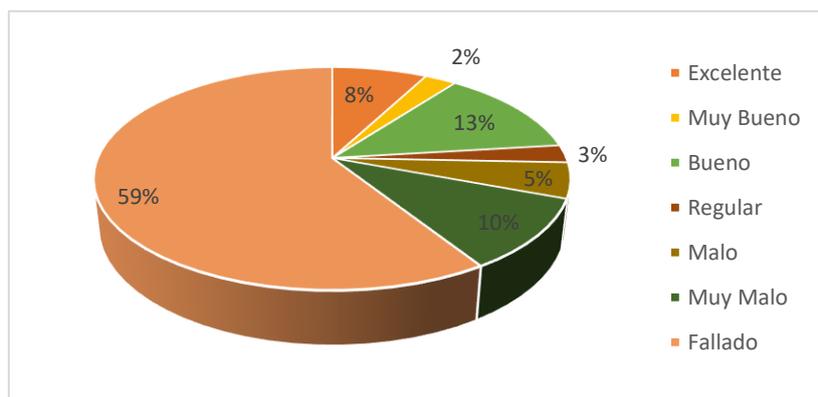


Ilustración 30. Distribución del PCI en el tramo

Según el estado del pavimento es necesario realizar trabajos de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción pertinentes para minimizar el impacto de los mecanismos de deterioro y lograr que la vía recupere sus condiciones de servicio. En la siguiente tabla se especifica el tipo de procedimiento a realizar según el PCI calculado (Instituto de Desarrollo Urbano, 2014).

PCI	Actividad de conservación
0 – 25	Reconstrucción
26 – 55	Rehabilitación
56 – 85	Mantenimiento Periódico
86 - 100	Mantenimiento Rutinario

Tabla 14. Clasificación de actividades según PCI

Recuperado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 2014

Tomando en cuenta los criterios de la tabla anterior y los resultados obtenidos durante el levantamiento de la información en campo y la aplicación del método PCI, se proponen las siguientes actividades de intervención en cada unidad del tramo:

Sección	Unidad	PCI	Condición del pavimento	Actividad recomendada
1	1	21.90	Muy Malo	Reconstrucción
	2	9.90	Fallado	Reconstrucción
	3	4.00	Fallado	Reconstrucción
	4	9.00	Fallado	Reconstrucción
	5	7.00	Fallado	Reconstrucción
	6	2.00	Fallado	Reconstrucción
	7	4.68	Fallado	Reconstrucción
	8	8.50	Fallado	Reconstrucción
	9	24.00	Muy Malo	Reconstrucción
	10	25.90	Malo	Reconstrucción
	11	23.50	Muy Malo	Reconstrucción
	12	0.00	Fallado	Reconstrucción
	13	0.00	Fallado	Reconstrucción
	14	5.25	Fallado	Reconstrucción
	15	0.00	Fallado	Reconstrucción
	16	36.00	Malo	Rehabilitación
	17	0.00	Fallado	Reconstrucción
	18	46.00	Regular	Rehabilitación
	19	18.00	Muy Malo	Reconstrucción
	20	0.00	Fallado	Reconstrucción
	21	2.00	Fallado	Reconstrucción
	22	10.00	Fallado	Reconstrucción
	23	0.00	Fallado	Reconstrucción
	24	0.00	Fallado	Reconstrucción
	25	5.00	Fallado	Reconstrucción
	26	0.00	Fallado	Reconstrucción
	27	0.00	Fallado	Reconstrucción
	28	58.00	Bueno	Mantenimiento Periódico
	29	0.00	Fallado	Reconstrucción
	30	79.00	Muy Bueno	Mantenimiento Periódico
	31	0.00	Fallado	Reconstrucción
	32	2.58	Fallado	Reconstrucción
2	33	64.00	Bueno	Mantenimiento Periódico
	34	92.00	Excelente	Mantenimiento Rutinario
	35	88.00	Excelente	Mantenimiento Rutinario
	36	90.00	Excelente	Mantenimiento Rutinario
	37	56.00	Bueno	Mantenimiento Periódico
	38	61.00	Bueno	Mantenimiento Periódico
	39	64.00	Bueno	Mantenimiento Periódico

Tabla 15. Resumen de resultados y actividades propuestas

Por lo tanto, las unidades pueden agruparse según las acciones que deban realizarse sobre ellas, dependiendo del estado en que se encuentran, de la siguiente manera:

Actividad	Cant. Unidades	Porcentaje (%)
Reconstrucción	28	71.79
Rehabilitación	2	5.13
Mantenimiento Periódico	6	15.38
Mantenimiento Rutinario	3	7.69

Tabla 16. Resumen de actividades de intervención en el tramo vial

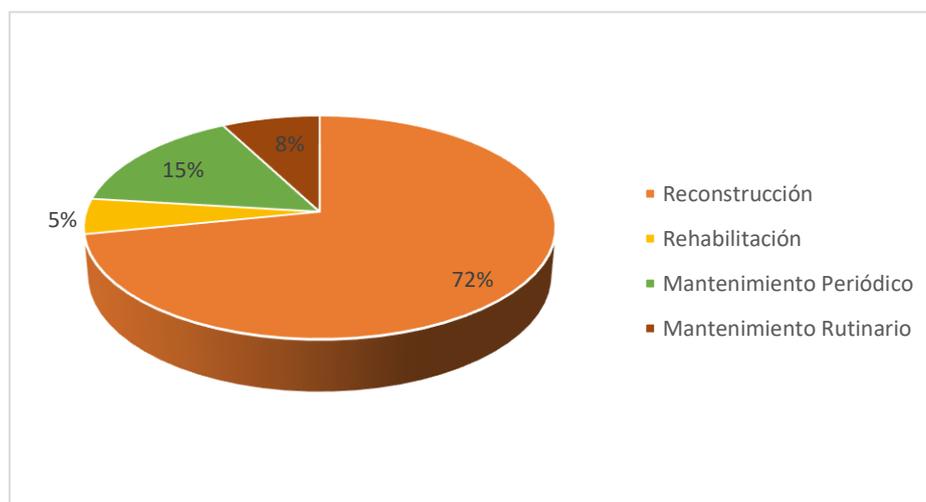


Ilustración 31. Distribución de actividades

Considerando los criterios de la *Tabla 14* y el promedio PCI del tramo total obtenido de las 39 unidades de muestra, la intervención recomendada para lograr una solución a largo plazo sería la siguiente:

Tramo	PCI	Condición del pavimento	Actividad recomendada
1	23.52	Muy Malo	Reconstrucción

Tabla 17. Actividad propuesta para el tramo

Lo cual coincide con la descripción de la *Ilustración 24*, que señala la necesidad de realizar trabajos de mantenimiento mayor o reconstrucción una vez que el PCI alcanza un valor menor o igual a 25.

Sin embargo, puesto que el área de estudio fue dividida en secciones según la condición superficial del pavimento, es más razonable definir las actividades a realizarse en función de este fraccionamiento.

Sección	PCI	Condición del pavimento	Actividad recomendada
1	12.57	Muy Malo	Reconstrucción
2	73.57	Muy Bueno	Mantenimiento Periódico

Tabla 18. Actividades recomendadas para cada sección

En consecuencia, se recomienda ejecutar una intervención tipo reconstrucción en la totalidad de la primera sección, con el fin poner nuevamente en funcionamiento la vía, tomando en cuenta que la capacidad estructural del pavimento está perdida y su condición es inadecuada para mantener la serviciabilidad general de la ruta. Esta actividad implica la remoción total de la estructura del pavimento, reemplazando los materiales granulares y la capa asfáltica, siguiendo el proceso establecido por la NEVI-12 en su volumen 6 referente a Conservación Vial.

Se debe considerar que los trabajos de reconstrucción no pueden ser llevados a cabo si no se identifican y solucionan las causas que motivaron el problema. En este caso, gran parte de los daños presentes a lo largo del tramo se deben a un drenaje superficial inadecuado a causa de la nula operación de limpieza en la faja vial, lo cual se hace evidente al observar que la vegetación, tierra y desechos obstruyen casi por completo las cunetas y rampas de descarga en ambos lados de la plataforma; así como también, la falta de bermas que proporcionen soporte lateral a la calzada, eviten la erosión de las capas inferiores y permitan una adecuada evacuación de las aguas lluvias (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003).

Tomando en cuenta que el tramo vial analizado está ubicado en un cantón donde el 36.66% del tiempo el clima es lluvioso y donde las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura llevada a cabo mediante riego por inundación, la limpieza en la faja vial es fundamental para permitir que los sistemas de drenaje cumplan su función, evitando así la alteración de las propiedades geomecánicas de la carretera y los cambios volumétricos o asentamientos que no favorecen a la seguridad de los usuarios (CONGOPE, 2019).

Por lo tanto, independientemente, de las acciones que se realicen sobre el pavimento para repararlo y rehabilitarlo, si no se ejecutan las operaciones rutinarias pertinentes, será necesario aplicar medidas más costosas debido a las pérdidas en el nivel de servicio de la vía en un corto período de tiempo (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003).

Para la segunda sección se propone realizar trabajos de mantenimiento periódico que permitan ampliar la vida útil de la estructura de la vía, corrigiendo las afectaciones superficiales que no comprometen las capas subyacentes a la carpeta. En la matriz de intervención que se muestra más adelante, se exponen las actividades a realizarse según las fallas encontradas en las unidades que corresponden a la sección 2.

Matriz de alternativas de intervención

Se proponen las actividades de intervención para la sección 2 con base en las recomendaciones del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de República Dominicana (2016).

Tipo de falla	Causas principales	Severidad	Alternativas de Intervención	Vida Esperada (años)
Piel de Cocodrilo	<ul style="list-style-type: none"> • Infradiseño estructural • Pavimento altamente deformable • Deficiente calidad de los materiales y/o proceso de elaboración y puesta en obra. • Degradación de las mezclas susceptibles al agua por un drenaje superficial inadecuado 	L	Optar por uno de los siguientes tratamientos para sellar la superficie afectada: <ul style="list-style-type: none"> • Material bituminoso y recubrimiento de agregado pétreo. • Lechada asfáltica 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 • 3-4
		M	<ul style="list-style-type: none"> • Bacheo superficial (con mezclas asfálticas en frío o caliente) • Bacheo parcial (con mezclas asfálticas en frío o caliente) 	<ul style="list-style-type: none"> • 0.5-1 • 0.5-2 • 4-6

			<ul style="list-style-type: none"> • Bacheo profundo (incluye retiro y sustitución de capa base) 	
		H	<ul style="list-style-type: none"> • Bacheo profundo (incluye retiro y sustitución de capa base) • Bacheo profundo + mejoramiento o reposición del drenaje superficial y/o profundo. 	<ul style="list-style-type: none"> • 4-6 • 5-6
Fisura de Borde	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho de calzada muy estrecho • Compactación deficiente • Confinamiento lateral deficiente por falta de bermas • Retención de agua en los bordes de la calzada por deficiente drenaje. • Existencia de materiales angulares provenientes de las zonas contiguas al pavimento, que incrementan la abrasión de las llantas cerca de los bordes. 	L	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el drenaje superficial 	
Fisuras Longitudinales y Transversales	<p><u>FISURAS LONGITUDINALES</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquellas que se encuentran en las huellas de canalización del tránsito se generan por la fatiga de la mezcla asfáltica, debido a las repeticiones de carga que producen deflexiones importantes en un pavimento débil. • Las que se encuentran próximas al borde del pavimento se deben a la acción del tránsito sobre esta área cuando se encuentra debilitada por 	L	<ul style="list-style-type: none"> • Sellar la superficie con emulsión bituminosa. 	2

	<p>falta de confinamiento lateral o un deficiente drenaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aquellas que coinciden con el eje de la vía se deben a un deficiente proceso constructivo durante la colocación de la mezcla asfáltica. • Contracción de la mezcla asfáltica por endurecimiento excesivo del bitumen. • Asentamiento de los terraplenes y/o su fundación. <p><u>FISURAS TRANSVERSALES</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Infradiseño estructural • Deficiente contención lateral • Asentamiento de los terraplenes y/o su fundación. 	M	<p>Sellar la superficie con uno de los siguientes materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asfalto líquido o emulsión bituminosa + arena • Recubrimiento de agregado pétreo • Lechada asfáltica 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 • 2-8 • 3-5
--	--	---	--	---

Tabla 19. Análisis de fallas y propuesta de intervención vial

Dadas las fallas encontradas en la sección, se espera que, si no se realiza una intervención oportuna y adecuada, su evolución sea la siguiente:

Falla	Posible evolución
Piel de Cocodrilo	Se espera que el fenómeno se extienda en la superficie del pavimento, evolucionando hasta presentar hundimientos y ahuellamientos que, según las condiciones de precipitación y drenaje, así como las condiciones de tráfico; pueden originar baches.
Fisura de Borde	Cuando el drenaje superficial es deficiente y la base es inestable, la destrucción progresa hacia el interior de la calzada, evolucionando rápidamente en profundidad.
Fisuras Longitudinales y Transversales	Considerando el clima lluvioso del cantón y que la evolución es más rápida cuando el agua ingresa a las capas inferiores, se puede esperar que incremente la longitud de las fisuras, pudiendo multiplicarse y ramificarse hasta dar lugar a un agrietamiento tipo piel de cocodrilo.

Tabla 20. Posible evolución de fallas

Resumen

La auscultación visual de los deterioros de la vía y el Índice de Condición de Pavimento del tramo analizado, hacen tangible la necesidad de reconstrucción de la primera sección, así como, la realización de actividades de mantenimiento periódico en la segunda.

Las intervenciones que se realicen sobre la vía deben responder a la severidad y las causas que originan el deterioro, considerando su posible evolución y procurando que las soluciones sean óptimas en cuanto a costo y duración.

Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El análisis de la Vía “Mira – El Hato”, perteneciente a la Red Vial Cantonal que conecta con la vía colectora E187 Bolívar – El Ángel – Mira – Mascarilla, ubicada en la parroquia urbana de Mira, Provincia del Carchi; muestra un gran deterioro en la ruta que comunica el caserío San Luis con el barrio Santa Isabel, debido al mínimo e inadecuado mantenimiento recibido desde su construcción en 2013.

La evaluación del tramo vial de 1500 metros de longitud se realiza aplicando el procedimiento estándar establecido por la ASTM D6433-07 para efectuar la inspección del PCI en 39 unidades de muestreo definidas en función del ancho de la calzada y el tipo de capa de rodadura, agrupadas en dos secciones según la condición superficial del pavimento flexible.

El método Pavement Condition Index (PCI) analiza diecinueve fallas en los pavimentos flexibles, de las cuales, once están presentes en el tramo vial estudiado. Se considera que los daños más influyentes son aquellos que inciden en al menos el 50% de las unidades, las cuales se listan en función del grado de repercusión en el deterioro del pavimento: fisura de borde (presente en el 100% de unidades analizadas), piel de cocodrilo (90%), peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados (77%) y parches (56%).

El diagnóstico, mediante el método PCI, del estado actual del pavimento flexible de la Vía “Mira – El Hato” entre los kilómetros 2+000 y 3+500, arroja un PCI de 23.52 para el tramo evaluado, siendo la condición del tramo en general, Muy mala.

Considerando que, el método PCI evalúa y asigna una calificación al estado superficial del pavimento flexible con un valor comprendido entre cero, para un pavimento fallado, y cien, para uno en excelente estado; se puede decir que, la primera sección del tramo, que

abarca las unidades 1 a la 33, comprendida entre las abscisas 2+000 y 3+225.6, cuyo PCI es de 12.57, califica para un pavimento en mal estado que necesita ser reconstruido. Mientras que la segunda sección, al tener un PCI de 73.57, requiere la realización de actividades de mantenimiento periódico en los 274.4 metros restantes del tramo de análisis.

Con base en la auscultación visual de los deterioros del tramo analizado, se concluye que las principales causas que originan el deterioro de la vía son la aplicación reiterada del tráfico junto a un drenaje inadecuado debido a la falta de operaciones de limpieza en la faja vial, que impiden la canalización y evacuación de los escurrimientos superficiales de agua, así como también, la ausencia de bermas que provean soporte a los bordes de la calzada, eviten la erosión de las capas inferiores y permitan el escurrimiento de las aguas de lluvia.

Las intervenciones que se realicen sobre la segunda sección de la vía deben responder a la severidad y las causas que originan el deterioro, considerando su posible evolución y procurando que las soluciones sean óptimas en cuanto a costo y duración.

Si bien es importante resolver las necesidades inmediatas de la creciente población, las estructuras viales no deben ser concebidas sin contar con un plan que permita su gestión a corto, mediano y largo plazo, para evitar altos costos de mantenimiento y reparación, así como, la destinación de recursos de manera inapropiada para la ejecución de actividades que no responden a los requerimientos de la vía y generan importantes pérdidas en el nivel de servicio en un corto período de tiempo, generando costos significativos.

La falta de conocimiento del comportamiento de las vías y el tiempo adecuado para llevar a cabo una intervención implica un gran costo económico debido a que hacen necesaria

la realización de trabajos mayores con costos más altos en comparación con aquellos que resultarían de una intervención adecuada y oportuna.

Recomendaciones

Si bien las fallas observadas en campo a lo largo del tramo muestran que las principales causas del deterioro son la falta de drenaje y la ausencia de bermas, también debe evaluarse si el diseño vial, así como la calidad de los materiales y el proceso constructivo, cumplen con los estándares establecidos en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MOP-001-F 2002.

Realizar un nuevo diseño de la estructura del pavimento para la primera sección del tramo vial, siguiendo los lineamientos de la “Guía de Diseño de Pavimentos Flexibles AASHTO 93” y ejecutarlo implementando controles de calidad en los materiales y proceso constructivo de cada capa del pavimento, para evitar un deterioro acelerado del camino que genere incomodidad a los usuarios.

Realizar un cronograma y presupuesto de actividades de mantenimiento a corto y largo plazo, para gestionar las intervenciones y evitar que en la vía se realicen trabajos que no se adecúen a las necesidades y nivel de deterioro de la estructura, traducidos en altos costos para el Gobierno Autónomo competente.

Monitorear las fallas encontradas durante la auscultación visual del tramo vial para verificar su evolución, así como también, presupuestar, programar y aplicar el mantenimiento o reparación correspondiente antes de que su severidad incremente y su reparación sea perjudicial para los usuarios y el organismo encargado de su gestión.

Debido a las condiciones climáticas, el tráfico y las actividades agrícolas que aplican riego por inundación en la zona es recomendable insertar geomalla en la estructura del pavimento para evitar la contaminación de los materiales, impedir la fuga de finos, reforzar la estructura y favorecer el drenaje lateral. El proyectista, según las evaluaciones

realizadas, deberá decidir si la ubicación más conveniente del elemento es entre las capas base y subbase o entre la subbase y la subrasante.

Considerando que el sistema de riego empleado por los agricultores de la zona consiste en inundar el terreno con agua para que penetre al terreno y así poder regar los cultivos, es recomendable implementar un subdrén francés que permita que el agua infiltrada dentro del pavimento se evacúe hacia los pozos de captación al entrar en contacto con el geotextil de la zanja rellena de material granular.

Trabajos futuros

Tomando en cuenta las observaciones y resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo, se propone la elaboración de los siguientes estudios futuros en el tramo analizado:

Realización de un presupuesto y cronograma de ejecución de actividades de intervención en el tramo vial de acuerdo al tiempo de duración del proyecto.

Realización de un nuevo estudio de tráfico y ensayos de CBR para rediseñar el pavimento de la primera sección del tramo vial.

Verificación del cumplimiento de las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MOP-001-F 2002, en las fuentes de materiales usadas para la pavimentación del tramo vial.

Evaluación de la condición del pavimento mediante el método IRI (International Roughness Index) de acuerdo a lo establecido en las normas ASTM-E950, ASTM-E1364 y ASTM-E1926; para determinar la regularidad del pavimento y la comodidad en la conducción que experimentan los usuarios.

Estudio de la influencia del riego por inundación en el deterioro de las estructuras de pavimento flexible.

Referencias (APA)

- AASHTO. (2001). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D.C, United States of America: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ASTM D6433-07. (2008). *Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del pavimento de carreteras y estacionamientos*. Pensilvania.
- Ávila, A. (s/f). *Pavimentos flexibles y rígidos*. Quito.
- Banco Central del Ecuador. (2016). *Cuentas Nacionales Regionales*. Quito: BCE.
- Banco del Estado. (2013). Macro Programa "Construyendo Caminos". *Resolución No. 2013-DIR*, (p. 48). Quito.
- Barreto Cedeño, S. L., Banguera Garces, J., & Córdova Rizo, J. (2018, marzo 01). Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método aashto 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos. *SciELO*.
- Callejas, R. (2010). *Formulación y Evaluación de un Plan Negocio*. Quito, Ecuador: McGraw Hill. doi:978-9942-03-111-2
- CONGOPE. (2019). *Desarrollo Vial Integral de la Provincia de Carchi*. Tulcán: Banco Interamericano de Desarrollo & Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales el Ecuador (CONGOPE).
- CONGOPE. (2019). *Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia del Carchi*. Quito: Prefectura del Carchi.
- Corporación Andina de Fomento. (2010). *Mantenimiento vial. Informe Sectorial*. Caracas, Venezuela: CAF.
- Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (2009). *Evaluación de Pavimentos*. Venezuela: Universidad Nacional de Ingeniería.

- GAD de la Provincia del Carchi. (2016). *Proyecto de Asfaltados*. Ecuador: Dirección de Gestión de Obras Públicas y Vialidad.
- GAD del Cantón Mira. (2022). *Mira - Cantón de Oportunidades*. Retrieved from <https://mira.gob.ec/nuestro-canton/>
- Giordani, C., & Leone, D. (s/f). *Pavimentos*. Rosario, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- Gonzales Herrera, J. E., & Tarrillo Quispe, E. I. (2020). *Aplicación del método PCI para para determinar el estado y el adecuado plan de mantenimiento para el pavimento flexible entre el Km 4+500 al 7+500 de la vía de acceso al centro poblado montegrande, Reque, Chiclayo*. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.
- Guerra, J., & Orbe, B. (2023). *Inventario vial de los cantones Montúfar, Mira y Bolívar fase II de la provincia del Carchi*. Quito: PUCE.
- Hiliquín Brañez, M. L. (2016). *Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI, en la Av. Jorge Chávez del Distrito de Pocollay en el año 2016*. Tacna, Perú.
- INEC. (2010). *Base de Datos-Censo de Población y Vivienda 2010*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>
- Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. (2006). *Manual de Diseño de Pavimentos en Base al Método AASHTO - 93*. La Paz, Bolivia.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2014). *Anexo Técnico de Diagnóstico para Conservación de Infraestructura Vial para Bogotá*. Bogotá: Dirección Técnica Estratégica.
- Jugo, A. (2005). *Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles*. Caracas, Venezuela.

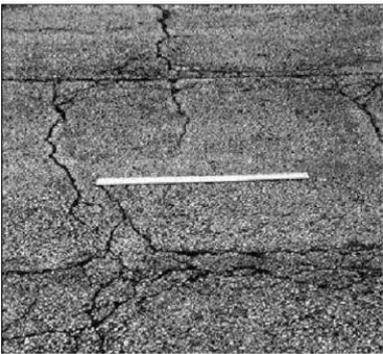
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (s/f). *Programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos*. Chile.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2001, enero 12). Acuerdo 001.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes (MOP - 001 - F 2002)*. Quito.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de República Dominicana. (2016). *Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación*. (D. d. Pavimentos, Ed.) República Dominicana.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2018, julio 06). Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre. *Decreto Ejecutivo 436*, p. 23.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). Conservación Vial. In *Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12)* (Vol. 6, p. 508). Quito, Ecuador.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). *NORMA ECUATORIANA VIAL (NEVI-12)* (Vol. 6). Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2013). Norma para Estudios y Diseños Viales. In *Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12)* (Vol. 2, p. 382). Quito, Ecuador.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial*. Perú.
- Mira "Balcón de los Andes". (s/f). *Cantón Mira*. Retrieved from <https://mira.ec/canton-mira/>
- Organization, Technology and Management in Construction. (2016). *The Road Pavement Condition Index (PCI). Evaluation and Maintenance: A Case Study of Yemen*, 10. doi:10.1515/otmcj-2016-0008

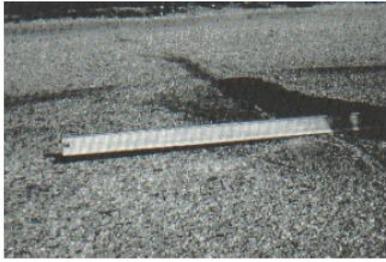
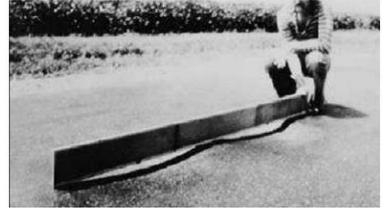
- Pérez, G. (2020). Caminos rurales: vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial. *Boletín 377: Facilitación, comercio y logística en América Latina y El Caribe*, 1-18.
- Rodríguez Velásquez, E. D. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. Tesis para optar el Título de. Ingeniero Civil*. Piura, Perú: Universidad de Piura. Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf
- Tacza Herrera, E. B., & Rodriguez Paez, B. O. (2018). *Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). doi:10.19083/tesis/624556
- Valenzuela, R. J. (1993). *Actualización de coeficientes de daño para el diseño de pavimentos flexibles*. Sonora, México: Universidad de Sonora. Retrieved from Generalidades y definiciones sobre los pavimentos: <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=2944>
- Vásquez Varela, L. R. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales: INGEPAV.
- Vilema, F. (2009). Infraestructura de transporte y comercio: Un análisis comparativo entre Ecuador y países de Asia - Pacífico. *Grupo de Investigación & Docencia Económica (GRIDE) - ESPOL*, 1 - 19.
- World Bank. (2019). *World - Measuring Rural Access*. Washington, D.C.: World Bank Group.

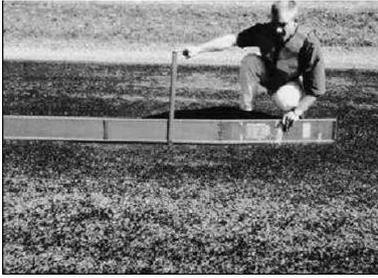
Anexo A: Fallas en Pavimentos Asfálticos

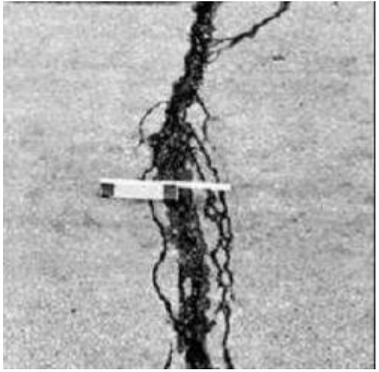
Se detallan las fallas en los pavimentos flexibles para la realización del método PCI, según la ASTM D6433-07 (2008).

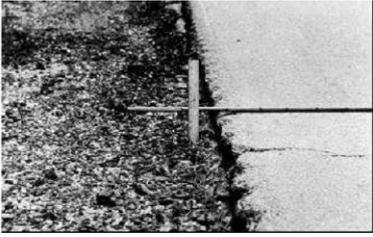
No.	TIPO DE FALLA	UNIDAD	NIVELES DE SEVERIDAD		FIGURA
1	Piel de cocodrilo (fatiga) (Alligator Cracking)	m ²	L	Finas fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están descascaradas.	
			M	Continuación del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, en un patrón o red de fisuras que podrían estar ligeramente descascaradas	
			H	El patrón o red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico.	
2	Exudación (Bleeding)	m ²	L	Sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida sólo durante algunos días al año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos.	

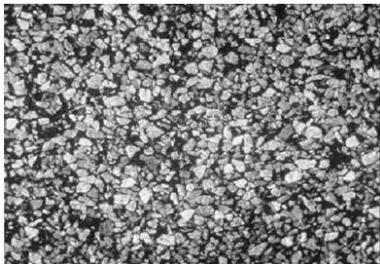
			M	Ha ocurrido llegando al punto en que el asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año.	
			H	Ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año.	
3	Fisuras en bloque (Block Cracking)	m ²	L	Los bloques están definidos por grietas de baja severidad.	
			M	Los bloques están definidos por grietas de mediana severidad.	
			H	Los bloques están definidos por grietas de alta severidad.	

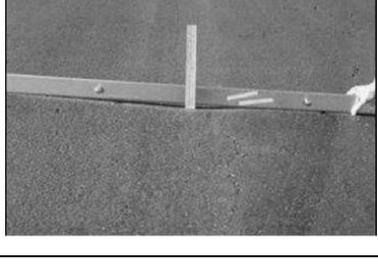
4	Abultamientos y hundimientos (Bumps and Sags)	m	L	Producen una calidad de tránsito de baja severidad.	
			M	Producen una calidad de tránsito de mediana severidad.	
			H	Producen una calidad de tránsito de alta severidad.	
5	Corrugación (Corrugation)	m ²	L	Producen una calidad de tránsito de baja severidad.	
			M	Producen una calidad de tránsito de mediana severidad.	
			H	Producen una calidad de tránsito de alta severidad.	

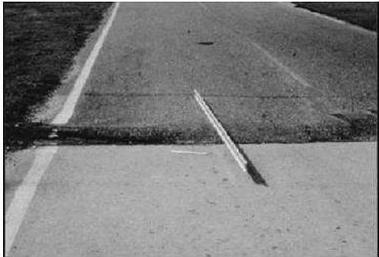
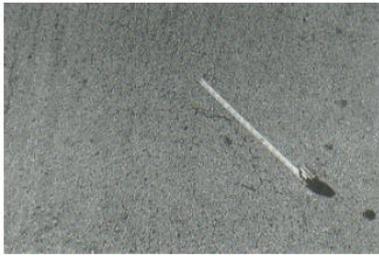
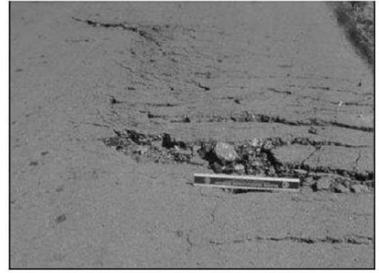
6	Depresión (Depression)	m ²	L	13 a 25mm (1/2 a 1 pulgada)	
			M	25 a 50mm (1 a 2 pulgadas)	
			H	Más de 50mm (2 pulgadas)	
7	Fisura de borde (Edge Cracking)	m	L	Bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento.	
			M	Mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento.	
			H	Fragmentación o desprendimiento considerable a lo largo del borde.	

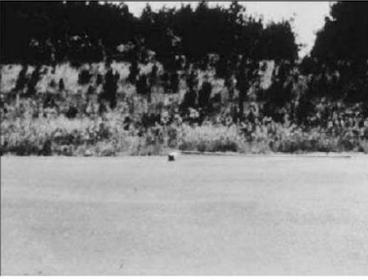
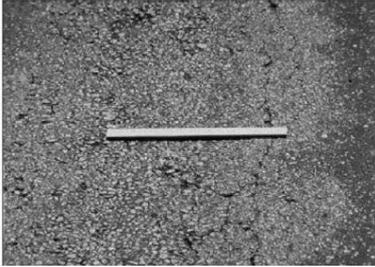
<p>8</p>	<p>Fisura de reflexión de junta (De losas de concreto longitudinales o transversales) (Joint Reflection Cracking)</p>	<p>m</p>	<p>L</p> <p>Se cumple una de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm (3/8 pulgada). • Fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones). 	
			<p>M</p> <p>Se cumple una de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm (3/8 pulgada) y menor a 75mm (3 pulgadas). • Fisura sin relleno menor o igual a 75mm (3 pulgadas) rodeada de fisuras secundarias leves. • Fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras secundarias leves. 	
			<p>H</p> <p>Se cumple una de las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cualquier fisura con o sin relleno rodeada de fisuras secundarias de mediana o alta severidad. • Fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm (3 pulgadas). • Fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm (4 pulgadas) del pavimento que la rodea está desprendido o fracturado. 	
<p>9</p>	<p>Desnivel carril-berma (Lane-Shoulder Drop Off)</p>	<p>m</p>	<p>L</p> <p>La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm (1 pulgada) y menor a 50mm (2 pulgadas)</p>	
			<p>M</p> <p>La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm (2 pulgadas) y menor a 100mm (4 pulgadas)</p>	

			H	La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100mm (4 pulgadas)	
10	Fisuras longitudinales y transversales (Longitudinal and transverse cracking)	m	L	Se cumple una de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Fisura sin relleno de ancho menor a 10mm (3/8 pulgada) • Fisura con relleno de cualquier ancho (material de relleno en buenas condiciones). 	
			M	Se cumple una de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10mm (3/8 pulgada) y menor a 75mm (3 pulgadas) • Fisura sin relleno menor o igual a 75mm (3 pulgadas) rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria • Fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras secundarias leves y en forma aleatoria. 	
			H	Se cumple una de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • Cualquier fisura con o sin relleno, rodeada de fisuras secundarias en forma aleatoria, de mediana o alta severidad. • Fisuras sin relleno de ancho mayor a 75mm (3 pulgadas) • Fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100mm (4 pulgadas) del pavimento que la rodea está severamente fracturado. 	
11	Parches y parches de cortes utilitarios (Patching and Utility Cut Patching)	m ²	L	El parche se encuentra en buenas condiciones. La calidad de tránsito es calificada como de baja severidad o mejor.	

			M	El parche esta deteriorado y forma moderada, o la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad, o ambos.	
			H	El parche se encuentra muy deteriorado, o la calidad de tránsito es calificada como de alta severidad, o ambas; en este caso el parche necesita ser reemplazado lo más pronto posible.	
12	Agregado pulido (Polished Aggregate)	m ²		No hay niveles de severidad definidos; sin embargo, el nivel de pulido debe ser claramente notable en la unidad de muestra, y la superficie de agregado debe ser suave al tacto	
13	Baches (Potholes)	No.	L	Ver tabla en Notas	
			M		
			H		

14	Cruce de vía férrea (Railroad Crossing)	m ²	L	Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de baja severidad	
			M	Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de mediana severidad	
			H	Cuando el cruce de vía férrea genera una calidad de tránsito de alta severidad	
15	Ahuellamiento (Rutting)	m ²	L	6 a 13mm (¼ a ½ pulgada) de profundidad	
			M	13 a 25mm (>¼ a 1 pulgada) de profundidad	
			H	> 25mm (> 1 pulgada) de profundidad	

16	Desplazamiento (Shoving)	m ²	L	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.	
			M	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad.	
			H	Cuando el desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad.	
17	Fisura parabólica o por deslizamiento (Slippage Cracking)	m ²	L	Cuando el ancho promedio de la fisura es menor a 10mm (3/8 pulgada).	
			M	Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • El ancho promedio de la fisura es ≥ 10 y < 40mm ($\geq 3/8$ y $< 1\frac{1}{2}$ pulgada). • El área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de fisuras secundarias. 	
			H	Cuando se cumple una de las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> • El ancho promedio de la fisura es > 40 (1½ pulgada). • El área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas. 	

18	Hinchamiento (Swell)	m ²	L	Causa una calidad de tránsito de severidad baja. No siempre son fáciles de distinguir, pero pueden ser detectados manejando a una velocidad límite sobre la sección de pavimento.	
			M	Causa una calidad de tránsito de severidad mediana.	
			H	Causa una calidad de tránsito de severidad alta.	
<i>El nivel de severidad depende del criterio de la calidad del tránsito.</i>					
19	Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados (Weathering and Raveling)	m ²	L	El agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas la superficie comienza a mostrar hoyos. En el caso de derrames, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda.	
			M	Se ha desprendido el ligante o los agregados. La textura en la superficie es moderadamente rugosa y presenta pequeños hoyos. En el caso de derrames de aceite, la superficie es suave y puede ser penetrada con una moneda.	
			H	El desprendimiento del ligante y el agregado es considerable. La textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas son menores a 10mm en diámetro y menores a 13mm en profundidad; las áreas ahuecadas mayores que estas son consideradas baches. Para el caso de los derrames de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto de liga y el agregado ha comenzado a perderse.	

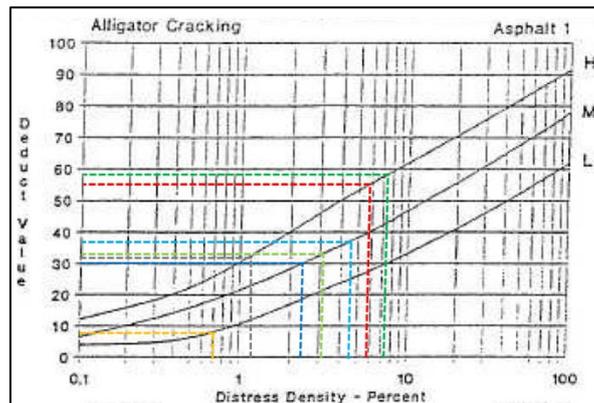
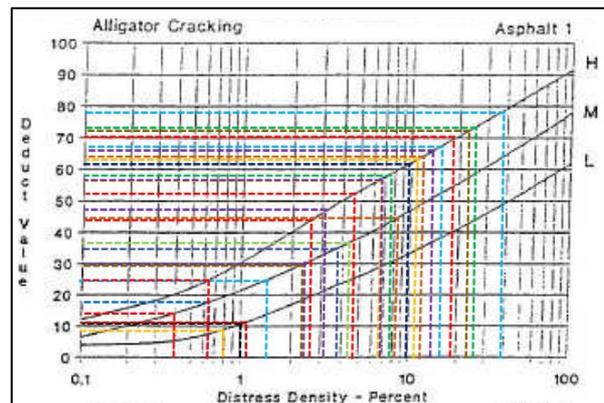
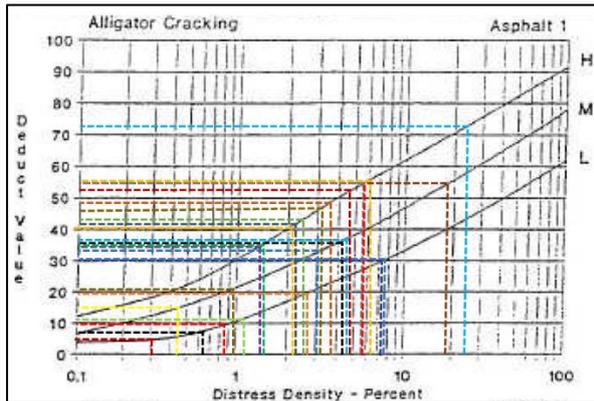
Notas:

Máxima profundidad del Bache	Diámetro Promedio (mm) (pulgada)		
	100 a 200mm (4 a 8 pulgadas)	200 a 450mm (8 a 18 pulgadas)	450 a 750mm (18 a 30 pulgadas)
13 a ≤ 25mm (1/2 a 1 pulgada)	L	L	M
>25 y ≤ 50mm (1 a 2 pulgadas)	L	M	H
> 50mm (2 pulgadas)	M	M	H

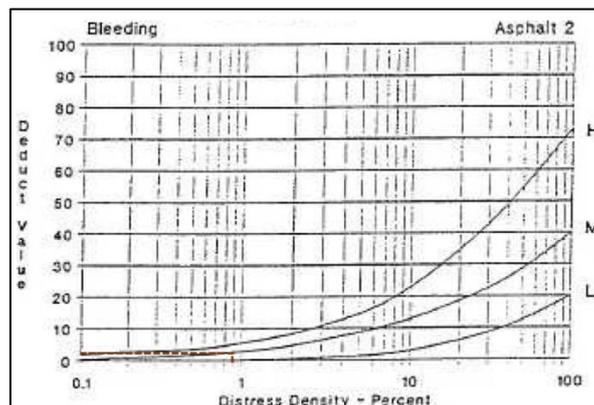
Anexo C: Curvas de Valores Deducidos para Asfalto

Se muestran las curvas usadas para obtener los valores deducidos de cada unidad del tramo de análisis, con base en la densidad obtenida.

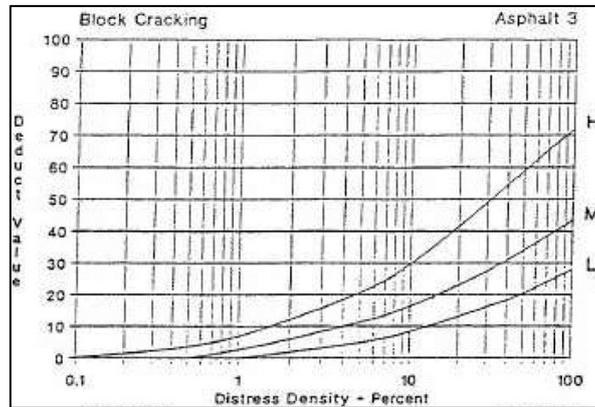
Piel de Cocodrilo



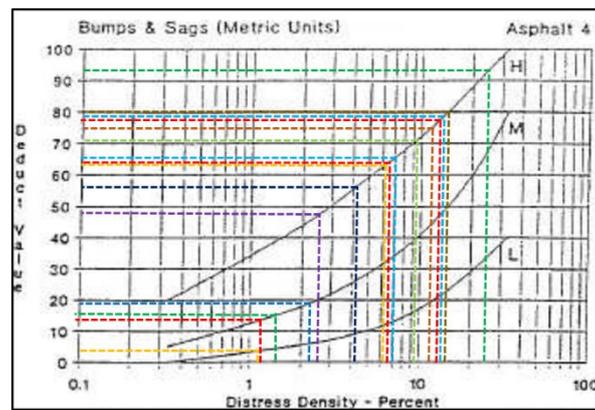
Exudación



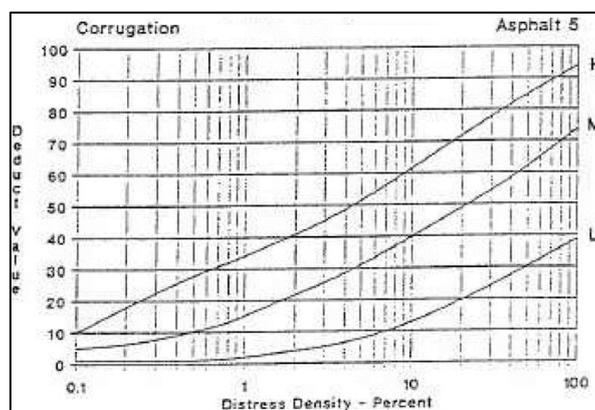
Fisuras en bloque



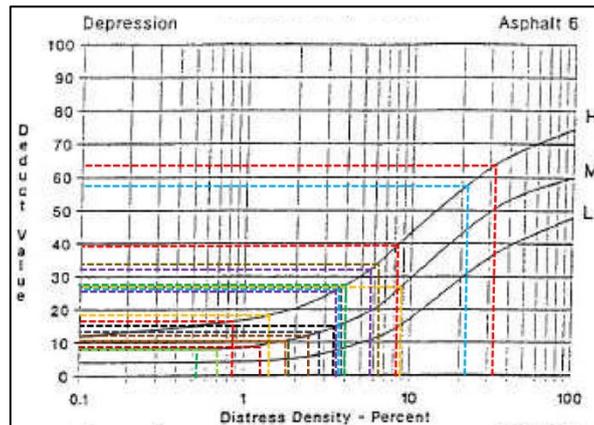
Abultamientos y hundimientos



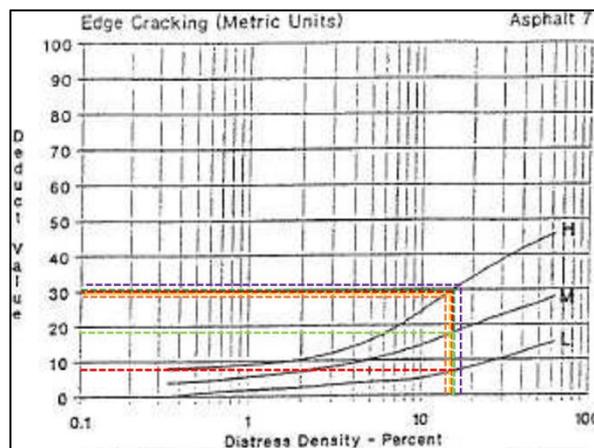
Corrugación



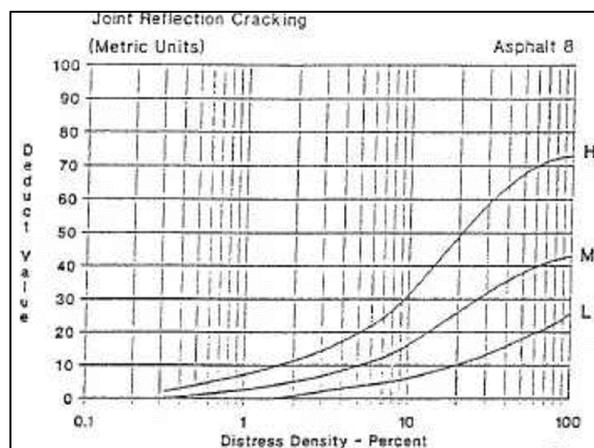
Depresión



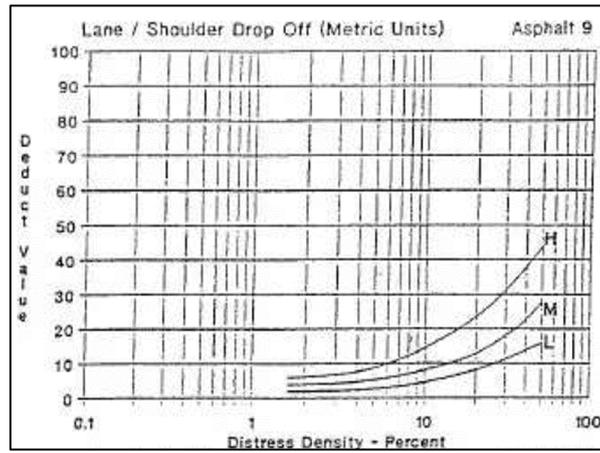
Fisura de borde



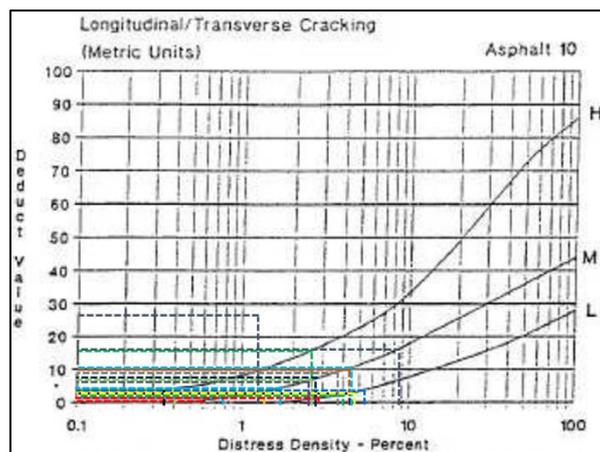
Fisura de reflexión de junta



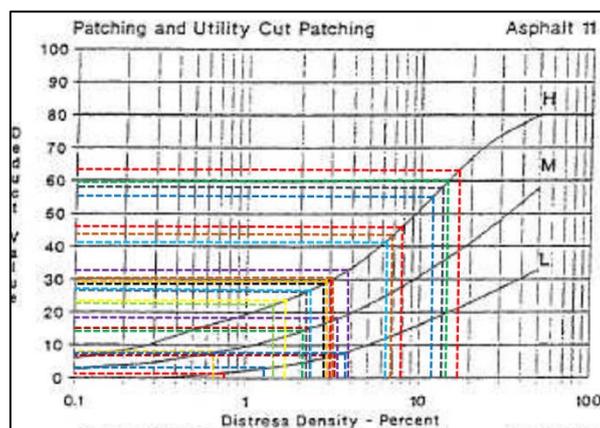
Desnivel carril-berma



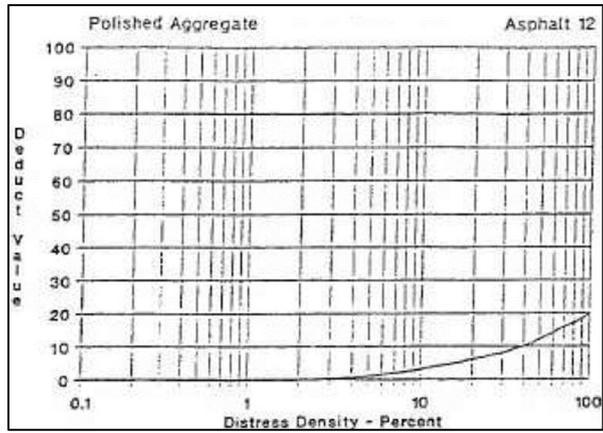
Fisuras longitudinales y transversales



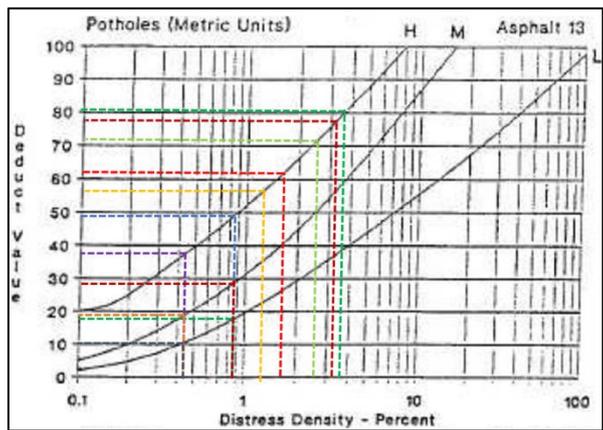
Paches y parches de cortes utilitarios



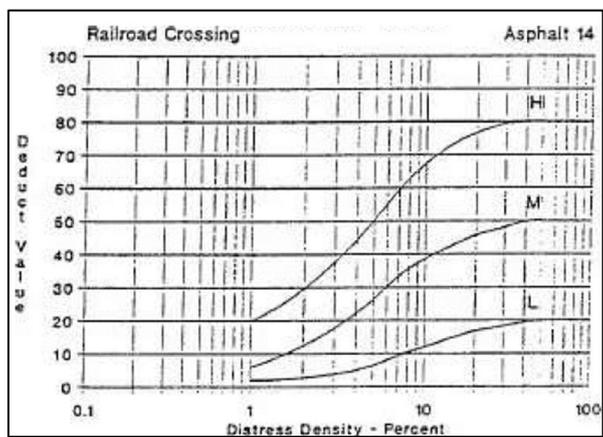
Agregado pulido



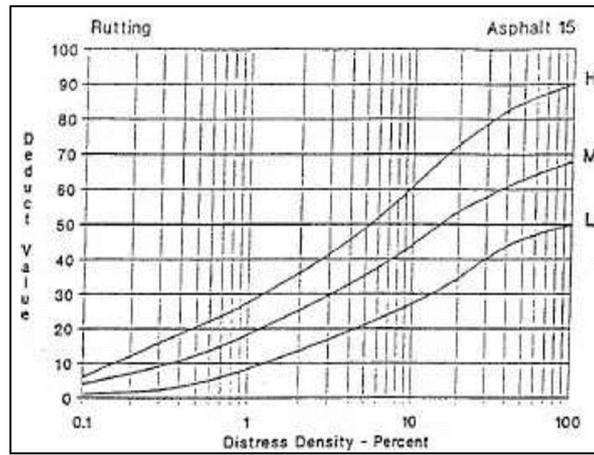
Baches



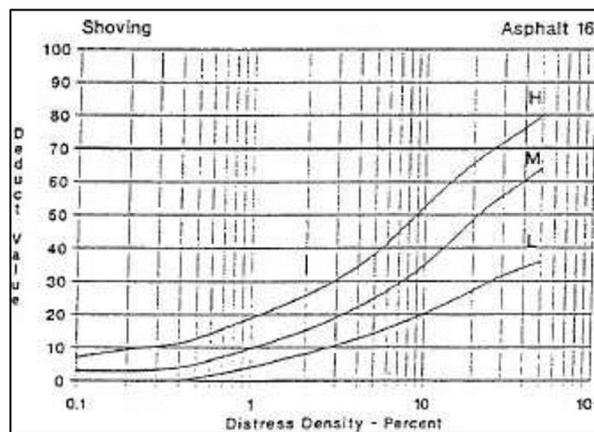
Cruce de vía férrea



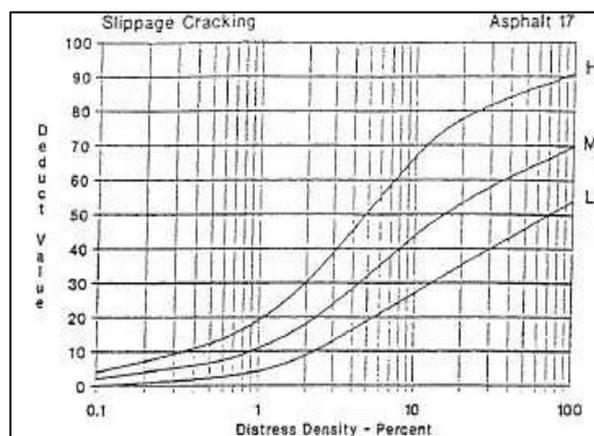
Ahuellamiento



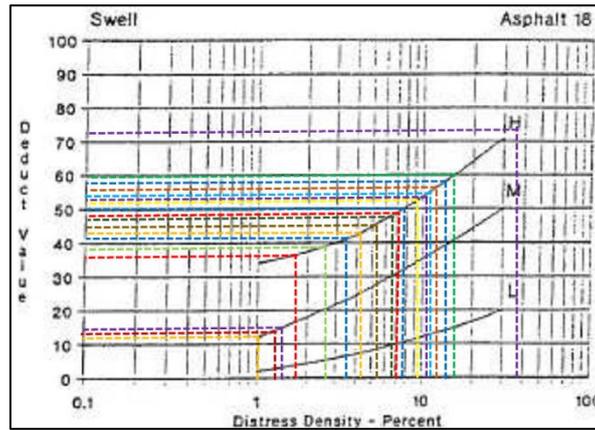
Desplazamiento



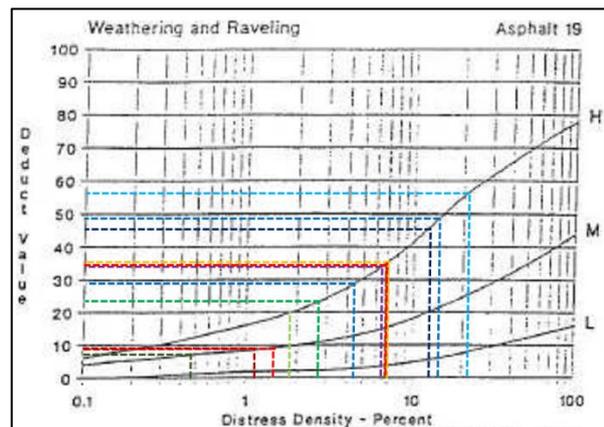
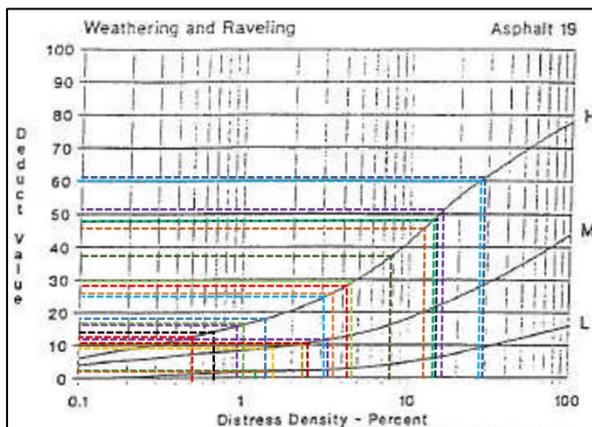
Fisura parabólica o por deslizamiento



Hinchamiento



Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados



Anexo D: Valor de PCI corregido por Unidad

Se muestran las tablas de cálculo para la obtención del PCI de cada unidad del tramo analizado.

Unidad de Muestra 1

TRAMO	1
UNIDAD	1

m	4.66	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	60.10	34.00	30.00	9.80	2.20	136.10	5	71.00
2	60.10	34.00	30.00	9.80	2.00	135.90	4	76.10
3	60.10	34.00	30.00	2.00	2.00	128.10	3	78.10
4	60.10	34.00	2.00	2.00	2.00	100.10	2	70.20
5	60.10	2.00	2.00	2.00	2.00	68.10	1	68.10

Max. CDV	78.10
PCI	21.90
Rating	Muy Malo

Unidad de Muestra 2

TRAMO	1
UNIDAD	2

m	5.04	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	56.00	49.00	37.00	30.00	13.00	0.16	185.16	5
2	56.00	49.00	37.00	30.00	2.00	0.16	174.16	4
3	56.00	49.00	37.00	2.00	2.00	0.16	146.16	3
4	56.00	49.00	2.00	2.00	2.00	0.16	111.16	2
5	56.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.16	64.16	1

Max. CDV	90.10
PCI	9.90
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 3

TRAMO	1
UNIDAD	3

m	2.65	OK
---	------	----

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	82.00	55.00	31.53	168.53	3	96.00
2	82.00	55.00	2.00	139.00	2	90.00
3	82.00	2.00	2.00	86.00	1	86.00

Max. CDV	96.00
PCI	4.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 4

TRAMO	1
UNIDAD	4

m	3.57	OK
---	------	----

#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	72.00	45.00	36.00	17.10	170.10	4	91.00
2	72.00	45.00	36.00	2.00	155.00	3	90.00
3	72.00	45.00	2.00	2.00	121.00	2	82.00
4	72.00	2.00	2.00	2.00	78.00	1	78.00

Max. CDV	91.00
PCI	9.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 5

TRAMO	1
UNIDAD	5

m	4.95	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	57.00	43.50	35.00	33.30	28.50	197.30	5	93.00
2	57.00	43.50	35.00	33.30	2.00	170.80	4	91.00
3	57.00	43.50	35.00	2.00	2.00	139.50	3	84.00
4	57.00	43.50	2.00	2.00	2.00	106.50	2	56.00
5	57.00	2.00	2.00	2.00	2.00	65.00	1	65.00

Max. CDV	93.00
PCI	7.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 6

TRAMO	1
UNIDAD	6

m	4.67	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	60.00	55.00	48.50	30.00	12.06	205.56	5	95.67
2	60.00	55.00	48.50	30.00	2.00	195.50	4	98.00
3	60.00	55.00	48.50	2.00	2.00	167.50	3	96.00
4	60.00	55.00	2.00	2.00	2.00	121.00	2	82.00
5	60.00	2.00	2.00	2.00	2.00	68.00	1	68.00

Max. CDV	98.00
PCI	2.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 7

TRAMO	1
UNIDAD	7

m	5.09	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV	
1	55.50	49.00	41.00	30.00	27.00	1.89	204.39	5	95.32
2	55.50	49.00	41.00	30.00	2.00	1.89	179.39	4	94.00
3	55.50	49.00	41.00	2.00	2.00	1.89	151.39	3	88.00
4	55.50	49.00	2.00	2.00	2.00	1.89	112.39	2	78.00
5	55.50	2.00	2.00	2.00	2.00	1.89	65.39	1	65.39

Max. CDV	95.32
PCI	4.68
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 8

TRAMO	1
UNIDAD	8

m	5.32	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV	
1	53.00	42.00	37.00	30.00	27.00	0.64	189.64	5	91.50
2	53.00	42.00	37.00	30.00	2.00	0.64	164.64	4	89.90
3	53.00	42.00	37.00	2.00	2.00	0.64	136.64	3	82.00
4	53.00	42.00	2.00	2.00	2.00	0.64	101.64	2	70.80
5	53.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.64	61.64	1	61.80

Max. CDV	91.50
PCI	8.50
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 9

TRAMO	1
UNIDAD	9

m	6.51	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	40.05	37.50	30.00	26.50		134.05	4	76.00
2	40.05	37.50	30.00	2.00		109.55	3	68.00
3	40.05	37.50	2.00	2.00		81.55	2	59.00
4	40.05	2.00	2.00	2.00		46.05	1	46.00

Max. CDV	76.00
PCI	24.00
Rating	Muy Malo

Unidad de Muestra 10

TRAMO	1
UNIDAD	10

m	6.23	OK
---	------	----

#	Valor Deducido						TDV	q	CDV	
1	43.00	30.00	26.00	19.90	19.50	15.00	0.03	153.43	6	74.10
2	43.00	30.00	26.00	19.90	19.50	2.00	0.03	140.43	5	73.00
3	43.00	30.00	26.00	19.90	2.00	2.00	0.03	122.93	4	70.00
4	43.00	30.00	26.00	2.00	2.00	2.00	0.03	105.03	3	66.00
5	43.00	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.03	81.03	2	58.50
6	43.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.03	53.03	1	53.03

Max. CDV	74.10
PCI	25.90
Rating	Malo

Unidad de Muestra 11

TRAMO	1
UNIDAD	11

m	5.32	OK
---	------	----

#	Valor Deducido						TDV	q	CDV	
1	53.00	30.50	30.00	18.00	10.50	2.88		144.88	6	71.50
2	53.00	30.50	30.00	18.00	10.50	2.00		144.00	5	74.50
3	53.00	30.50	30.00	18.00	2.00	2.00		135.50	4	76.50
4	53.00	30.50	30.00	2.00	2.00	2.00		119.50	3	73.50
5	53.00	30.50	2.00	2.00	2.00	2.00		91.50	2	64.70
6	53.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		63.00	1	63.00

Max. CDV	76.50
PCI	23.50
Rating	Muy Malo

Unidad de Muestra 12

TRAMO	1
UNIDAD	12

m	4.12	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	66.00	58.00	57.00	48.50	4.38	233.88	5	100.00
2	66.00	58.00	57.00	48.50	2.00	231.50	4	100.00
3	66.00	58.00	57.00	2.00	2.00	185.00	3	100.00
4	66.00	58.00	2.00	2.00	2.00	130.00	2	86.00
5	66.00	2.00	2.00	2.00	2.00	74.00	1	74.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 13

TRAMO	1
UNIDAD	13

m	4.58	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	61.00	57.00	47.00	37.50	19.72	222.22	5	100.00
2	61.00	57.00	47.00	37.50	2.00	204.50	4	98.20
3	61.00	57.00	47.00	2.00	2.00	169.00	3	96.00
4	61.00	57.00	2.00	2.00	2.00	124.00	2	84.00
5	61.00	2.00	2.00	2.00	2.00	69.00	1	69.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 14

TRAMO	1
UNIDAD	14

m	4.95	OK
---	------	----

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	57.00	41.50	38.00	37.50	28.50	202.50	5	94.75
2	57.00	41.50	38.00	37.50	2.00	176.00	4	93.00
3	57.00	41.50	38.00	2.00	2.00	140.50	3	84.00
4	57.00	41.50	2.00	2.00	2.00	104.50	2	73.50
5	57.00	2.00	2.00	2.00	2.00	65.00	1	65.00

Max. CDV	94.75
PCI	5.25
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 15

TRAMO	1
UNIDAD	15

m	2.84
---	------

OK

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	80.00	72.00	56.28	208.28	3	100.00
2	80.00	72.00	2.00	154.00	2	96.00
3	80.00	2.00	2.00	84.00	1	84.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 16

TRAMO	1
UNIDAD	16

m	6.23
---	------

OK

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	43.00	30.00	19.00	18.00	12.50	122.50	5	63.50
2	43.00	30.00	19.00	18.00	2.00	112.00	4	64.00
3	43.00	30.00	19.00	2.00	2.00	96.00	3	60.50
4	43.00	30.00	2.00	2.00	2.00	79.00	2	57.50
5	43.00	2.00	2.00	2.00	2.00	51.00	1	51.00

Max. CDV	64.00
PCI	36.00
Rating	Malo

Unidad de Muestra 17

TRAMO	1
UNIDAD	17

m	4.95
---	------

OK

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	57.00	56.00	48.00	45.00	32.30	238.30	5	100.00
2	57.00	56.00	48.00	45.00	2.00	208.00	4	100.00
3	57.00	56.00	48.00	2.00	2.00	165.00	3	95.00
4	57.00	56.00	2.00	2.00	2.00	119.00	2	81.00
5	57.00	2.00	2.00	2.00	2.00	65.00	1	65.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 18

TRAMO	1
UNIDAD	18

m	7.43
---	------

OK

#	Valor Deducido						TDV	q	CDV
1	30.00	29.80	20.00	10.50	4.00	0.00	94.30	5	49.00
2	30.00	29.80	20.00	10.50	2.00	0.00	92.30	4	53.00
3	30.00	29.80	20.00	2.00	2.00	0.00	83.80	3	54.00
4	30.00	29.80	2.00	2.00	2.00	0.00	65.80	2	48.00
5	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	38.00	1	38.00

Max. CDV	54.00
PCI	46.00
Rating	Regular

Unidad de Muestra 19

TRAMO	1
UNIDAD	19

m	5.41
---	------

OK

#	Valor Deducido						TDV	q	CDV
1	52.00	39.00	30.00	22.00	13.00	4.92	160.92	6	78.00
2	52.00	39.00	30.00	22.00	13.00	2.00	158.00	5	81.00
3	52.00	39.00	30.00	22.00	2.00	2.00	147.00	4	82.00
4	52.00	39.00	30.00	2.00	2.00	2.00	127.00	3	77.80
5	52.00	39.00	2.00	2.00	2.00	2.00	99.00	2	70.00
6	52.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	62.00	1	62.00

Max. CDV	82.00
PCI	18.00
Rating	Muy Malo

Unidad de Muestra 20

TRAMO	1
UNIDAD	20

m	3.02
---	------

OK

#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	78.00	71.00	68.00	1.04	218.04	3	100.00
1	78.00	71.00	2.00	1.04	152.04	2	95.00
1	78.00	2.00	2.00	1.04	83.04	1	83.04

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 21

TRAMO	1
UNIDAD	21

m	4.44
---	------

OK

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	62.50	60.30	38.50	36.00	13.20	210.50	5	97.15
2	62.50	60.30	38.50	36.00	2.00	199.30	4	98.00
3	62.50	60.30	38.50	2.00	2.00	165.30	3	95.00
4	62.50	60.30	2.00	2.00	2.00	128.80	2	86.00
5	62.50	2.00	2.00	2.00	2.00	70.50	1	70.50

Max. CDV	98.00
PCI	2.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 22

TRAMO	1
UNIDAD	22

m	2.65
---	------

OK

#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	82.00	48.00	24.05	154.05	3	90.00	
2	82.00	48.00	2.00	132.00	2	87.00	
3	82.00	2.00	2.00	86.00	1	86.00	

Max. CDV	90.00
PCI	10.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 23

TRAMO	1
UNIDAD	23

m	3.76
---	------

OK

#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	70.00	63.00	60.00	33.44	226.44	4	100.00
2	70.00	63.00	60.00	2.00	195.00	3	100.00
3	70.00	63.00	2.00	2.00	137.00	2	89.90
4	70.00	2.00	2.00	2.00	76.00	1	76.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 24

TRAMO	1
UNIDAD	24

m	2.84
---	------

OK

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	80.00	78.00	55.44	213.44	3	100.00
2	80.00	78.00	2.00	160.00	2	98.00
3	80.00	2.00	2.00	84.00	1	84.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 25

TRAMO	1
UNIDAD	25

m	1.64
---	------

OK

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	93.00	46.40		139.40	2	90.00
2	93.00	2.00		95.00	1	95.00

Max. CDV	95.00
PCI	5.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 26

TRAMO	1
UNIDAD	26

m	1.00
---	------

OK

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	100.00			100.00	1	100.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 27

TRAMO	1
UNIDAD	27

m	2.93
---	------

OK

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	79.00	72.00	53.94	204.94	3	100.00
2	79.00	72.00	2.00	153.00	2	96.00
3	79.00	2.00	2.00	83.00	1	83.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 28

TRAMO	1
UNIDAD	28

m	7.43
---	------

OK

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	30.00	23.00	7.96	60.96	3	39.00
2	30.00	23.00	2.00	55.00	2	42.00
3	30.00	2.00	2.00	34.00	1	34.00

Max. CDV	42.00
PCI	58.00
Rating	Bueno

Unidad de Muestra 29

TRAMO	1
UNIDAD	29

m	3.39
---	------

OK

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV	
1	74.00	65.00	63.00	21.84	223.84	4	100.00
2	74.00	65.00	63.00	2.00	204.00	3	100.00
3	74.00	65.00	2.00	2.00	143.00	2	92.00
4	74.00	2.00	2.00	2.00	80.00	1	80.00

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 30

TRAMO	1
UNIDAD	30

m	8.48
---	------

OK

#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	18.50	10.00	28.50	2	21.00
2	18.50	2.00	20.50	1	20.50

Max. CDV	21.00
PCI	79.00
Rating	Muy Bueno

Unidad de Muestra 31

TRAMO	1
UNIDAD	31

m	5.04
---	------

OK

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV	
1	56.00	55.50	50.00	47.00	37.50	1.28	247.28	5	100.00
2	56.00	55.50	50.00	47.00	2.00	1.28	211.78	4	100.00
3	56.00	55.50	50.00	2.00	2.00	1.28	166.78	3	95.30
4	56.00	55.50	2.00	2.00	2.00	1.28	118.78	2	81.50
5	56.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.28	65.28	1	65.28

Max. CDV	100.00
PCI	0.00
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 32

TRAMO	1
UNIDAD	32

m	4.81
---	------

OK

#	Valor Deducido					TDV	q	CDV
1	58.50	56.00	43.00	30.00	23.90	211.40	5	97.42
2	58.50	56.00	43.00	30.00	2.00	189.50	4	96.00
3	58.50	56.00	43.00	2.00	2.00	161.50	3	93.50
4	58.50	56.00	2.00	2.00	2.00	120.50	2	82.00
5	58.50	2.00	2.00	2.00	2.00	66.50	1	66.50

Max. CDV	97.42
PCI	2.58
Rating	Fallado

Unidad de Muestra 33

TRAMO	1
UNIDAD	33

m	7.43
---	------

OK

#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	30.00	8.00	4.00	2.50	44.50	4	22.50
2	30.00	8.00	4.00	2.00	44.00	3	26.80
3	30.00	8.00	2.00	2.00	42.00	2	31.00
4	30.00	2.00	2.00	2.00	36.00	1	36.00

Max. CDV	36.00
PCI	64.00
Rating	Bueno

Unidad de Muestra 34

TRAMO	1
UNIDAD	34

m	9.45
---	------

OK

#	Valor Deducido	TDV	q	CDV
1	8.00	8.00	1	8.00

Max. CDV	8.00
PCI	92.00
Rating	Excelente

Unidad de Muestra 35

TRAMO	1
UNIDAD	35

m	9.45
---	------

OK

#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	8.00	7.80	3.00	18.80	3	8.50
2	8.00	7.80	2.00	17.80	2	11.80
3	8.00	2.00	2.00	12.00	1	12.00

Max. CDV	12.00
PCI	88.00
Rating	Excelente

Unidad de Muestra 36

TRAMO	1
UNIDAD	36

m	9.45
---	------

OK

#	Valor Deducido		TDV	q	CDV
1	8.00	2.80	10.80	2	7.80
2	8.00	2.00	10.00	1	10.00

Max. CDV	10.00
PCI	90.00
Rating	Excelente

Unidad de Muestra 37

TRAMO	1
UNIDAD	37

m	6.69
---	------

OK

#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	38.00	10.50	9.00	8.00	65.50	4	36.50
2	38.00	10.50	9.00	2.00	59.50	3	38.00
3	38.00	10.50	2.00	2.00	52.50	2	39.50
4	38.00	2.00	2.00	2.00	44.00	1	44.00

Max. CDV	44.00
PCI	56.00
Rating	Bueno

Unidad de Muestra 38

TRAMO	1
UNIDAD	38

m	7.15
---	------

OK

#	Valor Deducido				TDV	q	CDV
1	33.00	9.80	8.00	2.00	52.80	3	33.00
2	33.00	9.80	2.00	2.00	46.80	2	34.50
3	33.00	2.00	2.00	2.00	39.00	1	39.00

Max. CDV	39.00
PCI	61.00
Rating	Bueno

Unidad de Muestra 39

TRAMO	1
UNIDAD	39

m	7.24
---	------

OK

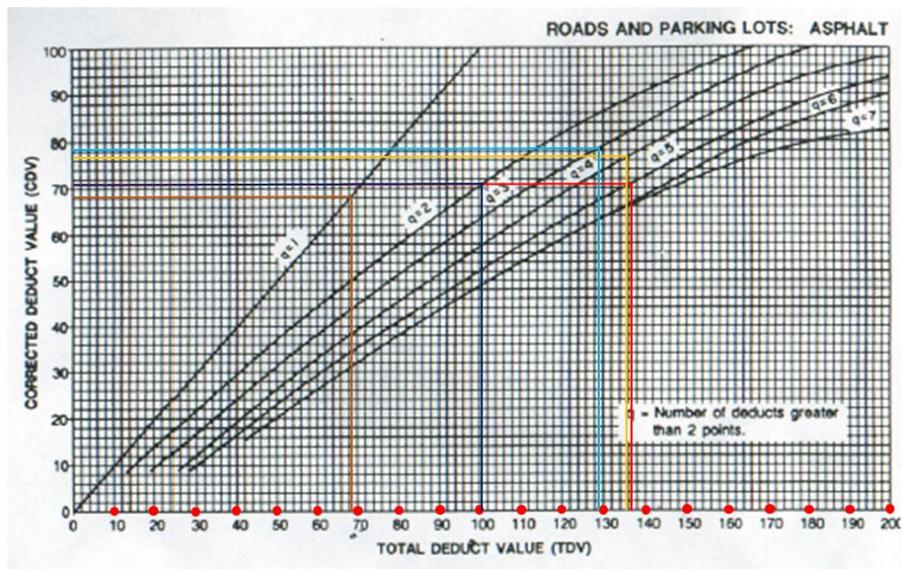
#	Valor Deducido			TDV	q	CDV
1	32.00	8.00	7.00	47.00	3	29.00
2	32.00	8.00	2.00	42.00	2	31.00
3	32.00	2.00	2.00	36.00	1	36.00

Max. CDV	36.00
PCI	64.00
Rating	Bueno

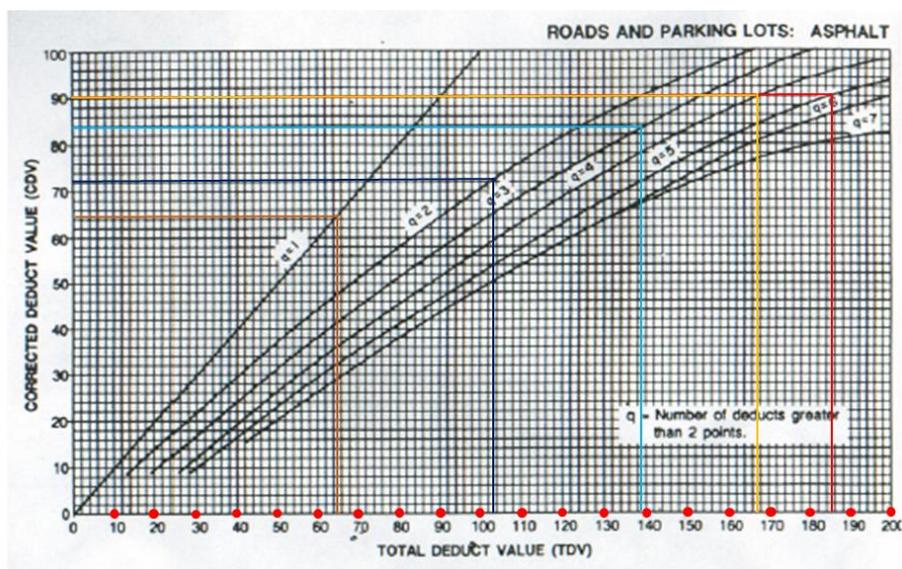
Anexo E: Curvas para Corrección del Valor Deducido del Pavimento Flexible

Se muestran las curvas usadas para obtener los valores deducidos corregidos de cada unidad del tramo de análisis, con base en el valor deducido total.

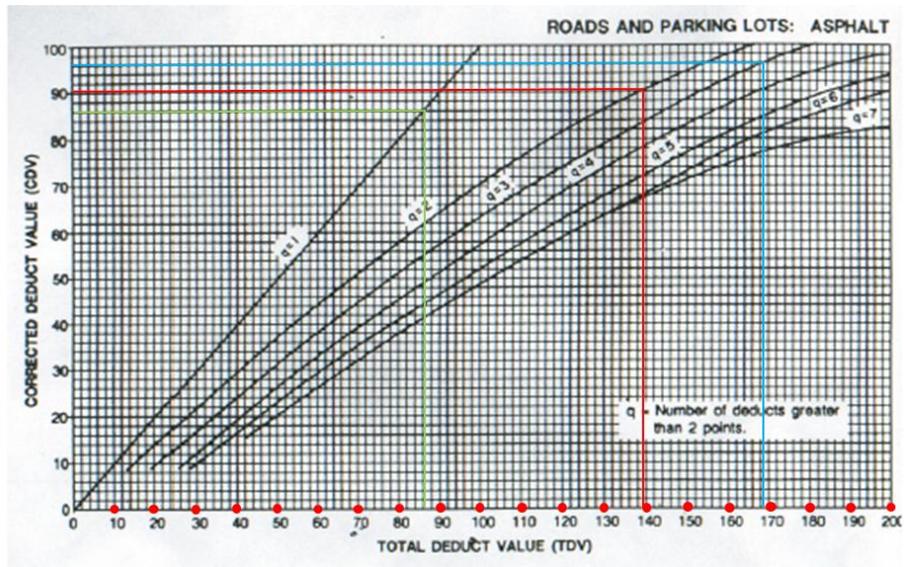
Unidad de Muestra 1



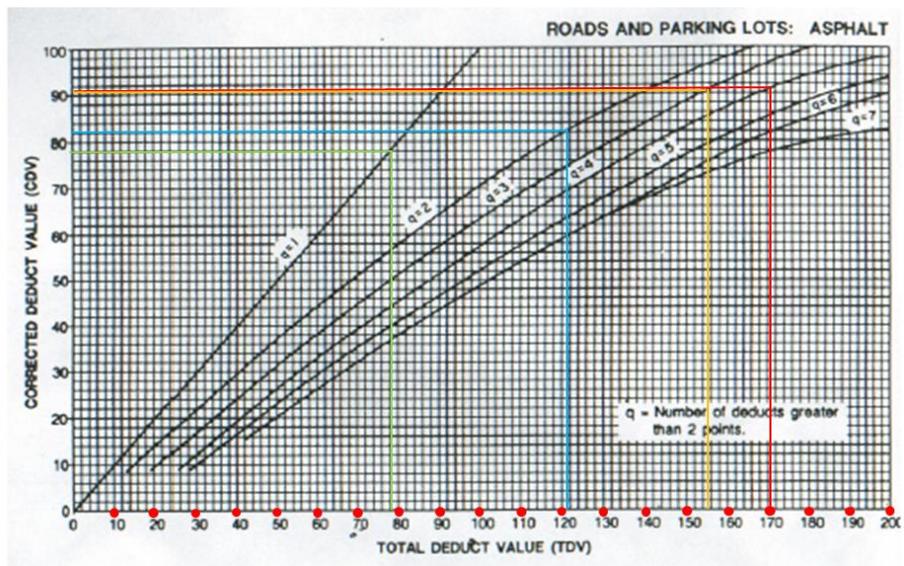
Unidad de Muestra 2



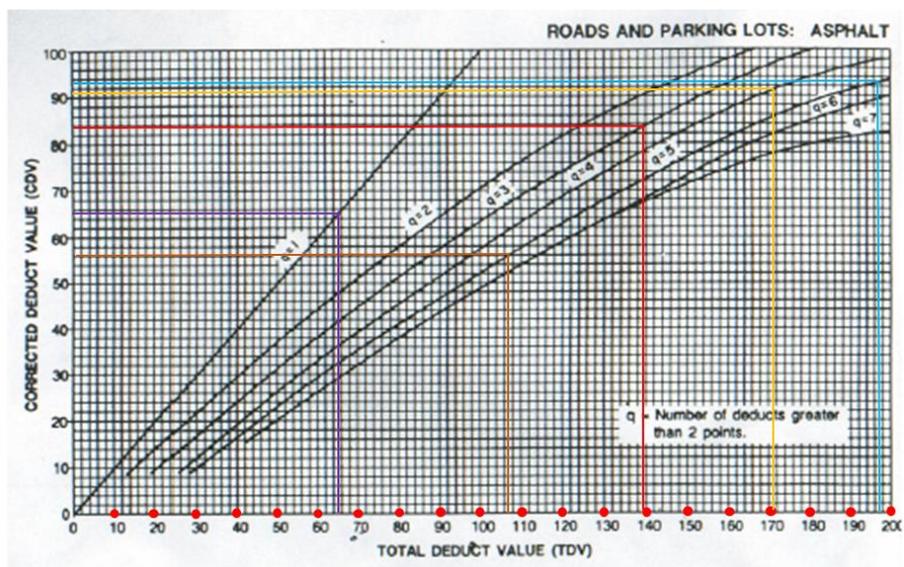
Unidad de Muestra 3



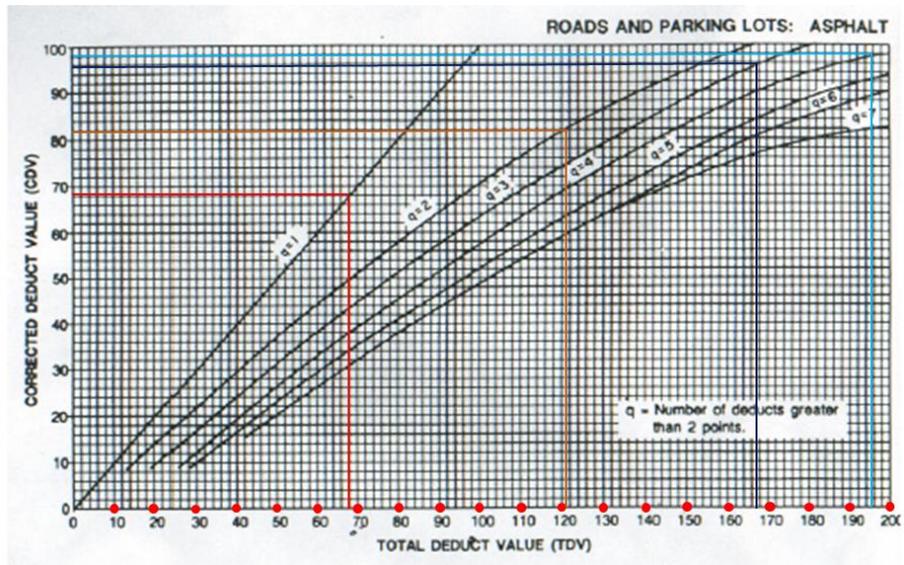
Unidad de Muestra 4



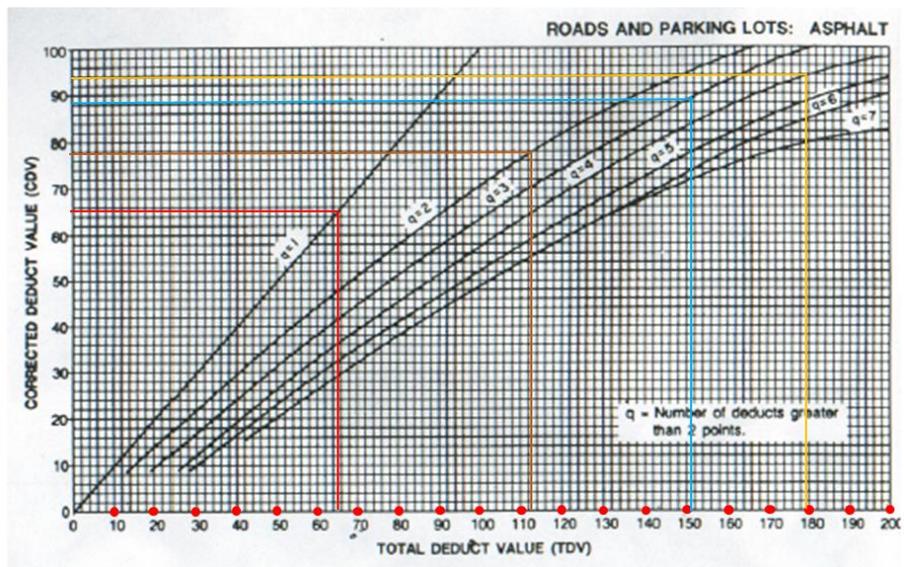
Unidad de Muestra 5



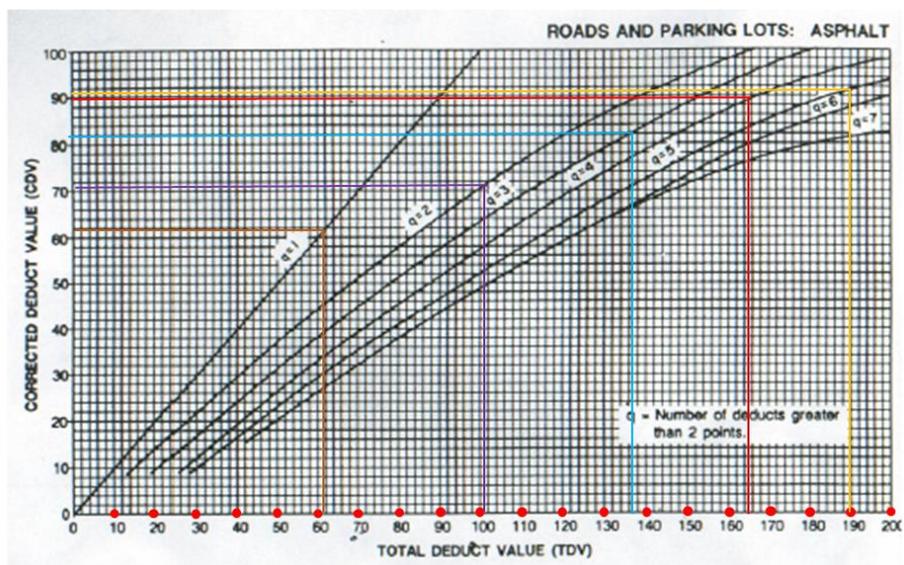
Unidad de Muestra 6



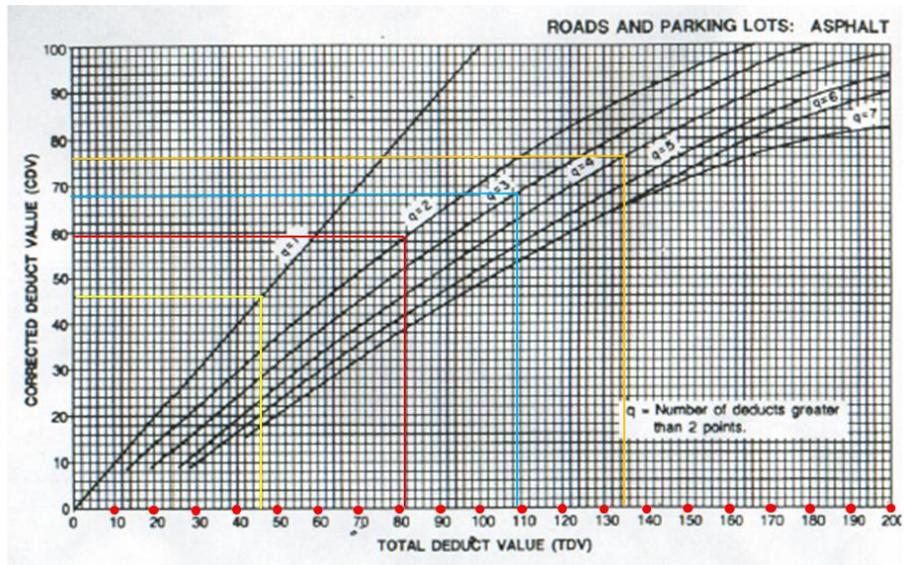
Unidad de Muestra 7



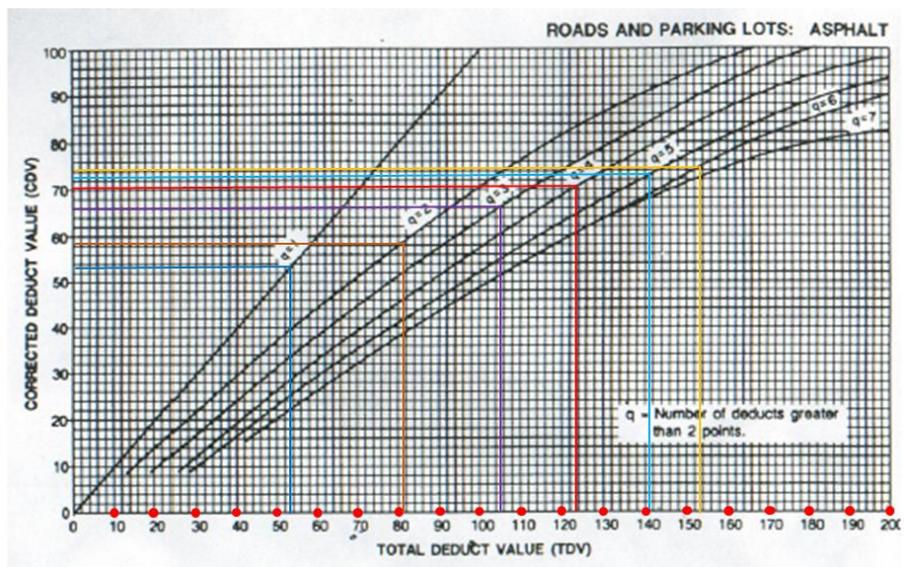
Unidad de Muestra 8



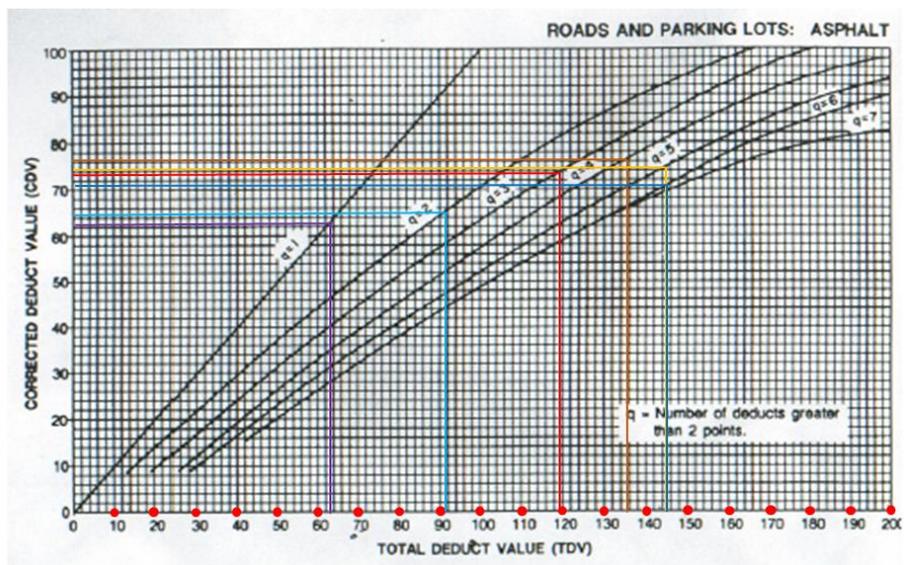
Unidad de Muestra 9



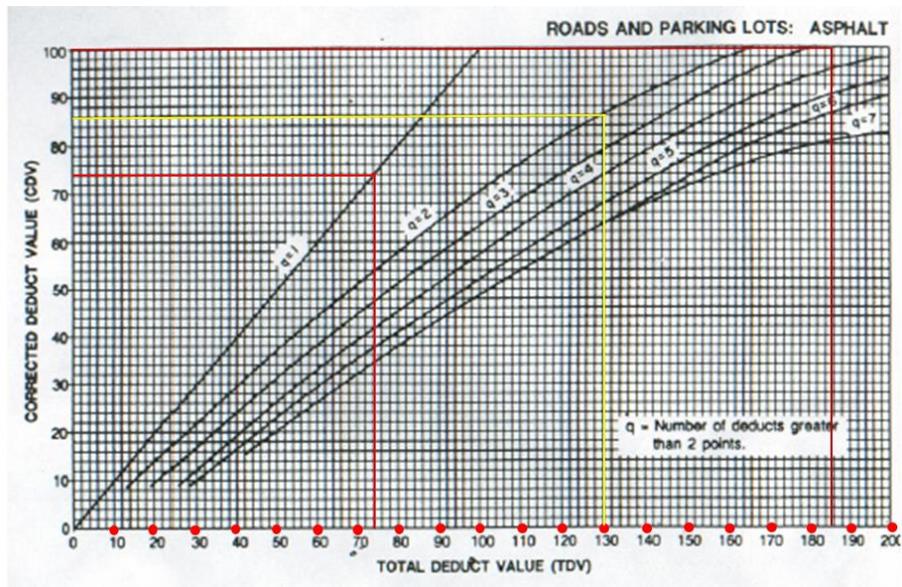
Unidad de Muestra 10



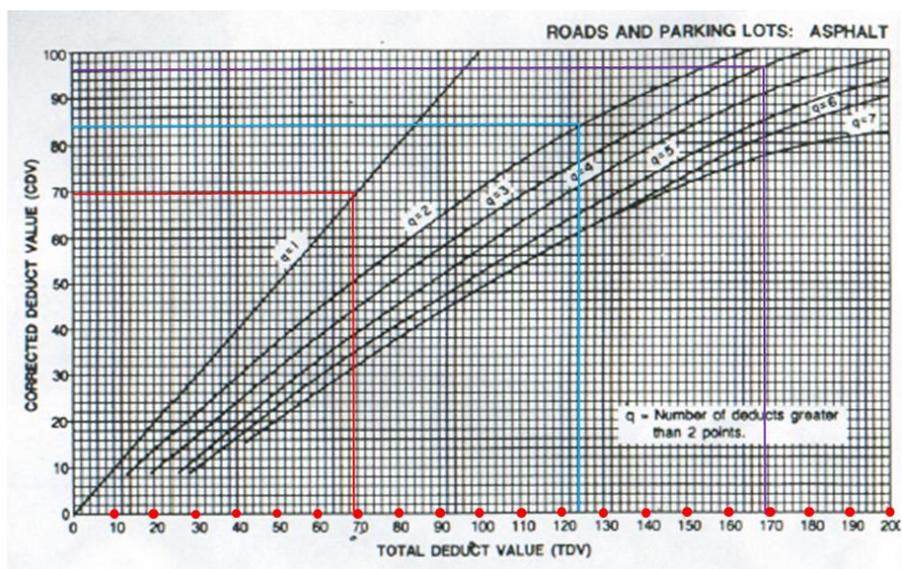
Unidad de Muestra 11



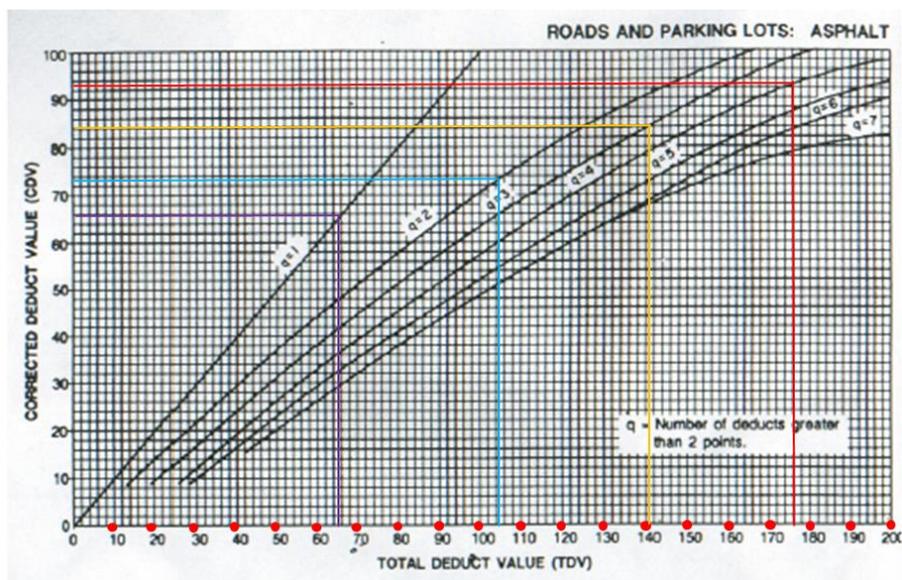
Unidad de Muestra 12



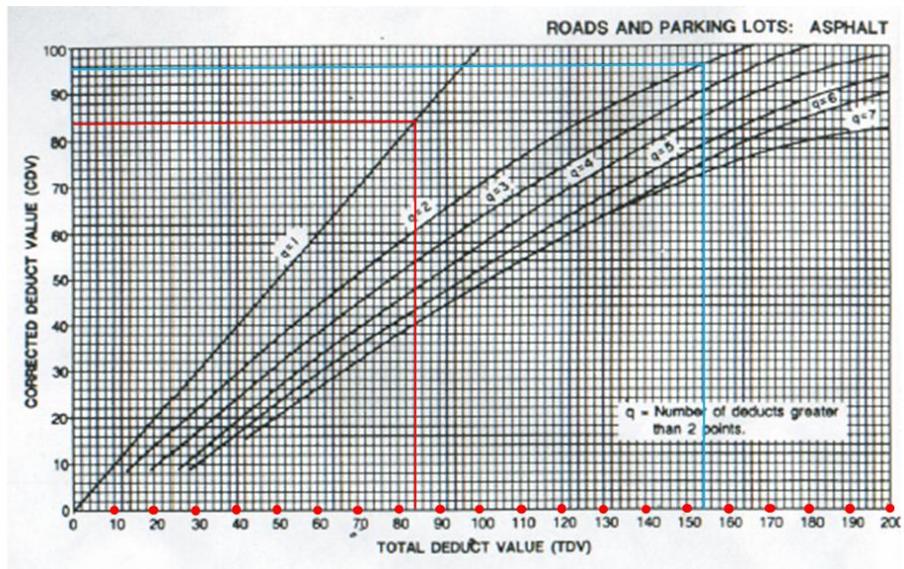
Unidad de Muestra 13



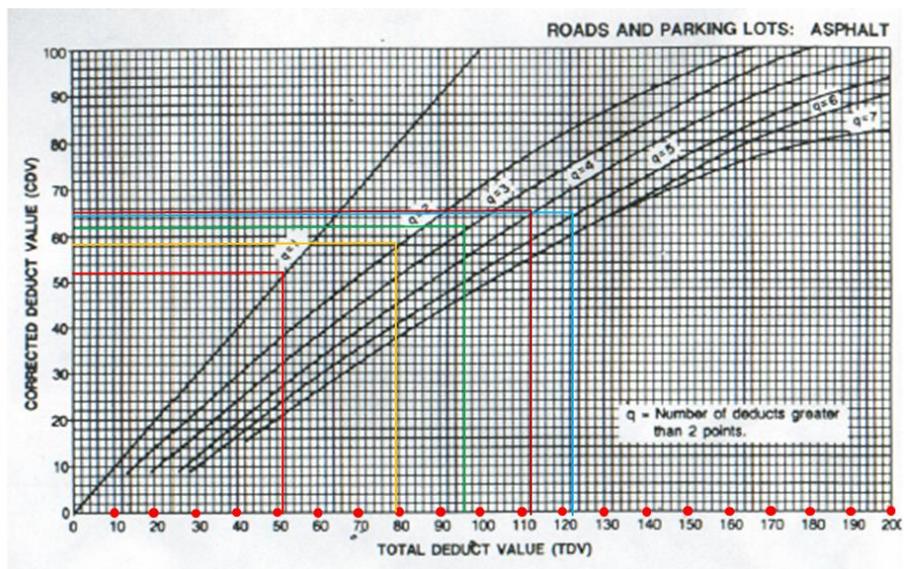
Unidad de Muestra 14



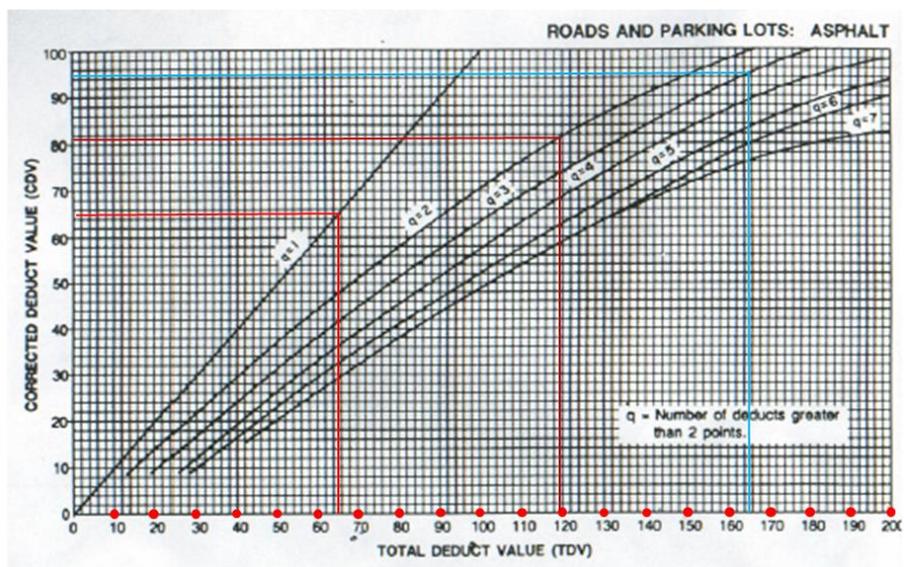
Unidad de Muestra 15



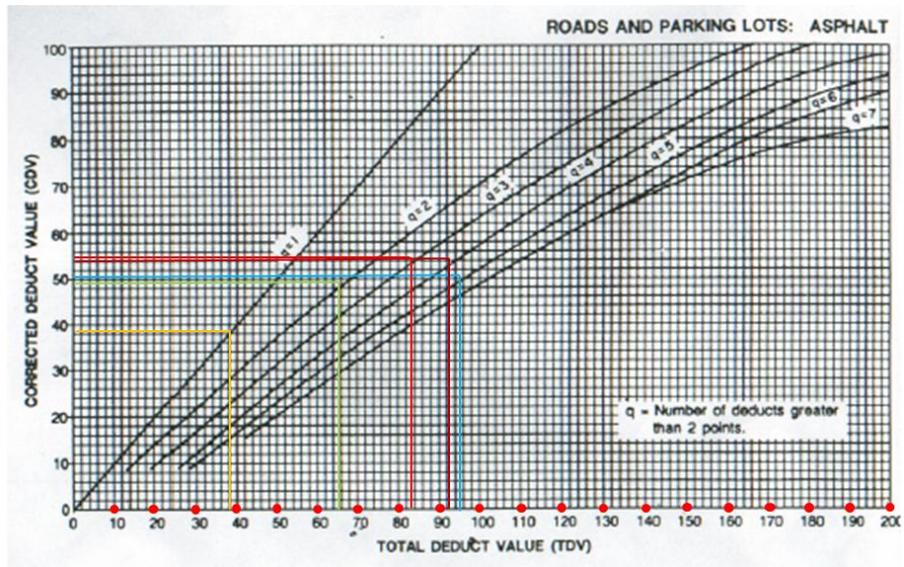
Unidad de Muestra 16



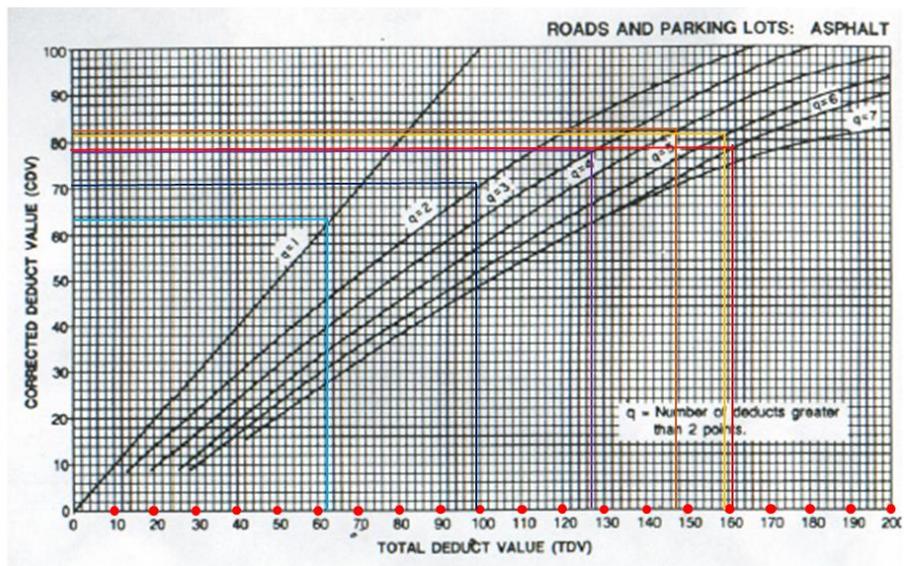
Unidad de Muestra 17



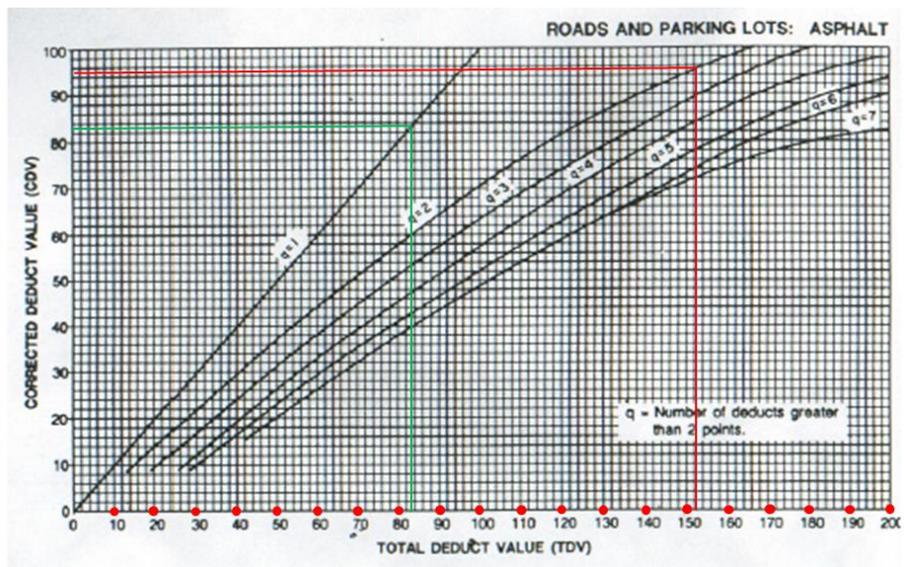
Unidad de Muestra 18



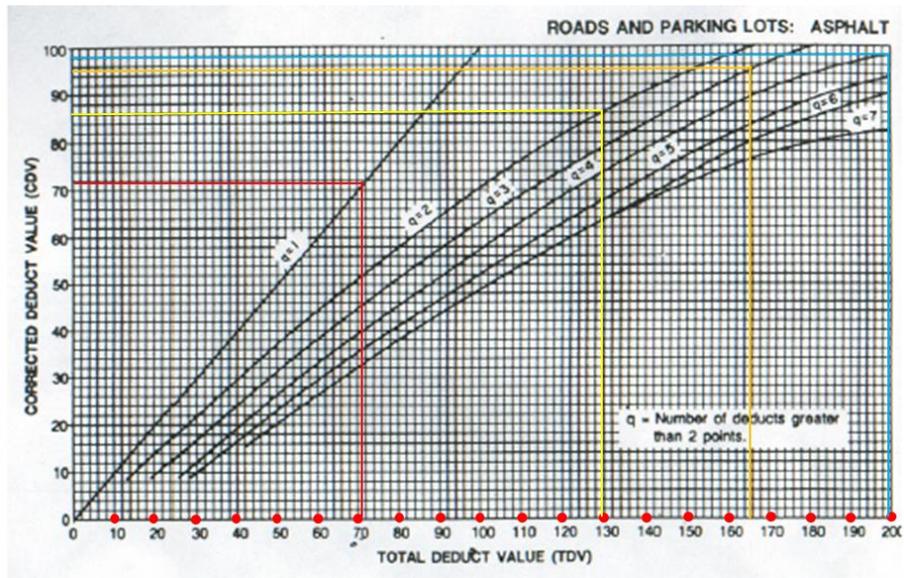
Unidad de Muestra 19



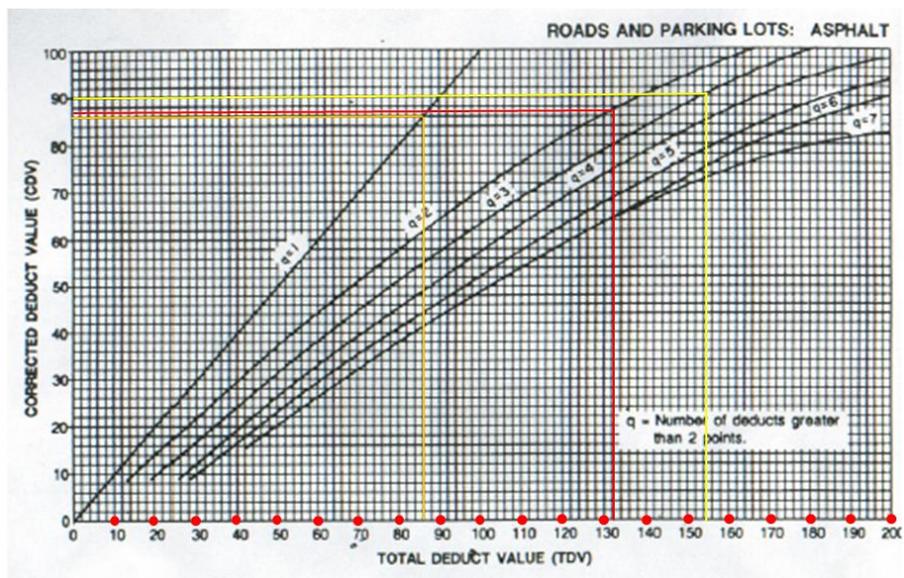
Unidad de Muestra 20



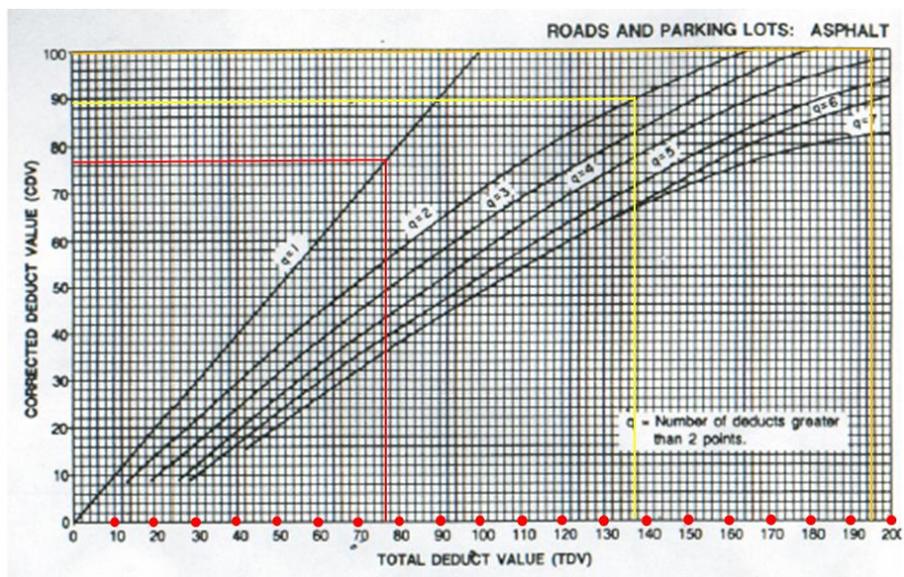
Unidad de Muestra 21



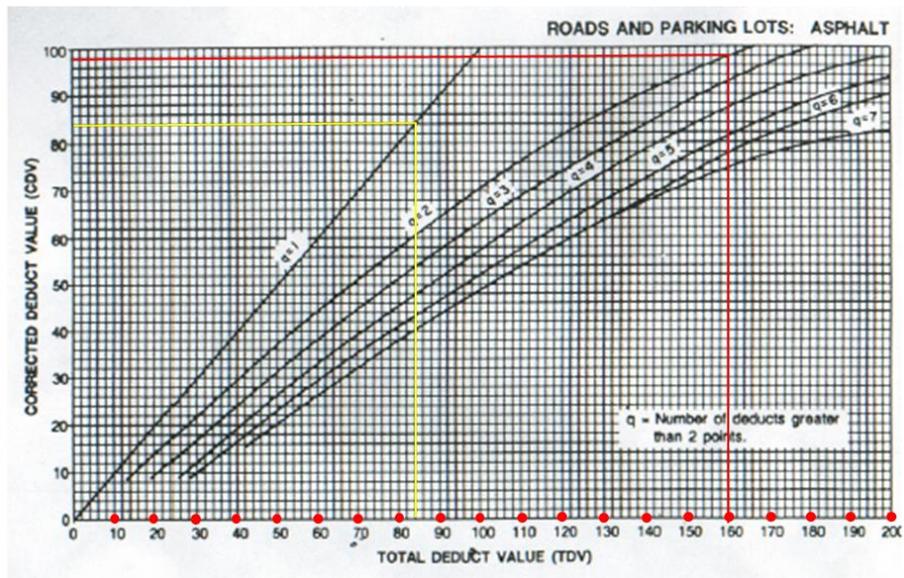
Unidad de Muestra 22



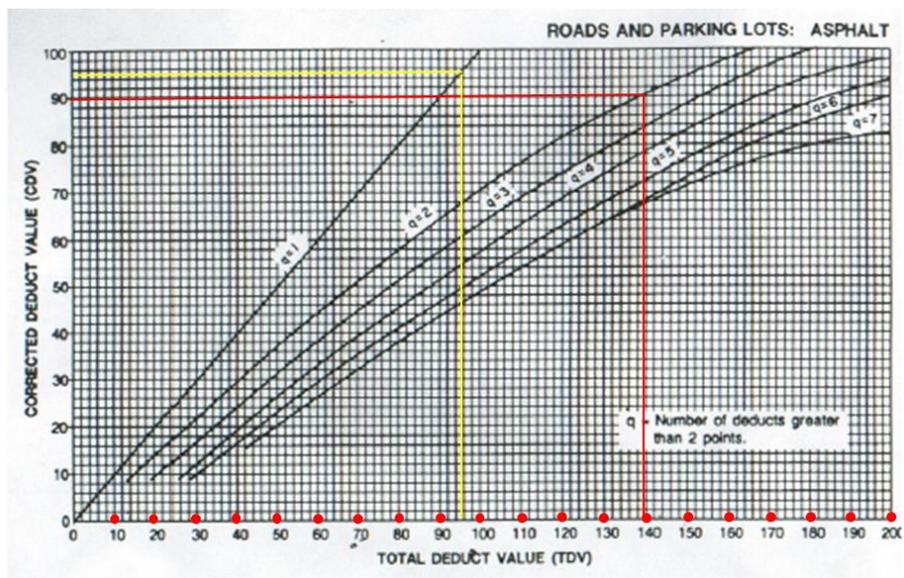
Unidad de Muestra 23



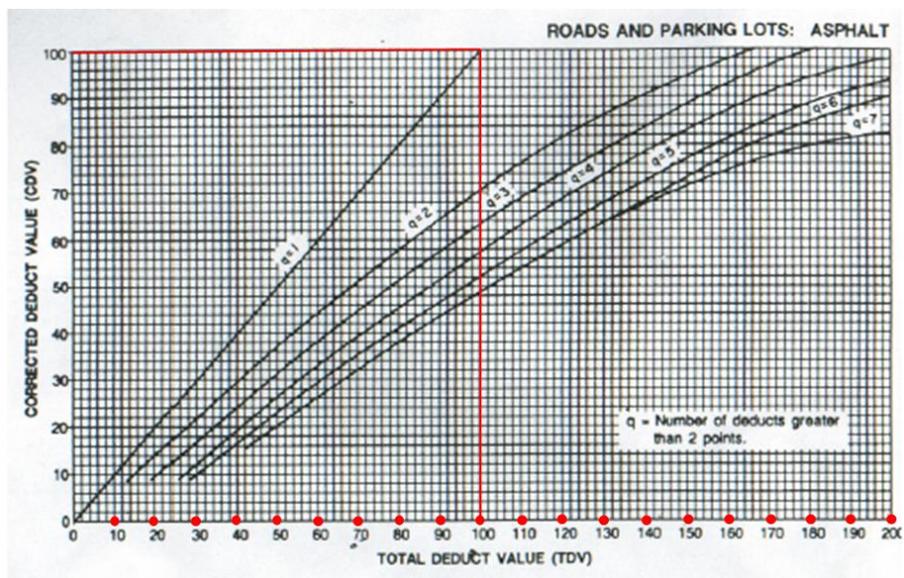
Unidad de Muestra 24



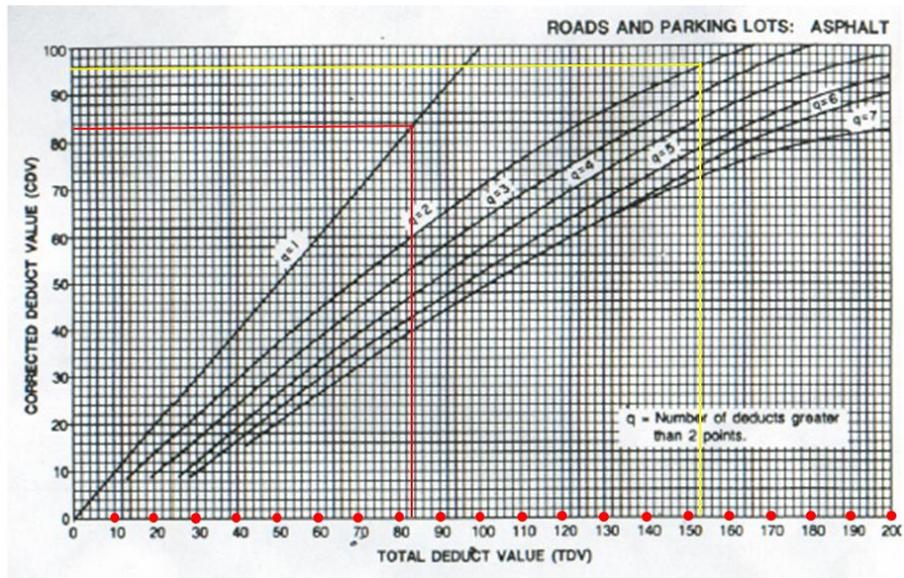
Unidad de Muestra 25



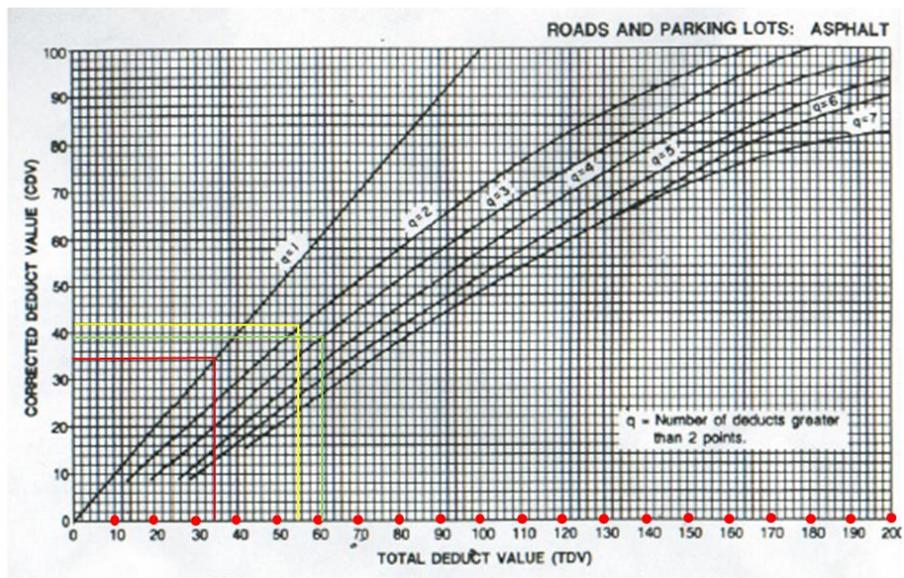
Unidad de Muestra 26



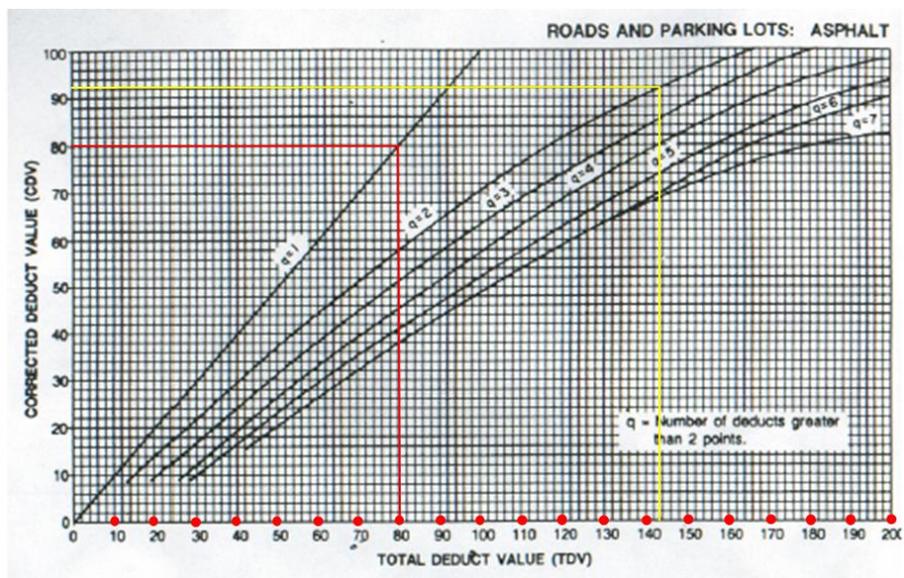
Unidad de Muestra 27



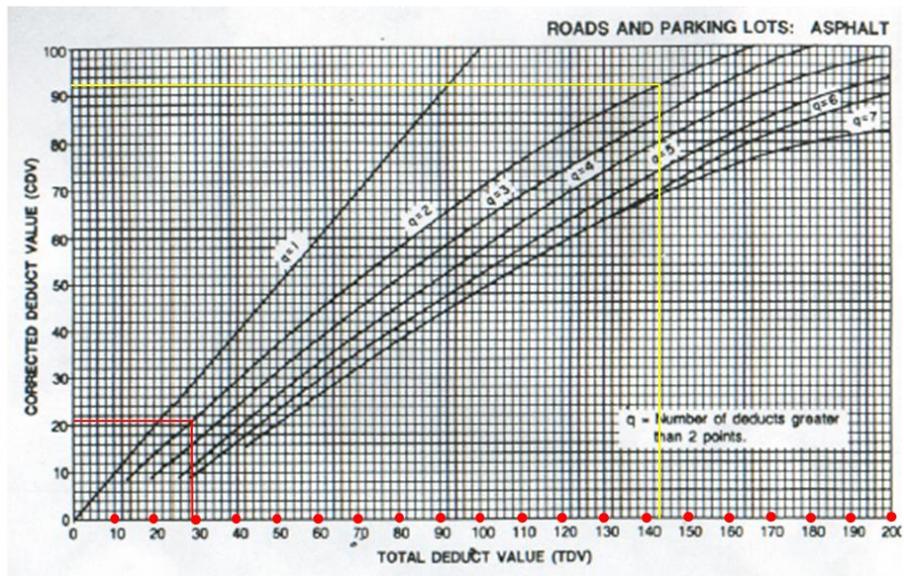
Unidad de Muestra 28



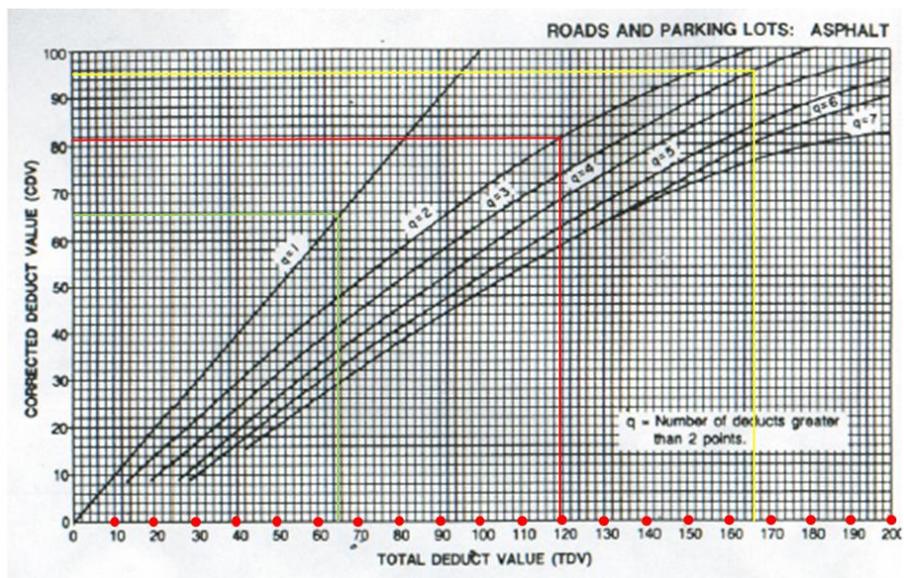
Unidad de Muestra 29



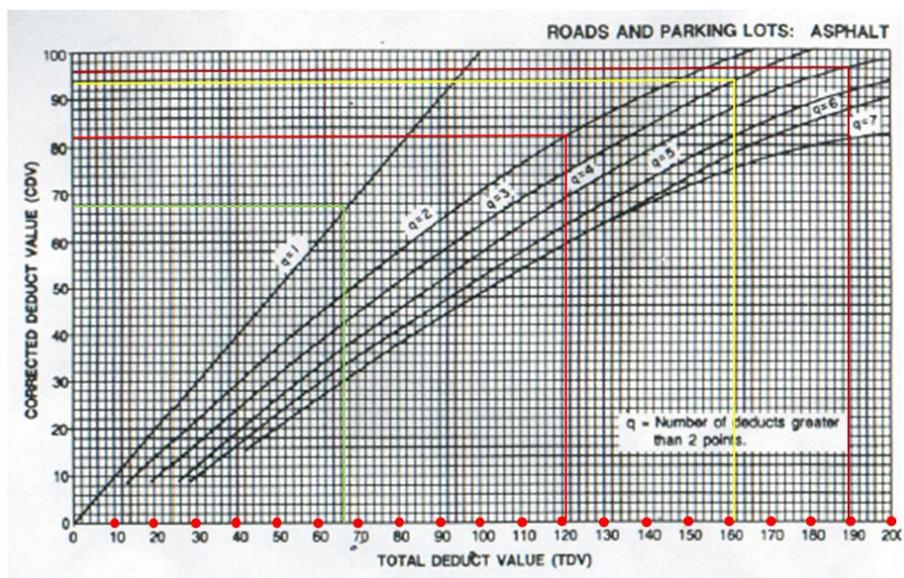
Unidad de Muestra 30



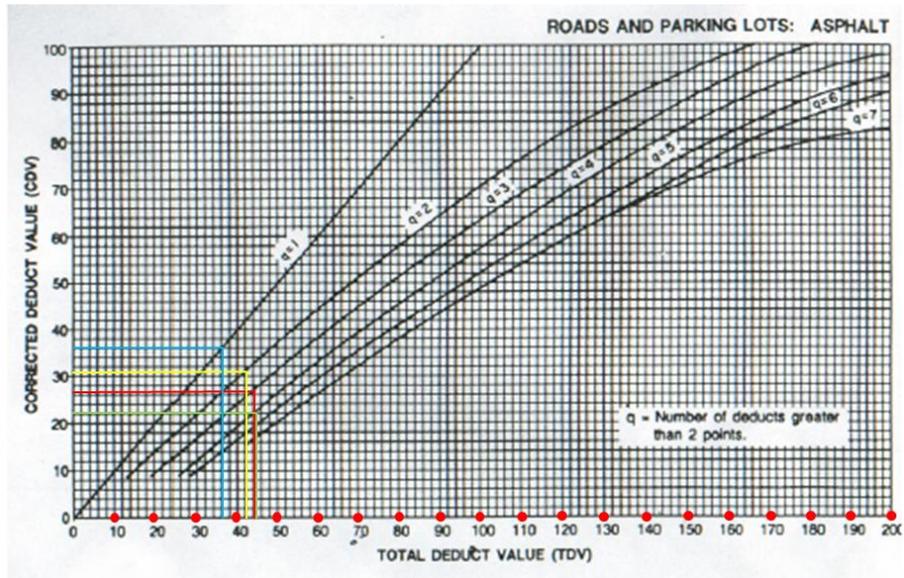
Unidad de Muestra 31



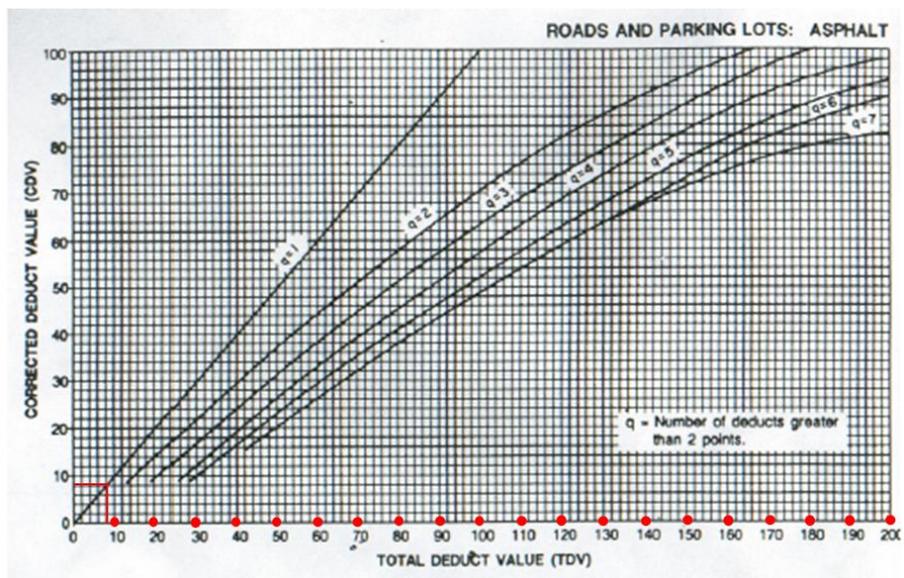
Unidad de Muestra 32



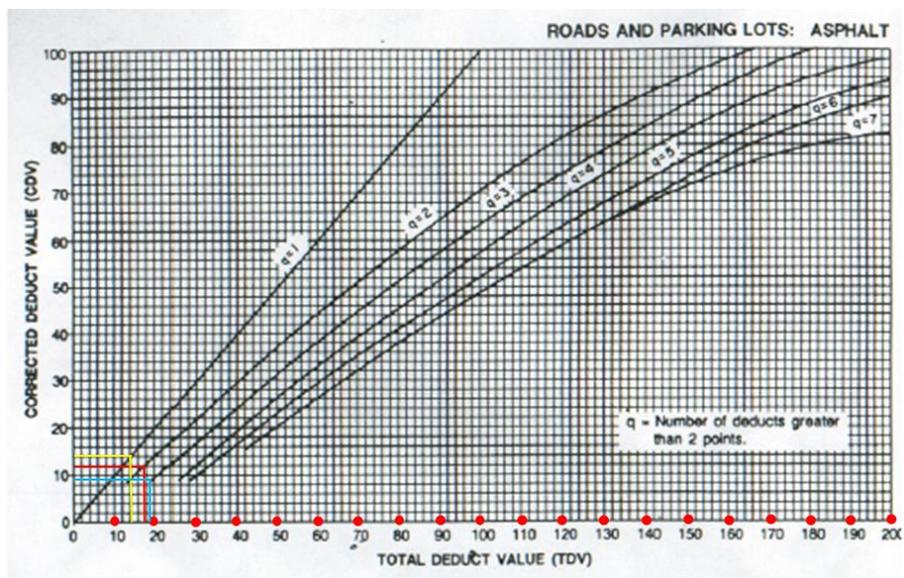
Unidad de Muestra 33



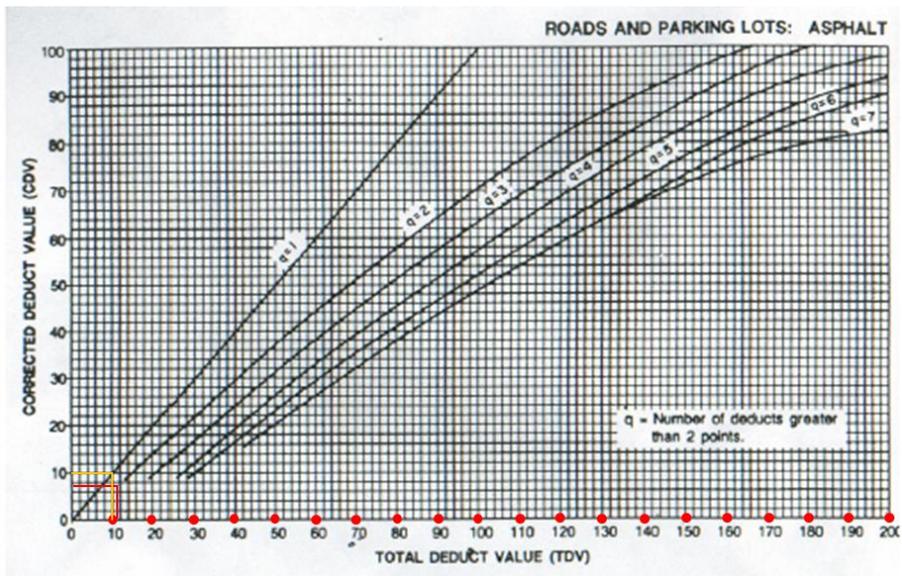
Unidad de Muestra 34



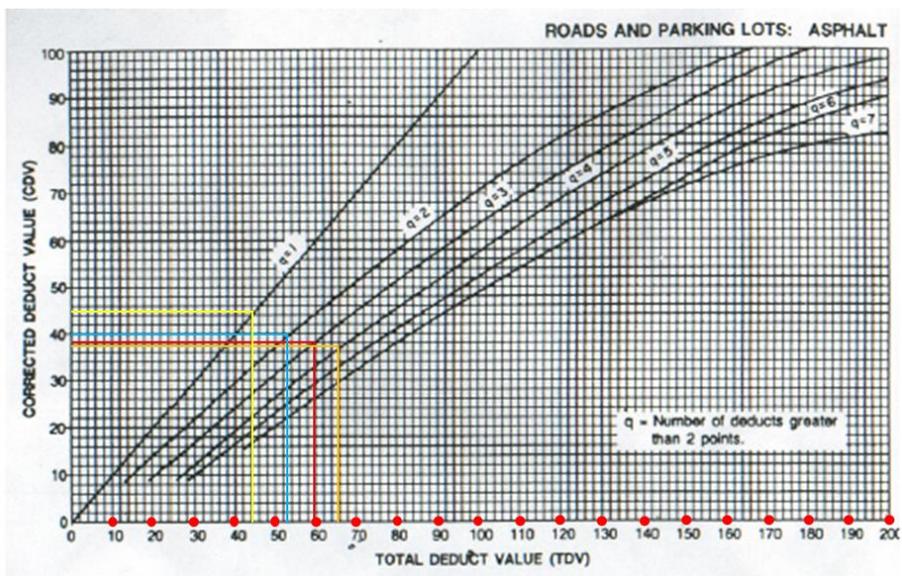
Unidad de Muestra 35



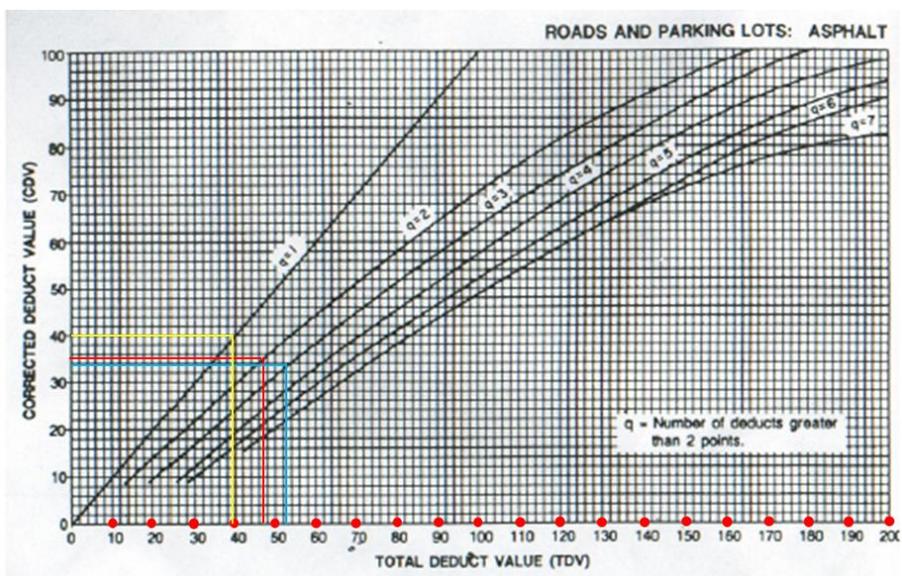
Unidad de Muestra 36

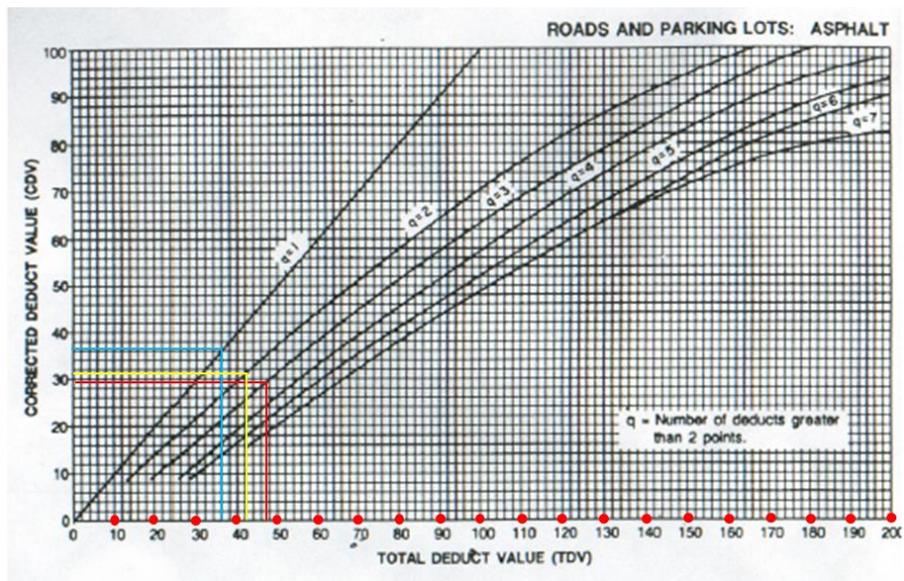


Unidad de Muestra 37



Unidad de Muestra 38



Unidad de Muestra 39

Unidad de muestra	Desde	Hasta	Área (m2)	DAÑOS EVALUADOS POR SEGMENTO															
				DEPRESIÓN			FISURA DE BORDE			FISURA DE REFLEXIÓN DE JUNTA			DESNIVEL CARRIL-BERMA			FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES			
				m2			m			m			m			m			
				BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)
U1	2+000.00	2+038.30	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U2	2+038.30	2+076.60	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U3	2+076.60	2+114.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00
U4	2+114.90	2+153.20	229.80	0.00	0.00	1.94	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U5	2+153.20	2+191.50	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U6	2+191.50	2+229.80	229.80	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U7	2+229.80	2+268.10	229.80	0.00	0.00	8.71	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U8	2+268.10	2+306.40	229.80	0.00	0.00	8.71	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U9	2+306.40	2+344.70	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U10	2+344.70	2+383.00	229.80	0.00	0.00	3.43	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36	2.90	0.00
U11	2+383.00	2+421.30	229.80	0.00	3.20	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.15	0.00
U12	2+421.30	2+459.60	229.80	0.00	1.60	2.03	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.10
U13	2+459.60	2+497.90	229.80	0.00	5.40	14.35	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U14	2+497.90	2+536.20	229.80	0.00	0.00	8.10	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U15	2+536.20	2+574.50	229.80	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U16	2+574.50	2+612.80	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U17	2+612.80	2+651.10	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U18	2+651.10	2+689.40	229.80	0.00	4.20	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.77	0.00
U19	2+689.40	2+727.70	229.80	0.00	4.20	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U20	2+727.70	2+766.00	229.80	0.00	0.00	18.72	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00
U21	2+766.00	2+804.30	229.80	0.00	7.95	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U22	2+804.30	2+842.60	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U23	2+842.60	2+880.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U24	2+880.90	2+919.20	229.80	0.00	20.11	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U25	2+919.20	2+957.50	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U26	2+957.50	2+995.80	229.80	0.00	0.00	75.68	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U27	2+995.80	3+034.10	229.80	0.00	0.00	47.22	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00
U28	3+034.10	3+072.40	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U29	3+072.40	3+110.70	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.17	0.00
U30	3+110.70	3+149.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
U31	3+149.00	3+187.30	229.80	0.00	0.00	13.32	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	6.00	0.00
U32	3+187.30	3+225.60	229.80	0.00	0.00	9.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U33	3+225.60	3+263.90	229.80	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.18	3.90	0.00
U34	3+263.90	3+302.20	229.80	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U35	3+302.20	3+340.50	229.80	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.90	6.12	0.00
U36	3+340.50	3+378.80	229.80	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.51	0.00	0.00
U37	3+378.80	3+417.10	229.80	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.12	0.00
U38	3+417.10	3+455.40	229.80	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.50	8.26	0.00
U39	3+455.40	3+500.00	229.80	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.63	0.00
TOTAL	1500.00		5055.60	0.00	54.44	211.21	268.10	153.20	1069.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.64	80.07	6.10
PCI DEL TRAMO																			
RATING DEL TRAMO																			

Unidad de muestra	Desde	Hasta	Área (m2)	PARCHES Y PARCHES DE CORTES UTILITARIOS			AGREGADO PULIDO			BACHES			CRUCE DE VÍA FÉRREA			AHUELLAMIENTO		
				m2			m2			u			m2			m2		
				BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)
U1	2+000.00	2+038.30	229.80	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U2	2+038.30	2+076.60	229.80	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U3	2+076.60	2+114.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U4	2+114.90	2+153.20	229.80	0.00	0.00	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U5	2+153.20	2+191.50	229.80	0.00	1.54	16.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U6	2+191.50	2+229.80	229.80	0.00	0.00	35.46	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U7	2+229.80	2+268.10	229.80	0.00	0.00	14.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U8	2+268.10	2+306.40	229.80	0.00	0.00	4.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U9	2+306.40	2+344.70	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U10	2+344.70	2+383.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U11	2+383.00	2+421.30	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U12	2+421.30	2+459.60	229.80	0.00	0.00	4.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U13	2+459.60	2+497.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U14	2+497.90	2+536.20	229.80	0.00	7.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U15	2+536.20	2+574.50	229.80	0.00	0.00	32.30	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U16	2+574.50	2+612.80	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U17	2+612.80	2+651.10	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U18	2+651.10	2+689.40	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U19	2+689.40	2+727.70	229.80	7.50	4.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U20	2+727.70	2+766.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U21	2+766.00	2+804.30	229.80	0.00	0.00	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U22	2+804.30	2+842.60	229.80	0.00	5.23	6.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U23	2+842.60	2+880.90	229.80	0.00	0.00	24.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U24	2+880.90	2+919.20	229.80	0.00	1.52	5.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U25	2+919.20	2+957.50	229.80	0.00	0.00	41.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U26	2+957.50	2+995.80	229.80	0.00	0.00	9.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U27	2+995.80	3+034.10	229.80	0.00	0.00	28.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U28	3+034.10	3+072.40	229.80	0.00	0.00	7.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U29	3+072.40	3+110.70	229.80	0.00	0.00	27.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U30	3+110.70	3+149.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U31	3+149.00	3+187.30	229.80	0.00	0.00	17.94	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U32	3+187.30	3+225.60	229.80	8.24	0.00	6.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U33	3+225.60	3+263.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U34	3+263.90	3+302.20	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U35	3+302.20	3+340.50	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U36	3+340.50	3+378.80	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U37	3+378.80	3+417.10	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U38	3+417.10	3+455.40	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U39	3+455.40	3+500.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL		1500.00	5055.60	20.53	20.59	290.98	0.00	0.00	0.00	3.00	5.00	55.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PCI DEL TRAMO																		
RATING DEL TRAMO																		

Unidad de muestra	Desde	Hasta	Área (m2)	DESPLAZAMIENTO			FISURA PARABÓLICA O POR DESLIZAMIENTO			HINCHAMIENTO			PELADURA POR INTEMPERISMO Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			ÍNDICE DE CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
				m2			m2			m2			m2			
				BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	BAJO (L)
U1	2+000.00	2+038.30	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.04	0.00	69.03	21.90
U2	2+038.30	2+076.60	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	9.90
U3	2+076.60	2+114.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	7.02	4.00
U4	2+114.90	2+153.20	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.92	9.00
U5	2+153.20	2+191.50	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	7.00
U6	2+191.50	2+229.80	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.22	0.00	35.46	2.00
U7	2+229.80	2+268.10	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85	2.47	4.68
U8	2+268.10	2+306.40	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.81	8.50
U9	2+306.40	2+344.70	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	24.00
U10	2+344.70	2+383.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	25.90
U11	2+383.00	2+421.30	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.61	3.20	23.50
U12	2+421.30	2+459.60	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.08	0.00	3.63	16.08	0.00
U13	2+459.60	2+497.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.19	0.00	1.07	15.19	0.00
U14	2+497.90	2+536.20	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	8.10	0.00	0.00	10.20	5.25
U15	2+536.20	2+574.50	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.22	0.00	0.00	40.22	0.00
U16	2+574.50	2+612.80	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	36.00
U17	2+612.80	2+651.10	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.22	12.28	0.00	0.00	15.50	0.00
U18	2+651.10	2+689.40	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	46.00
U19	2+689.40	2+727.70	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.27	0.00	0.00	6.27	18.00
U20	2+727.70	2+766.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.52	0.00	0.00	30.52	0.00
U21	2+766.00	2+804.30	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.95	2.00
U22	2+804.30	2+842.60	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.13	0.00	0.00	15.96	10.00
U23	2+842.60	2+880.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	11.95	0.00	7.32	12.23	0.00
U24	2+880.90	2+919.20	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.92	0.00	0.00	33.26	0.00
U25	2+919.20	2+957.50	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.91	0.00	0.00	47.61	5.00
U26	2+957.50	2+995.80	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.38	0.00	0.00	86.88	0.00
U27	2+995.80	3+034.10	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.11	0.00	0.00	33.11	0.00
U28	3+034.10	3+072.40	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.00
U29	3+072.40	3+110.70	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	0.00	0.00	27.00	0.00
U30	3+110.70	3+149.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.00
U31	3+149.00	3+187.30	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.94	0.00	0.00	17.94	0.00
U32	3+187.30	3+225.60	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.70	0.00	0.00	9.70	2.58
U33	3+225.60	3+263.90	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.00
U34	3+263.90	3+302.20	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.00
U35	3+302.20	3+340.50	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.00
U36	3+340.50	3+378.80	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00
U37	3+378.80	3+417.10	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.00
U38	3+417.10	3+455.40	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.00
U39	3+455.40	3+500.00	229.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.00
TOTAL		1500.00	5055.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.24	359.70	6.26	29.88	584.56	-
PCI DEL TRAMO																23.52
RATING DEL TRAMO																Muy Malo

Anexo G: Registro Fotográfico

Las imágenes muestran las fallas identificadas y registradas durante la evaluación del tramo de vía seleccionado para el análisis.







