



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela profesional de ingeniería civil



Tesis

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA SERVICIABILIDAD DE LAS
VÍAS: SAPHI-SAQSAWAMAN, SAQSAWAMAN-ABRA CCORAO,
ABRA CCORAO-CCORAO Y CCORAO-RAYANIYOC; SEGÚN LA
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
(PCI) Y EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Presentado por: Bachiller Fabrizio Allende Garcia

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor: Ing. Edson Salas Forton

CUSCO-PERÚ 2017



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas esas personas influyentes e importantes en mi vida, que siempre me brindaron su apoyo incondicional, paciencia y sabiduría; siempre estaré agradecido por tanto. A mis padres Jorge y Mirian, a mi tío Richard, a mi asesor Edson Salas y a todos mis amigos y amigas que me ayudaron siempre en todo momento y me sirvieron de inspiración.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

DEDICATORIA

Dedico este gran logro a mis padres Jorge y Mirian que siempre fueron el motor que me impulso a cumplir mis metas.

A mi amigo y padre a la vez Roger que fue muy importante en toda mi vida universitaria.

A mi tío Richard por todo el apoyo y sus conocimientos brindados.

A mis abuelitos que siempre se preocuparon por mis estudios y felicitaron por mis logros.

A mi tía luz marina, por su constante preocupación por mí y sus excelentes consejos.

A mis tíos por su constante aliento a seguir adelante.

A mi primo Giancarlo, por su gran ejemplo de persona y lecciones de vida.

A Pepi, Cheo, Alessandro, Paola por el apoyo brindado en la elaboración de mi tesis.

A mis amigos y amigas que siempre estuvieron ahí con su apoyo incondicional.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

RESUMEN

En la actualidad en el Perú, el mantenimiento de las vías nacionales; se realiza previo análisis, que consta de un método para determinar el estado de la vía flexible y para determinar qué tipo y cuánto costaría el mantenimiento de dicha vía.

El método más usado para determinar el estado o el grado de serviciabilidad de una vía flexible en el Perú es realizando un inventario vial, el cual no cuenta con muchos aspectos técnicos necesarios para un adecuado análisis de vía, asimismo carece de precisión y objetividad al momento de hacer el análisis final del estado actual de la vía en estudio.

En muchas partes del país ya se está implementando el uso de la rugosidad como un parámetro importante para determinar el grado de serviciabilidad de una vía, es por esto que se deben tomar nuevas alternativas para el análisis de vías para su posterior mantenimiento introduciendo estos nuevos conceptos que nos ayudaran a obtener mejores y más precisos resultados.

Es por esto que en la presente investigación se realizó una evaluación comparativa de la serviciabilidad de 4 tramos de vías de primer orden para nuestra región, ya que son vías principales y de prioridad para el turismo en la ciudad del cusco, Mediante dos métodos de análisis de pavimentos flexibles, relativamente nuevos para nuestro país, para tramos largos de carretera utilizados actualmente por muchos países, estos métodos nos facilitan el trabajo de análisis de pavimentos flexibles.

Primero se realizó el análisis de las vías Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc con el método denominado índice de Condición del Pavimento (PCI), posteriormente se procesó los datos recolectados en campo y se pasó al análisis en gabinete del estado de la vía en mención. Luego se realizó el análisis de las mismas vías en estudio utilizando el método denominado índice de Rugosidad Internacional (IRI) y se procesó los datos obtenidos en campo con este método, así como su respectivo análisis final y así se obtuvo la serviciabilidad de dichas vías.

Finalmente se procedió a realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos de la serviciabilidad de los dos métodos utilizados para el análisis de las



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

vías Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc.

Adicionalmente se realizó un análisis corto para saber si existe o no una relación de equivalencia entre los resultados tanto numéricos como cualitativos que se desprenden de los resultados del análisis de ambos métodos, objeto del siguiente estudio.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL**ÍNDICE GENERAL**

CARATULA.....	01
AGRADECIMIENTO.....	02
DEDICATORIA.....	03
RESUMEN.....	04
ÍNDICE GENERAL.....	06
ÍNDICE DE TABLAS.....	09
ÍNDICE DE FIGURAS.....	21
1. CAPÍTULO I:INTRODUCCION.....	25
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.1.1. Descripción del problema.....	25
1.1.2. Formulación interrogativa del problema.....	25
1.1.3.1. Formulación interrogativa del problema general.....	25
1.1.3.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos...26	
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
1.2.1. Justificación técnica.....	27
1.2.2. Justificación social.....	27
1.2.3. Justificación por vialidad.....	28
1.2.4. Justificación por relevancia.....	28
1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
1.4.1. Objetivo General.....	29
1.4.2. Objetivos específicos.....	29
1.5. HIPÓTESIS.....	31
1.5.1. Hipótesis General.....	31
1.5.2. Sub Hipótesis.....	31
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	32
1.6.1. Variables independientes.....	32
1.6.2. Variables Dependientes.....	32
1.6.3. Cuadro de operacionalizacion de variables.....	33
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	35
2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS.....	35



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional	35
2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional.....	42
2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.....	46
2.2.1 Pavimentos.....	47
2.2.2. Serviciabilidad de una Vía Flexible.....	52
2.2.3. Evaluación de Pavimentos.....	54
2.2.4. Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	59
2.2.5. Patologías o fallas en el pavimento flexible.....	73
2.2.6. Rugosidad.....	118
2.2.7. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	122
2.2.8. Evaluación del Índice De Rugosidad Internacional (IRI) con el Rugosímetro de Merlín.....	141
3. CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....	150
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	151
3.1.1. Tipo de investigación.....	151
3.1.2. Nivel de investigación.....	151
3.1.3. Método de investigación.....	151
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	151
3.2.1. Diseño metodológico.....	151
3.2.2. Diseño de ingeniería.....	153
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	158
3.3.1. Población.....	158
3.3.2. Muestra.....	158
3.3.3. Criterios de inclusión.....	159
3.4. INSTRUMENTOS.....	159
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.....	159
3.4.2. Instrumentos de Ingeniería.....	159
3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	159
3.5.1. Recolección de datos de campo para el índice de condición del pavimento (PCI).....	159



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

3.5.2. Recolección de datos de campo para el índice internacional de rugosidad (IRI).....	219
3.6. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	249
3.6.1. Índice de condición del pavimento (PCI).....	249
3.6.2. Índice internacional de rugosidad (IRI).....	335
4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	359
4.1. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI).....	359
4.2. Resultados del índice internacional de rugosidad (IRI).....	359
4.3. Tabla comparativa entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice internacional de rugosidad (IRI).....	362
4.4. Tabla de costos operacionales de los dos métodos en estudio.	363
4.5. Tabla de rendimientos del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice internacional de rugosidad (IRI).....	365
5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	366
CONCLUSIONES.....	367
REFERENCIAS.....	370
ANEXOS.....	372



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla N°01 Cuadro de operacionalización de variables.
- Tabla N°02 Índice de serviciabilidad presente
- Tabla N°03 Rango de clasificación del Índice de condición del pavimento PCI.
- Tabla N°04 Profundidad máxima del bache.
- Tabla N°05 Algunos equipos para la medición del IRI.
- Tabla N°06 Clasificación de equipos para la medición del IRI.
- Tabla N°07 Escalas en la estimación de la rugosidad del pavimento.
- Tabla N°08 Escalas en la estimación del IRI en pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales.
- Tabla N°09 Escalas en la estimación del IRI en pavimentos asfálticos.
- Tabla N°10 Escala del IRI en entidades públicas internacionales.
- Tabla N°11 Unidad de prueba 01 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°12 Unidad de prueba 02 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°13 Unidad de prueba 03 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°14 Unidad de prueba 04 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°15 Unidad de prueba 05 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°16 Unidad de prueba 06 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°17 Unidad de prueba 07 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°18 Unidad de prueba 08 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°19 Unidad de prueba 09 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
- Tabla N°20 Unidad de prueba 10 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).
-



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°21 Unidad de prueba 11 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°22 Unidad de prueba 12 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°23 Unidad de prueba 13 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°24 Unidad de prueba 14 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°25 Unidad de prueba 01 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°26 Unidad de prueba 02 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°27 Unidad de prueba 03 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°28 Unidad de prueba 04 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°29 Unidad de prueba 05 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°30 Unidad de prueba 06 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°31 Unidad de prueba 07 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°32 Unidad de prueba 08 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°33 Unidad de prueba 09 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°34 Unidad de prueba 10 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°35 Unidad de prueba 11 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°36 Unidad de prueba 12 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°37 Unidad de prueba 13 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°38 Unidad de prueba 14 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°39 Unidad de prueba 01 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°40 Unidad de prueba 02 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°41 Unidad de prueba 03 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°42 Unidad de prueba 04 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°43 Unidad de prueba 05 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°44 Unidad de prueba 06 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°45 Unidad de prueba 07 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°46 Unidad de prueba 08 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°47 Unidad de prueba 09 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°48 Unidad de prueba 10 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°49 Unidad de prueba 11 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°50 Unidad de prueba 12 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°51 Unidad de prueba 13 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°52 Unidad de prueba 14 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el PCI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°53 Unidad de prueba 01 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°54 Unidad de prueba 02 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°55 Unidad de prueba 03 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°56 Unidad de prueba 04 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°57 Unidad de prueba 05 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°58 Unidad de prueba 06 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°59 Unidad de prueba 07 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°60 Unidad de prueba 08 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°61 Unidad de prueba 09 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°62 Unidad de prueba 10 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°63 Unidad de prueba 11 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°64 Unidad de prueba 12 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°65 Unidad de prueba 13 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°66 Unidad de prueba 14 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el PCI (fuente propia).

Tabla N°67 Ensayo 01 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°68 Ensayo 02 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°69 Ensayo 03 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°70 Ensayo 01 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°71 Ensayo 02 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°72 Ensayo 03 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°73 Ensayo 01 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°74 Ensayo 02 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°75 Ensayo 03 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°76 Ensayo 01 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°77 Ensayo 02 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°78 Ensayo 03 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°79 Procedimiento de la unidad de prueba 01 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°80 Procedimiento de la unidad de prueba 02 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°81 Procedimiento de la unidad de prueba 03 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°82 Procedimiento de la unidad de prueba 04 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°83 Procedimiento de la unidad de prueba 05 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°84 Procedimiento de la unidad de prueba 06 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°85 Procedimiento de la unidad de prueba 07 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°86 Procedimiento de la unidad de prueba 08 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°87 Procedimiento de la unidad de prueba 09 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°88 Procedimiento de la unidad de prueba 10 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°89 Procedimiento de la unidad de prueba 11 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°90 Procedimiento de la unidad de prueba 12 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°91 Procedimiento de la unidad de prueba 13 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°92 Procedimiento de la unidad de prueba 14 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°93 Procedimiento de la unidad de prueba 01 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°94 Procedimiento de la unidad de prueba 02 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°95 Procedimiento de la unidad de prueba 03 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°96 Procedimiento de la unidad de prueba 04 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°97 Procedimiento de la unidad de prueba 05 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°98 Procedimiento de la unidad de prueba 06 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°99 Procedimiento de la unidad de prueba 07 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°100 Procedimiento de la unidad de prueba 08 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°101 Procedimiento de la unidad de prueba 09 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°102 Procedimiento de la unidad de prueba 10 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°103 Procedimiento de la unidad de prueba 11 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°104 Procedimiento de la unidad de prueba 12 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°105 Procedimiento de la unidad de prueba 13 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°106 Procedimiento de la unidad de prueba 14 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°107 Procedimiento de la unidad de prueba 01 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°108 Procedimiento de la unidad de prueba 02 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°109 Procedimiento de la unidad de prueba 03 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°110 Procedimiento de la unidad de prueba 04 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°111 Procedimiento de la unidad de prueba 05 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°112 Procedimiento de la unidad de prueba 06 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°113 Procedimiento de la unidad de prueba 07 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°114 Procedimiento de la unidad de prueba 08 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°115 Procedimiento de la unidad de prueba 09 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°116 Procedimiento de la unidad de prueba 10 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°117 Procedimiento de la unidad de prueba 11 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°118 Procedimiento de la unidad de prueba 12 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°119 Procedimiento de la unidad de prueba 13 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°120 Procedimiento de la unidad de prueba 14 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°121 Procedimiento de la unidad de prueba 01 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°122 Procedimiento de la unidad de prueba 02 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°123 Procedimiento de la unidad de prueba 03 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°124 Procedimiento de la unidad de prueba 04 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°125 Procedimiento de la unidad de prueba 05 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°126 Procedimiento de la unidad de prueba 06 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°127 Procedimiento de la unidad de prueba 07 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°128 Procedimiento de la unidad de prueba 08 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°129 Procedimiento de la unidad de prueba 09 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°130 Procedimiento de la unidad de prueba 10 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°131 Procedimiento de la unidad de prueba 11 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°132 Procedimiento de la unidad de prueba 12 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°133 Procedimiento de la unidad de prueba 13 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°134 Procedimiento de la unidad de prueba 14 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°135 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 01 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°136 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 02 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°137 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 03 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°138 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 04 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°139 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 05 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°140 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 06 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°141 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 07 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°142 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 08 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°143 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 09 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°144 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 10 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°145 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 11 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°146 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 12 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°147 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 13 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°148 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 14 (tramo: Shapi-Saqsaywaman) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°149 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 01 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°150 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 02 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°151 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 03 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°152 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 04 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

- Tabla N°153 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 05 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°154 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 06 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°155 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 07 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°156 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 08 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°157 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 09 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°158 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 10 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°159 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 11 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°160 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 12 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°161 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 13 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°162 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 14 (tramo: Saqsaywaman-Abra Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°163 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 01 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°164 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 02 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°165 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 03 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°166 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 04 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°167 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 05 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).
- Tabla N°168 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 06 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).
-



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°169 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 07 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°170 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 08 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°171 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 09 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°172 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 10 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°173 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 11 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°174 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 12 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°175 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 13 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°176 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 14 (tramo: Abra Ccorao-Ccorao) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°177 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 01 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°178 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 02 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°179 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 03 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°180 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 04 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°181 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 05 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°182 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 06 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°183 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 07 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°184 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 08 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Tabla N°185 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 09 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°186 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 10 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°187 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 11 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°188 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 12 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°189 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 13 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°190 Valor deducido para el PCI de la unidad de prueba 14 (tramo: Ccorao-Rayaniyoc) para el IRI (fuente propia).

Tabla N°191 Resultados del índice de condición del pavimento PCI (Fuente propia).

Tabla N°192 Resultados del índice internacional de rugosidad IRI (Fuente propia).

Tabla N°193 Tabla comparativa entre el índice de condición del pavimento PCI y el índice internacional de rugosidad IRI (Fuente propia).

Tabla N°194 Tabla comparativa entre el índice de condición del pavimento PCI y el índice internacional de rugosidad IRI (Fuente propia).

Tabla N°195 Tabla de costos operativos de los dos métodos de estudio (Fuente propia).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura N°01 Elementos que conforman la estructura de un pavimento flexible.
- Figura N°02 clasificación de la condición del pavimento.
- Figura N°03 División de una sección de carretera.
- Figura N°04 Ejemplo de identificación de tramo y sección.
- Figura N°05 Ejemplo de un red de camino dividida en unidades de prueba.
- Figura N°06 Ejemplo de una sección de pavimento dividida en unidades de prueba.
- Figura N°07 Selección del número mínimo de unidades de prueba.
- Figura N°08 Ejemplo de muestro sistemático aleatorio.
- Figura N°09 curva deducida por pavimento AC para anomalía de piel de cocodrilo.
- Figura N°10 Curvas de corrección para pavimentos de caminos de concreto asfáltico.
- Figura N°11 Falla tipo 1: Piel de cocodrilo.
- Figura N°12 Falla tipo 1: Piel de cocodrilo nivel bajo (L).
- Figura N°13 Falla tipo 1: Piel de cocodrilo nivel medio (M).
- Figura N°14 Falla tipo 1: Piel de cocodrilo nivel alto (H).
- Figura N°15 Falla tipo 2: Exudación.
- Figura N°16 Falla tipo 2: Exudación nivel bajo (L).
- Figura N°17 Falla tipo 2: Exudación nivel medio (M).
- Figura N°18 Falla tipo 2: Exudación nivel alto (H).
- Figura N°19 Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque).
- Figura N°20 Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque) nivel de severidad bajo (L).
- Figura N°21 Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque) nivel de severidad medio (M).
- Figura N°22 Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque) nivel de severidad alto (H).
- Figura N°23 Falla tipo 4: elevaciones y hundimientos nivel de severidad medio.
- Figura N°24 Falla tipo 4: elevaciones y hundimientos nivel de severidad alto (H).
- Figura N°25 Falla tipo 5: Corrugaciones nivel de severidad baja (L).
- Figura N°26 Falla tipo 5: Corrugaciones nivel de severidad media (M).
- Figura N°27 Falla tipo 5: Corrugaciones nivel de severidad alta (H).
- Figura N°28 Falla tipo 6: Depresiones.
- Figura N°29 Falla tipo 6: Depresiones de nivel de severidad alta (H).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°30 Falla tipo 7: Grietas o fisuras de borde de nivel de severidad baja (L).

Figura N°31 Falla tipo 7: Grietas o fisuras de borde de nivel de severidad media (M).

Figura N°32 Falla tipo 7: Grietas o fisuras de borde de nivel de severidad alto (H).

Figura N°33 Falla tipo 8: Grietas de reflexión de juntas.

Figura N°34 Falla tipo 8: Grietas de reflexión de juntas de nivel de severidad bajo (L).

Figura N°35 Falla tipo 8: Grietas de reflexión de juntas de nivel de severidad alta (H).

Figura N°36 Falla tipo 9: Desnivel calzada-hombrilla.

Figura N°37 Falla tipo 9: Desnivel calzada-hombrilla nivel de severidad medio (M).

Figura N°38 Falla tipo 9: Desnivel calzada-hombrilla nivel de severidad alto (H).

Figura N°39 Falla tipo 10: Grietas longitudinales y transversales.

Figura N°40 Falla tipo 10: Grietas longitudinales y transversales de nivel de severidad bajo (L).

Figura N°41 Falla tipo 10: Grietas longitudinales y transversales de nivel de severidad medio (M).

Figura N°42 Falla tipo 10: Grietas longitudinales y transversales de nivel de severidad alto (H).

Figura N°43 Falla tipo 11: Bacheo y zanjas reparadas.

Figura N°44 Falla tipo 11: Bacheo y zanjas reparadas de nivel de severidad bajo (L).

Figura N°45 Falla tipo 11: Bacheo y zanjas reparadas de nivel de severidad media (M).

Figura N°46 Falla tipo 11: Bacheo y zanjas reparadas de nivel de severidad alta (H).

Figura N°47 Falla tipo 12: Agregados pulidos.

Figura N°48 Falla tipo 13: Baches de nivel de severidad bajo (L).

Figura N°49 Falla tipo 13: Baches de nivel de severidad medio (M).

Figura N°50 Falla tipo 13: Baches de nivel de severidad alto (H).

Figura N°51 Falla tipo 14: Ahuellamiento de nivel de severidad bajo (L).

Figura N°52 Falla tipo 14: Ahuellamiento de nivel de severidad medio (M).

Figura N°53 Falla tipo 14: Ahuellamiento de nivel de severidad alto (H).

Figura N°54 Falla tipo 15: Deformación por empuje.

Figura N°55 Falla tipo 15: Deformación por empuje de nivel de severidad medio (M).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°56 Falla tipo 15: Deformación por empuje de nivel de severidad alta (H).

Figura N°57 Falla tipo 16: Grietas por desplazamiento (fisuras parabólicas).

Figura N°58 Falla tipo 16: Grietas por desplazamiento (fisuras parabólicas) de nivel de severidad bajo (L).

Figura N°59 Falla tipo 16: Grietas por desplazamiento (fisuras parabólicas) de nivel de severidad alto (H).

Figura N°60 Falla tipo 17: Hinchamiento.

Figura N°61 Falla tipo 17: Hinchamiento de severidad media (M).

Figura N°62 Falla tipo 18: Disgregación y Desintegración.

Figura N°63 Falla tipo 18: Disgregación y Desintegración de nivel de severidad baja (L).

Figura N°64 Falla tipo 18: Disgregación y Desintegración de nivel de severidad media (M).

Figura N°65 Falla tipo 18: Disgregación y Desintegración de nivel de severidad alta (H).

Figura N°66 comparación entre rugosidad y textura en pavimentos.

Figura N°67 Micro textura en pavimentos.

Figura N°68 Macro texturas para lluvias en pavimentos.

Figura N°69 Macro texturas usadas para heladas en pavimentos.

Figura N°70 Perfilometro.

Figura N°71 Equipo tipo respuesta.

Figura N°72 Nivel y Mira.

Figura N°73 Dipstick.

Figura N°74 Perfilometro inercial.

Figura N°75 Medición con el Rugosimetro de Merlín.

Figura N°76 Desviación del pavimento respecto a la cuerda promedio.

Figura N°77 Histograma de la distribución de frecuencias.

Figura N°78 Esquema del Rugosimetro de Merlín.

Figura N°79 Configuración del tablero de Merlín.

Figura N°80 Formato de recolección de datos para el PCI.

Figura N°81 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 01 (Fuente propia)

Figura N°82 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 02 (Fuente propia)



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

- Figura N°83 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 03 (Fuente propia)
- Figura N°84 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 04 (Fuente propia)
- Figura N°85 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 05 (Fuente propia)
- Figura N°86 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 06 (Fuente propia)
- Figura N°87 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 07 (Fuente propia)
- Figura N°88 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 08 (Fuente propia)
- Figura N°89 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 09 (Fuente propia)
- Figura N°90 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 10 (Fuente propia)
- Figura N°91 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 11 (Fuente propia)
- Figura N°92 Histograma de frecuencias del IRI Kilometro 12 (Fuente propia)



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En el Perú la entidad encargada del mantenimiento de las vías nacionales es el ministerio de transportes y comunicaciones, el cual realiza el mantenimiento de dichas vías mediante licitaciones públicas, las cuales se realizan a partir de un estudio del estado de la vía a la cual se quiere intervenir.

Este estudio está basado en la realización de un inventario vial el cual según mi opinión es un estudio muy deficiente y superficial si se quiere analizar el estado de una vía para su posterior mantenimiento, se necesita de métodos modernos y más eficaces capaces de entregarnos resultados certeros y óptimos. Es por esto que a mi parecer se debe incluir métodos más específicos como el índice de condición del pavimento (PCI) o el índice de rugosidad internacional (IRI)

Es por esta razón que la siguiente investigación tuvo como finalidad realizar una evaluación comparativa de la serviciabilidad de las vías: Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao, Ccorao-Rayaniyoc; mediante el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) para determinar que método de los dos mencionados nos da resultados más eficaces y hallar la posible relación de equivalencia de los resultados tanto numéricos como cualitativos que arrojen los dos métodos; de la serviciabilidad de las vías en estudio.

1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General

¿Cómo varía la serviciabilidad en la medición del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) y cuál será la relación de equivalencia entre los resultados numéricos y cualitativos de las vías



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc ?

1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los problemas específicos

- a) ¿Cuál será el Índice de condición del pavimento (PCI) promedio de los tramos Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc?
- b) ¿Cuál será el Índice de rugosidad internacional (IRI) promedio de los tramos Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc?
- c) ¿Qué posible relación de equivalencia de los resultados numéricos existe entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) para el análisis del grado de serviciabilidad de las vías Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc?
- d) ¿Qué posible relación de equivalencia de los resultados cualitativos existe entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) para el análisis del grado de serviciabilidad de las vías Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc?
- e) ¿Cuál de los dos métodos de análisis de pavimentos flexibles entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) será el menos costoso para la determinación del grado de serviciabilidad de las vías en estudio?
- f) ¿Cuál de los dos métodos de análisis de pavimentos flexibles entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) emplea menos tiempo



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

para la determinación del grado de serviciabilidad de las vías en estudio?

- g) ¿Cuál de los dos métodos de análisis de pavimentos flexibles entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) da resultados más conservadores según la escala de calificación del grado de serviciabilidad de las vías en estudio?
- h) ¿Qué tramo de las vías en estudio nos dará el grado de serviciabilidad más crítico según el índice de rugosidad internacional (IRI) de los tramos en estudio?
- i) ¿Qué tramo de las vías en estudio nos dará el grado de serviciabilidad más crítico según el índice de condición del pavimento (PCI) de los tramos en estudio?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1.1. Justificación Técnica

Con la realización del estudio se quiere comprobar la eficacia de un método de análisis superficial de pavimentos flexibles, que nos permita evaluar la serviciabilidad de un pavimento flexible, de longitud considerable, rápidamente para así programar posteriores mantenimientos rutinarios a dichas vías de estudio. Con el estudio se aportara un método de análisis de pavimentos flexibles, rápido y sencillo de realizar con la finalidad de que los ingenieros carreteros lo utilicen en sus prácticas profesionales. El método que se quiere difundir es un método práctico de recolección de datos para su posterior análisis de la serviciabilidad de un pavimento flexible.

1.2.1.2. Justificación social

Los principales beneficiados con esta investigación son personas naturales que se encuentran laborando en el campo de la ingeniería civil, como ingenieros civiles,



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

técnicos encargados en mantenimiento de obras viales, estudiantes de la carrera profesional de ingeniería civil que deseen elaborar estudios similares y toda persona que se encuentre en la labor de supervisión y mantenimiento de vías de pavimentos flexibles, teniendo al alcance un método rápido y sencillo para el análisis superficial de pavimentos flexibles.

1.2.1.3. Justificación por vialidad

Los métodos que se van a estudiar, son métodos bastante sencillos de realizar ya que no necesitan de instrumentos costosos ni de tiempos extensos para su desarrollo, es por esto que la factibilidad de su realización en definitiva es posible. El uso del Rugosímetro de Merlín, para determinar la propia rugosidad de la vía en estudio, y el uso de formatos de evaluación, y guías de evaluación nos facilitaran el trabajo de inspección en campo. La zona de estudio es de fácil acceso y da muchas facilidades para la elaboración de los ensayos, ya que las vías elegidas cuentan con un reducido tráfico de vehículos.

1.2.1.4. Justificación por relevancia

Esta investigación favorece la metodología de evaluación de carpetas de rodadura de pavimento flexible, ya que en nuestro país, el método utilizado para el análisis de pavimentos flexibles es la realización de un inventario de fallas y ahuellamientos presentes en la carpeta de rodadura del pavimento flexible, la cual carece de muchos aspectos técnicos importantes, y la confiabilidad de estos métodos no es eficiente ni eficaz.

Es por lo mencionado la importancia de introducir esta metodología que permite la evaluación de pavimentos flexibles de una manera rápida, sencilla y dándonos resultados confiables.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

1.3. Limitaciones de la investigación

- a) El análisis de las vías es exclusivamente de la carpeta de rodadura, no se tocó el ámbito estructural de las vías en el presente estudio.
- b) Solo se tomó en cuenta fallas visibles en la carpeta de rodadura mas no fallas en los elementos verticales de señalización de las vías.
- c) La investigación comprende tramos de vías, mayores a los 1000 metros.
- d) El siguiente estudio es exclusivamente para vías flexibles.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar cómo varia la serviciabilidad mediante la medición del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) y determinar cuál será la relación de equivalencia entre ambos resultados numéricos y cualitativos de las vías Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el Índice de condición del pavimento (PCI) promedio de los tramos Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc.
- b) Determinar el Índice de rugosidad internacional (IRI) promedio de los tramos Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc.
- c) Determinar la relación de equivalencia de los resultados numéricos que existe entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) para el análisis del grado de serviciabilidad de las vías



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc.

- d) Determinar la relación de equivalencia de los resultados cualitativos que existe entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) para el análisis del grado de serviciabilidad de las vías Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc.
- e) Estudiar cuál de los dos métodos de análisis de pavimentos flexibles entre el índice de condición de pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) ofrecerá menores costos para la determinación del grado de serviciabilidad de las vías en estudio.
- f) Estudiar cuál de los dos métodos de análisis de pavimentos flexibles entre el índice de condición de pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) empleara menos tiempo para la determinación del grado de serviciabilidad de las vías en estudio.
- g) Determinar cuál de los dos métodos de análisis de pavimentos flexibles entre el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) dará resultados más conservadores según la escala de calificación del grado de serviciabilidad de las vías en estudio.
- h) Determinar qué tramo de las vías en estudio será el más crítico según el índice de rugosidad internacional (IRI) de los en tramos estudio.
- i) Determinar qué tramo de las vías será el más crítico según el índice de condición del pavimento (PCI) de los en tramos estudio.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) arrojan resultados similares para el análisis del grado de serviciabilidad de las vías flexibles; y existe una relación de equivalencia, que está entre Regular y bueno, entre los resultados numéricos y cualitativos del índice de condición del pavimento (PCI) y de los resultados numéricos y cualitativos del índice de rugosidad internacional (IRI).

1.5.2. Sub Hipótesis

a) Obtendremos un índice de condición del pavimento (PCI) promedio entre regular y bueno según el rango del estado de serviciabilidad de cada tramo:

-Saphi-Saqsaywaman: 40-55(Regular).

-Saqsaywaman-Abra Ccorao: 55-70(Bueno).

-Abra Ccorao-Ccorao: 55-70(Bueno).

-Ccorao-Rayaniyoc: 40-55(Regular).

b) Obtendremos un índice de rugosidad (IRI) promedio entre regular y bueno según el rango del estado de serviciabilidad de cada tramo:

-Saphi-Saqsaywaman: 4.0-4.6 (Regular).

-Saqsaywaman-Abra Ccorao: 3.2-3.9 (Bueno).

-Abra Ccorao-Ccorao: 3.2-3.9 (Bueno).

-Ccorao-Rayaniyoc: 4.0-4.6 (Regular).

c) Los resultados del grado de serviciabilidad que arrojan el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) son similares, por lo tanto existe una relación de equivalencia numérica entre los resultados de dichos métodos.

d) Los resultados del grado de serviciabilidad que arrojan el índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) son similares, por lo tanto existe una relación



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

de equivalencia cualitativa entre los resultados de dichos métodos.

- e) El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es menos costoso para la determinación del grado de serviciabilidad de las vías en estudio frente al índice de Rugosidad Internacional (IRI).
- f) El Índice de rugosidad internacional (IRI) utiliza menos tiempo para la determinación del grado de serviciabilidad de las vías en estudio frente al índice de condición del pavimento (PCI).
- g) El índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) nos dan resultados similares según la escala del grado de serviciabilidad de las vías en estudio.
- h) El tramo de las vías en estudio más crítico será el de Saphi-Saqsaywaman que nos arrojará un valor entre 4.0 y 4.6 según el índice de rugosidad internacional (IRI).
- i) El tramo de las vías en estudio más crítico será el de Ccorao-Rayaniyoc que nos arrojará un valor entre 40 y 55 según el índice de condición del pavimento (PCI).

1.6. Definición de variables

1.6.1. Variables independientes

- Índice de condición pavimento (PCI).
- Índice de rugosidad internacional (IRI).

1.6.2. Variables dependientes

- Grado de serviciabilidad de las vías.

1.6.3. Cuadro de operacionalización de variables



CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE TIPO	NOMBRE	DEFINICIÓN	NIVEL	INDICADOR/UNIDAD	INSTRUMENTO
DEPENDIENTE	Grado de Serviciabilidad de la vía	Capacidad de la vía de servir al tránsito, proveyendo un manejo seguro y confortable al usuario.	-Referido al estado del pavimento que determina la serviciabilidad de la vía. -Referido al confort que brinda al usuario.	-Rango de serviciabilidad presente. /Grados de servicio. -Índice de serviciabilidad presente. /Grados de servicio. -índice de condición del pavimento. /Grados de servicio.	-Encuesta de opinión observacional. -Ficha de recolección de datos de campo. --Guía de inspección visual predeterminada. -Guía metodológica de calibración de datos.
	Índice de condición del pavimento (PCI)	Procedimiento metodológico para la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales.	-Referido al estado del pavimento. -Referido a la serviciabilidad de la vía.	-cantidad de fallas. -severidad de las fallas. -tipo de falla.	-Guía de inspección visual predeterminada. -Guía metodológica de calibración de datos.
INDEPENDIENTE	Índice internacional de rugosidad (IRI)	Homogeneidad horizontal de la vía para proporcionar	-Referido a la rugosidad del	-Rugosidad	-Rugosímetro de Merlín. -Ficha predeterminada



		un manejo confortable para el usuario.	pavimento.		de anotación de datos de campo.
	Parámetros de estudio del PCI	Conjunto de fallas existentes en el pavimento, que sirven para la determinación del PCI.	-Referido a las fallas existentes en el pavimento.	-cantidad de fallas. -severidad de las fallas. -tipo de falla.	-Guía metodológica de observación y medición de fallas.
	Parámetros de estudio del IRI	Perfil horizontal de la vía en estudio.	-Referido a las deformaciones horizontales con respecto a un plano vertical del pavimento.	-Rugosidad	-Rugosímetro de Merlín. -Guía metodológica de observación y medición por cada tipo de falla.

Tabla N°01: Cuadro de Operacionalización de variables



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

Autor: Edgar Daniel Rodríguez Velázquez

Título: Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla.

Institución: Universidad de Piura

Resumen

La tesis en mención tiene como objetivo aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros lineales de pista han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía.

La tesis se ha dividido en cinco capítulos. El primero es el marco teórico, donde se define el concepto de pavimento, su clasificación y se explica la problemática que se vive en Piura. El segundo capítulo trata de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles.

En el tercero, se explica el procedimiento del método: el muestreo de unidades, el cálculo del PCI, los criterios de inspección, etc. En el capítulo cuatro, se describe la zona de estudio y se detalla el procedimiento de inspección realizado.

En el último capítulo se presentan las hojas de registro, con el respectivo cálculo del índice de condición de pavimento para cada unidad de muestra analizada.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Se concluye que la Av. Luis Montero tiene un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 49. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 que han aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento.

La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales.

Finalmente, aunque no es objetivo de la tesis, se han recomendado algunas técnicas de reparación, de acuerdo a las fallas detectadas, para restituir la carretera a su estado original.

Conclusiones

- Se ha determinado el estado en que se encuentra la red de pavimento flexible de la Av. Luis Montero, que consta de dos tramos de 600 metros lineales cada uno (de acuerdo a los dos sentidos de vía existentes). El tramo 1 se divide en 3 secciones, mientras que el tramo 2 tiene una sola sección. Se inspeccionaron un total de 32 unidades de muestra (16 por tramo) obteniendo los siguientes resultados (ver gráfico 5.1): El 37% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 55); después le sigue un 33% de unidades en buen estado (PCI entre 55 y 70); un 15%, en estado malo (PCI entre 25 y 40) y un 9% de muy mala condición (PCI entre 10 y 25). Finalmente, un 6% hace referencia a unidades de muestra con un pavimento de muy buen estado (PCI entre 70 y 85). No se encontraron



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100).

- El estado del pavimento de cada unidad de muestra, define la condición del pavimento de las secciones y de los tramos. Las secciones 1 y 4, obtuvieron un PCI de 51 y 43 respectivamente, lo que corresponde a un estado regular. Las demás secciones alcanzaron un PCI de 60 (sección 2) y 56 (sección 3), que quiere decir un pavimento de condición buena.
- Agrupando los resultados en tramos, el tramo 1 (U1 - U16) presenta un PCI de 56, pavimento bueno; y el tramo 2 (U17-U32), un PCI de 43, pavimento regular.
- Finalmente, tomando todas las unidades de muestra sin distinción de tramos, se calcula el PCI ponderado de los 1200 metros de la Av. Luis Montero, resultado igual a 49, es decir, que el estado real del pavimento de la vía analizada, es regular.
- Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 (bacheos y riego de liga en determinadas áreas) que han aminorado la formación de fallas como fisuras, baches, depresiones, etc. mejorado la calidad del pavimento. Esto también ayudó a que no se registraran fallas como piel de cocodrilo, que suelen ser muy dañinas para el pavimento.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

- Las fallas más frecuentes encontradas son la peladura y la corrugación, ambas de nivel de severidad bajo. Todas las 32 unidades de muestra presentaron estos dos tipos de falla, pero con densidades variables.
- Esto ayudó a que el PCI tenga un estado regular porque estas fallas no afectan al tránsito normal de vehículos. Las vibraciones dentro del vehículo son mínimas y no es necesario disminuir la velocidad. La peladura y la corrugación, no son percibidas por el conductor, pues no causa incomodidad.
- A mayor valor deducido, mayor es el daño que las fallas producen al pavimento pues este valor indica el grado en que cada combinación de deterioro, nivel de severidad y cantidad, afectan a la condición del mismo. Por el contrario, un valor deducido de cero, quiere decir que el tamaño de la falla dentro de la unidad de muestra es despreciable, o muy pequeña como para ejercer un daño significativo al área de estudio.
- Los baches de mediana severidad de la unidad de muestra U25, originan el máximo valor deducido registrado de 61.7. Le siguen los baches de severidad alta de las unidades U14 y U20, con un valor deducido de 49.9. Por último, en la unidad de muestra U7, la depresión de mediana severidad tiene un valor deducido de 42.5 y de igual manera es una de las tres fallas que más afecta al pavimento.
- Las densidades más bajas registradas fueron de los parches de baja severidad localizados en las unidades de muestra U7, U9 con valores de 0.004% y U3 con 0.005%. Además, con densidades de 0.01% se encontraron



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

desplazamientos y fisuras parabólicas ambas de baja severidad, en las unidades U3 y U15 respectivamente.

- En aquellas unidades de muestra donde se encontraron fallas estructurales (tales como baches, todo tipo de fisuras, depresiones y parches) con densidades mayores a 0.1% como mínimo, el valor del PCI obtenido fue bajo, es decir, el estado del pavimento era malo. No importa el nivel de severidad que tengan, incluso un nivel bajo causa un daño significativo a la pista. Este tipo de fallas afectan tanto a la estructura del pavimento (capas del paquete estructural) como a la serviciabilidad del mismo, pues el usuario no se siente cómodo ni seguro, al transitar sobre el pavimento deteriorado.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Autor: Barreto Rivera Urpi, Zapata Rimachi Fabiola Esthefani

Título: “Análisis de la serviciabilidad del pavimento y su influencia en los costos de operación vehicular en la carretera Cusco-Pisac”

Institución: Universidad Andina del Cusco

Resumen

La presente investigación pertenece al área de gestión de la infraestructura vial, se enmarca dentro de las funciones de planificar y controlar la infraestructura vial terrestres, pues corresponde a determinar la relación existente entre los costos de operación vehicular de la serviciabilidad en la carretera Cusco-Pisac, con lo que se aporta al sector transporte información y un procedimiento sencillo para la estimación de los costos de operación básicos de vehículos representativos en función a la serviciabilidad de la carretera.

Esta investigación toma como referencia los modelos matemáticos desarrollados por el banco mundial para el cálculo de los costos de operación vehicular (COV); mediante el uso del modelo RUCKS, La actualización de datos diversos sobre características técnicas de los vehículos, sus precios y los de los insumos; en función al Índice Internacional de Rugosidad a partir del cual se obtiene el índice de serviciabilidad presente que permite verificar el grado de confort de los usuarios.

De esta manera se ha logrado demostrar que los costos de operación vehicular y el índice de rugosidad internacional se incrementan drásticamente cuando la serviciabilidad del pavimento disminuye. Se recomienda incorporar el tema de la rugosidad a la evaluación superficial del pavimento en la región del cusco, pues es una herramienta de trabajo sumamente valiosa y confiable, que permitirá optimizar la toma de decisiones en los proyectos de rehabilitación y obtener pavimentos con mejor capacidad de servicio inicial en los proyectos de construcción, lo que incide



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

directamente en la disminución de los costos de operación vehicular, mayor seguridad en las carreteras y prolongación la de la vida útil de la red vial.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.1.2. Antecedentes a nivel Internacional

Autor: Juan Carlos Onofre Calderón

Julio Cesar Sánchez Pérez

Walter Santiago Viana

Título: “Determinación del índice de rugosidad internacional de pavimento usando el Perfilometro Romdas Z-250”

Institución: Universidad de el Salvador

Resumen:

La tesis consultada tiene por nombre: determinación del índice de rugosidad internacional usan el Perfilometro Romdas Z-250, trata sobre el estudio de la regularidad superficial de los pavimentos específicamente los de concreto asfáltico; además se profundiza en la nivelación, calibración y puesta en marcha del equipo Romdas Z-250, para la recolección de datos que se usaran en la obtención del índice de rugosidad internacional (IRI), el cual se determina con la ayuda de programas de análisis de perfiles de rodadura.

La tesis cuenta con cuatro capítulos, los cuales se desarrollan de la manera siguiente: el capítulo uno contiene información de la serviciabilidad de los pavimentos, planteamiento del problema, objetivos, alcances, limitaciones y justificaciones.

El capítulo dos son generalidades, describe aspectos importantes sobre los tipos de perfilómetros y clasificación de los mismos dependiendo de la precisión en la toma de datos. Además trata sobre el inicio y desarrollo del concepto índice de rugosidad internacional.

El capítulo tres trata sobre la determinación en sí de la rugosidad del pavimento, en este capítulo se detallan los componentes del sistema Romdas Z-250, su ensamblaje y manejo en campo para una adecuada toma de datos, posteriormente se presentan los programas de computación con los que se analiza los perfiles de las carreteras medidas,



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

para luego finalizar con la presentación de los resultados obtenidos en las dos carreteras seleccionadas.

Y en capítulo cuatro contiene los que son las

Conclusiones y recomendaciones que pasaremos a detallar:

- Con el dato obtenido en el tramo del pavimento en uso del boulevard Luis poma que fue de 2.68 m/km. Y con el de la carretera a Santa Ana que fue de 1.87 m/km. Se concluye que ambas carreteras se encuentran en excelentes condiciones para el tránsito vehicular, esto de acuerdo a la escala es estimación de la rugosidad de carreteras de la norma ASTM E-1926-98 en la cual se menciona que permite un manejo comfortable arriba de 120km/h.
- El Perfilometro ROMDAS Z-250, es un equipo que permite hacer mediciones del perfil con gran precisión de 0.1 mm, lo cual lo convierte en un Perfilometro de clase 1, lo que garantiza obtener valores del IRI bastante precisos.
- Se ha determinado que el rendimiento del equipo Romdas Z-250 es de 100 metros en una hora, es decir que para completar la medición de un carril de 100 metros se necesita dos horas para ambos carriles, esto puede variar dependiendo de la destreza de los operadores.
- Para obtener un valor representativo de IRI se toman tramos de carretera de 200 a 300 metros.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Autor: ING. Julián Andrés Pinilla Valencia

Título: “Auscultación, calificación del estado superficial y evaluación económica de la carretera sector puente la libertad-malteria desde el Km0+00 hasta el Km6+00”

Institución: Universidad Nacional de Colombia

Resumen:

En este trabajo se encuentra la evaluación de la condición del pavimento, realizada sobre el tramo de la carretera puente libertad-fresno en el sector puente la libertad-malteria desde la PR0+00 hasta el PR6+00.

El objetivo principal es comparar los resultados de la evaluación superficial del pavimento en los diferentes tramos, mediante la metodología francesa VIZIR adoptada por el INVIAS y la metodología norteamericana PCI.

Adicionalmente se hace la evaluación económica del tramo utilizando el procedimiento del banco mundial basado en el programa (HIGHWAY Development And Management System) HDM4.

Conclusiones:

- En la vía puente de la Libertad-Fresno en el sector puente de la Libertad –Malteria desde la PR0+00 hasta la PR6+00 de acuerdo a los datos tomados y la evaluación efectuada a las condiciones superficiales del pavimento para cada una de las metodologías adoptadas se obtiene como resultado las siguientes calificaciones: metodología francesa VIZIR dio como resultado un índice de deterioro superficial “IS” igual a 3 catalogado como regular y la metodología norteamericana PCI dio como resultado un índice numérico igual a 50, calificación



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

general REGULAR, las dos metodologías califican el tramo de 6 KM de vía en forma similar como REGULAR.

- Comparando las dos metodologías para calcular las condiciones del pavimento, podemos observar que la metodología más conservadora es la desarrollada por el cuerpo de ingenieros de los estados unidos llamada Paviment Condition Index (PCI) ya que posee 7 rangos para calificar desde 0 que es una superficie fallada hasta 100 que es una superficie en excelente estado, además cuenta con 19 patologías para evaluar la superficie de un pavimento asfaltico, teniendo en consideración los daños superficiales y estructurales, en comparación con la metodología VIZIR adoptada por el INVIAS, esta solo tiene 3 rangos de calificación las cuales son : 1-2 superficie en buenas condiciones, 3-4 superficie en regular estado 5-6 y 7 superficies en deficiente condición. La metodología VIZIR solo tiene en cuenta los daños tipo A que son daños estructurales y desprecia los daños tipo B que son superficiales.
- La metodología PCI evalúa todas las condiciones de daños que pueden afectar un pavimento asfaltico sin dejar por fuera ningún tipo de daño como lo hace la metodología VIZIR ya que esta deja por fuera de la evaluación los daños funcionales.
- Aunque las dos metodologías son claras en los pasos que se deben seguir para la evaluación y calificación del estado de la capa de rodadura, la metodología VIZIR es más sencilla y de fácil aplicación, los cálculos para ponderar la calificación son más rápidos, mientras la metodología PCI es un poco más compleja y demorada.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES

2.2.1. Pavimentos

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo, 2002, Pag.1).

El pavimento flexible

Pasaremos a explicar brevemente de que se trata un pavimento flexible y como está constituido.

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Montejo, 2002, pag.2).

También podemos decir que:

Son aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. La distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de las ruedas del tráfico, se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallante. En este proceso ocurren tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que provocara su Fisuración por fatiga por la repetición de las cargas de tráfico. Al mismo tiempo la repetición de las tensiones y deformaciones verticales de compresión que actúan



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

en todas las capas de pavimento producirán la formación de hundimientos en la trilla de rueda, cuando el tráfico tiende a ser canalizado, y la ondulación longitudinal de la superficie cuando la heterogeneidad del pavimento fuere significativa. (Facultad de ciencia y tecnología, 2004, pág. 11).



Sección típica de un pavimento

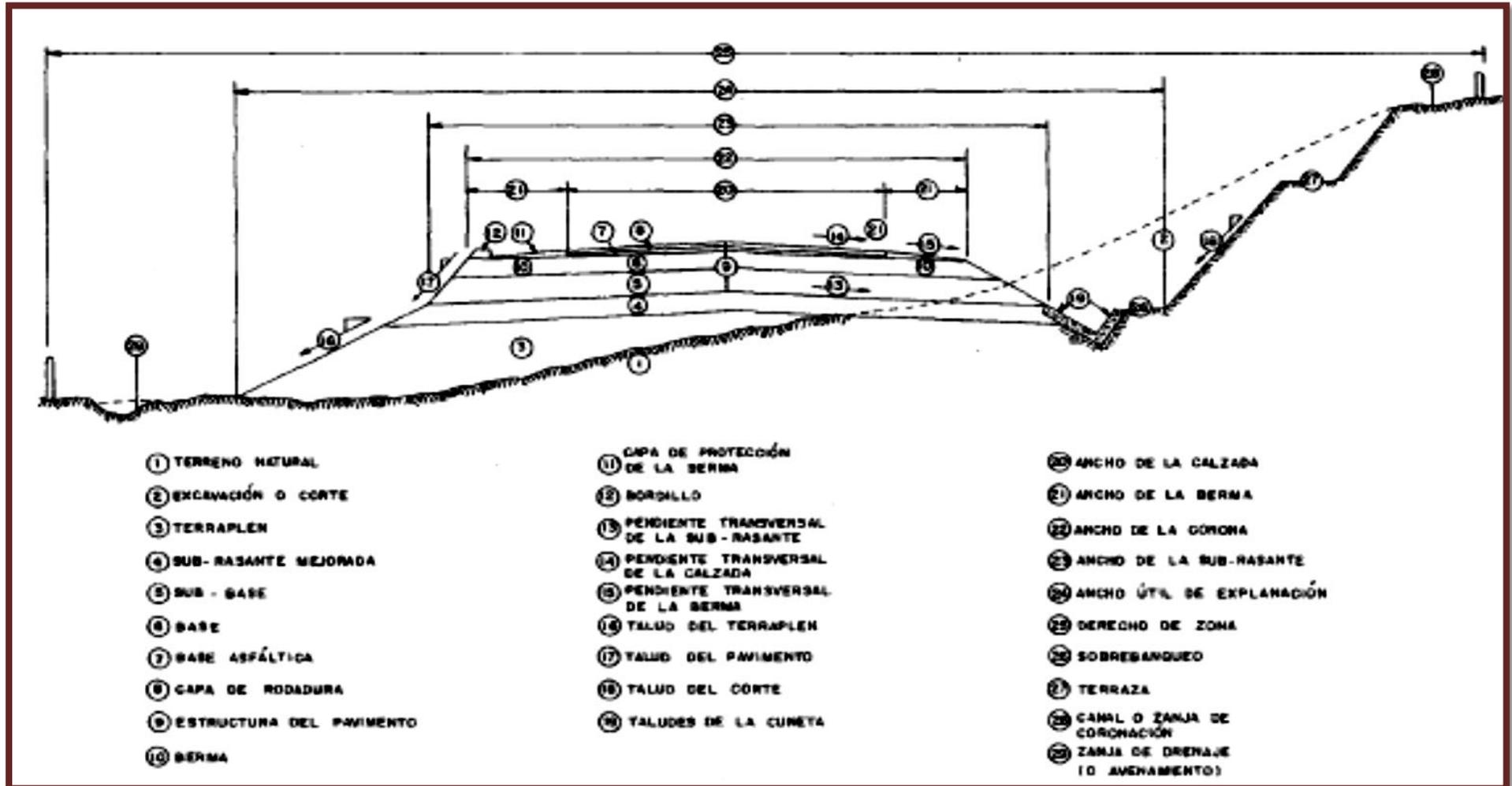


Figura N°01 Elementos que conforman la estructura de un pavimento flexible. (Montejo, 2002).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Funciones de las capas de un pavimento flexible

Según (Montejo, 2002, pag.4).

La subbase granular

Función económica.-Una de las principales funciones de esa capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor a su propia resistencia, puede ser constituido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento no obstante, resultar más económica.

Capa de transición.-La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

Disminución de las deformaciones.-algunos cambios volumétricos de la capa de la subrasante, generalmente asociados a cambios en sus contenidos de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (Heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

Resistencia.-La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado de la subrasante.

Drenaje.-En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

La base granular

Resistencia.-La función fundamental de la base granular de un pavimento consisten en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

Función económica.-Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

Carpeta

Superficie de rodamiento.-La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.2.2. **Serviciabilidad de una vía flexible**

Según (Castillo, 2009)

La principal característica operacional de un pavimento es el nivel de servicio que provee a los usuarios, tanto hoy como en el futuro.

Es importante medir este nivel de servicio para:

- Establecer la condición actual del pavimento.
- Predecir los cambios de esa condición en el futuro.

El concepto de serviciabilidad fue desarrollado en conjunto con la ASHHTO ROAD TEST (1955-1960)

Indicadores para medir la serviciabilidad

- Rango de serviciabilidad presente (PSR).
- Índice de serviciabilidad presente (PSI).
- Índice de rugosidad (IRI).
- Índice de condición del pavimento (PCI) o índice de estado.

Pasaremos a definir algunos conceptos ya mencionados:

➤ **Serviciabilidad**

La habilidad de una sección específica de pavimento para servir al tránsito en su actual condición. (Castillo, 2009)

➤ **Índice de serviciabilidad (PSI)**

Es la combinación matemática de valores obtenidos de ciertas medidas físicas de una cantidad importante de secciones de carreteras, que permiten predecir el promedio. (Castillo, 2009)

➤ **Evolución (performance)**

Una medida de la serviciabilidad acumulada de un pavimento. (Castillo, 2009)

Índice de Serviciabilidad Presente

Según (Facultad de ciencia y tecnología, 2004).

Se define al índice de serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento, inicialmente esta



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

condición se cuantifico atraves de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1:

Índice de Serviciabilidad (<i>PSI</i>)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Tabla N°02 Índice de serviciabilidad presente. (Facultad de Ciencia y Tecnología, 2004).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL**2.2.3. Evaluación de pavimentos**

Según (Facultad de Ciencia y Tecnología, 2004).

En el pasado los pavimentos eran mantenidos pero no administrados. La experiencia de los ingenieros en pavimentos, tendían a dictar la selección de las técnicas de mantenimiento y rehabilitación (M&R), con poca consideración al costo-ciclo de vida o realizaban la comparación con requerimientos de otros pavimentos en la red vial. En la actual economía, en una infraestructura con pavimento antiguo, un mayor acceso sistemático es necesario para determinar las necesidades y las prioridades del M&R. las redes del pavimento deben ahora ser administradas, no simplemente mantenidas.

Un sistema de administración de pavimentos (Pavement Management System, PMS), consiste en un método para seleccionar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación y determinar las prioridades y el tiempo óptimo para repararlo por predicción futura de la condición del pavimento.

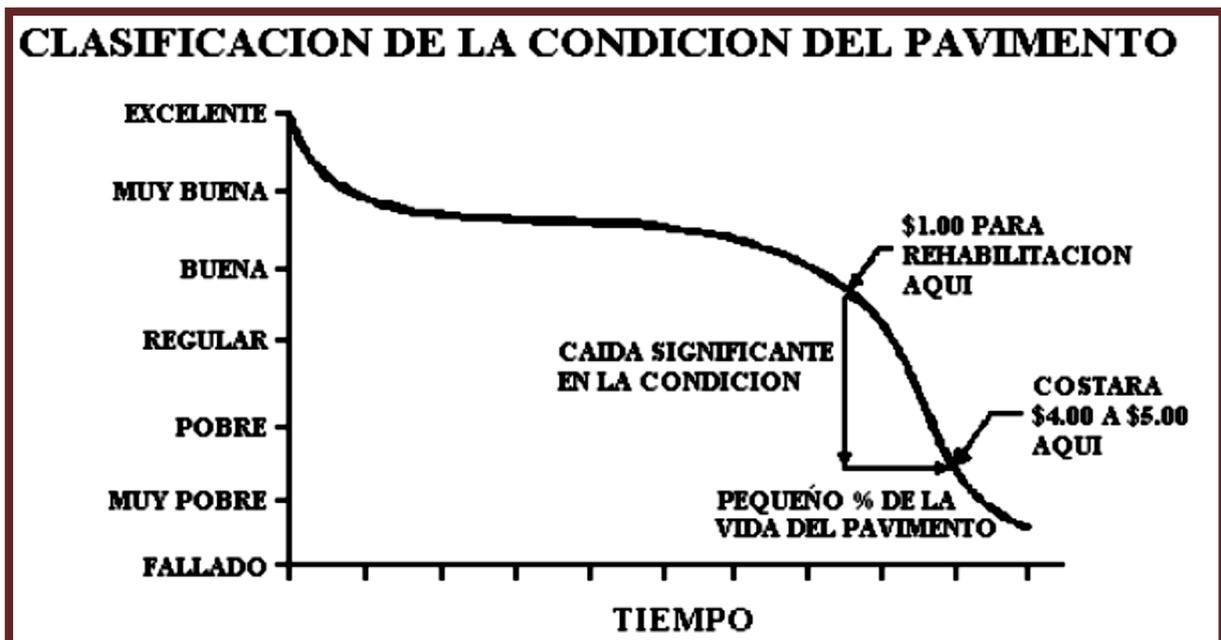


Figura N°02 clasificación de la condición del pavimento (Facultad Ciencia y Tecnología U San Simón. 2004).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Las consecuencias del tiempo de un pobre mantenimiento están ilustradas en la Figura N°02. Si el M&R es ejecutado durante las primeras fases de deterioración, antes de un marcado declive en la condición del pavimento, por encima del 50% de los costos de la reparación puede evitarse, además también pueden evitarse periodos largos de cierre del tráfico y desvíos. Un PMS es una valiosa herramienta que alerta al administrador del pavimento del punto crítico por el ciclo de vida de un pavimento.

En un sistema de administración de pavimentos, lo primero que se debe definir es la red de pavimentos que se desea evaluar. Una vez que la red o redes estén identificadas se deben definir los tramos y secciones. Un tramo está dividido en una o más secciones uniformes para ejecutar las funciones de administración. Las secciones se clasifican de acuerdo a su localización geográfica dentro de la red o de acuerdo a cualquier otro factor que se considere pertinente.

Definición de tramo

Un tramo es un parte fácilmente identificable de la red de pavimento y cada tramo tiene características distintas. Por ejemplo, una calle individual o un lote de parqueo podrían considerarse como un tramo separado dentro de la red vial.

Cada tramo puede identificarse de dos maneras: (1) por descripción alfanumérica denominada "nombre del tramo" y (2) por un código alfanumérico llamado "numero del tramo". Los nombres de las calles son usados típicamente como nombres de tramo.

Definición de sección

Porque los tramos son típicamente unidades grandes en la red de pavimento, esto hace que no siempre tengan las mismas características a lo largo de toda su área o longitud. Por esta razón es que los tramos son divididos en pequeños componentes denominados secciones para propósitos evaluativos. Una sección puede ser vista como una pequeña unidad administrativa cuando se



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

considere la aplicación y la selección del tratamiento de un mantenimiento y rehabilitación. Los factores que se consideren cuando se divide un tramo en secciones son: estructura del pavimento, tráfico, historia constructiva, categoría del pavimento (o clasificación funcional), facilidad de drenaje y hombreras, y su condición.

A continuación se describe cada uno de los factores.

a) **Estructura del pavimento**

Este es uno de los más importantes criterios de división de un tramo en secciones. La composición estructural (espesores y materiales), debe ser constante a lo largo de la sección entera.

b) **Trafico**

El volumen y la intensidad de carga del tráfico deben ser consistentes en cada sección individual. Para los caminos y calles, la consideración primaria debe ser dada al tráfico de camiones. Una intersección se puede tratar como una sección separada si tiene mucho volumen de tráfico que circunda el pavimento.

Para dividir carreteras, es recomendable separar las secciones por cada dirección de tráfico (por carriles de ida y vuelta).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Gráfico de volumen versus intensidad del tránsito en una sección

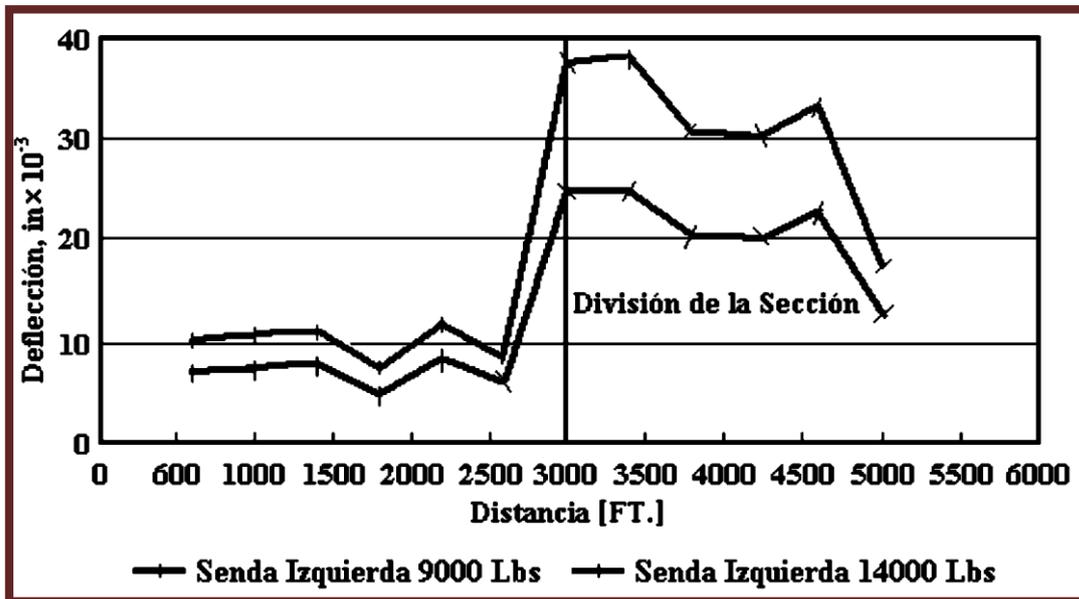


Figura N°03 División de una sección de carretera (Facultad de Ciencia y Tecnología, 2004).

c) **Historia constructiva**

Todo pavimento con una sección dada, debería tener una historia constructiva consecuente. Los pavimentos construidos durante diferentes periodos de tiempo, por diferentes contratistas o usando diferentes materiales o técnicas, deberían considerarse como secciones separadas. Las áreas que han recibido reparaciones mayores como muchos reemplazos de losa o parches también deben ser divididas en las secciones separadas.

d) **Categoría del pavimento**

Si la categoría (o clasificación funcional) cambia a lo largo de la longitud del "Tramo", por ejemplo, de primaria y secundaria (o arterial

A colectora), una división de sección debe generarse.

e) **Facilidad de drenaje hombreras**

Se recomienda que cada sección tenga las mismas características de aprovisionamiento de hombreras y el mismo grado de drenaje.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVILf) **Condiciones**

Después de que cada sección se inspecciona inicialmente, la condición de pavimento dentro de la sección podría usarse para subdividirla en otras secciones si existe una variación considerable en la condición. La condición es una variable importante porque refleja muchos de los factores discutidos previamente. Los cambios en los tipos de anomalía, cantidades, o causas deben tomarse en cuenta.

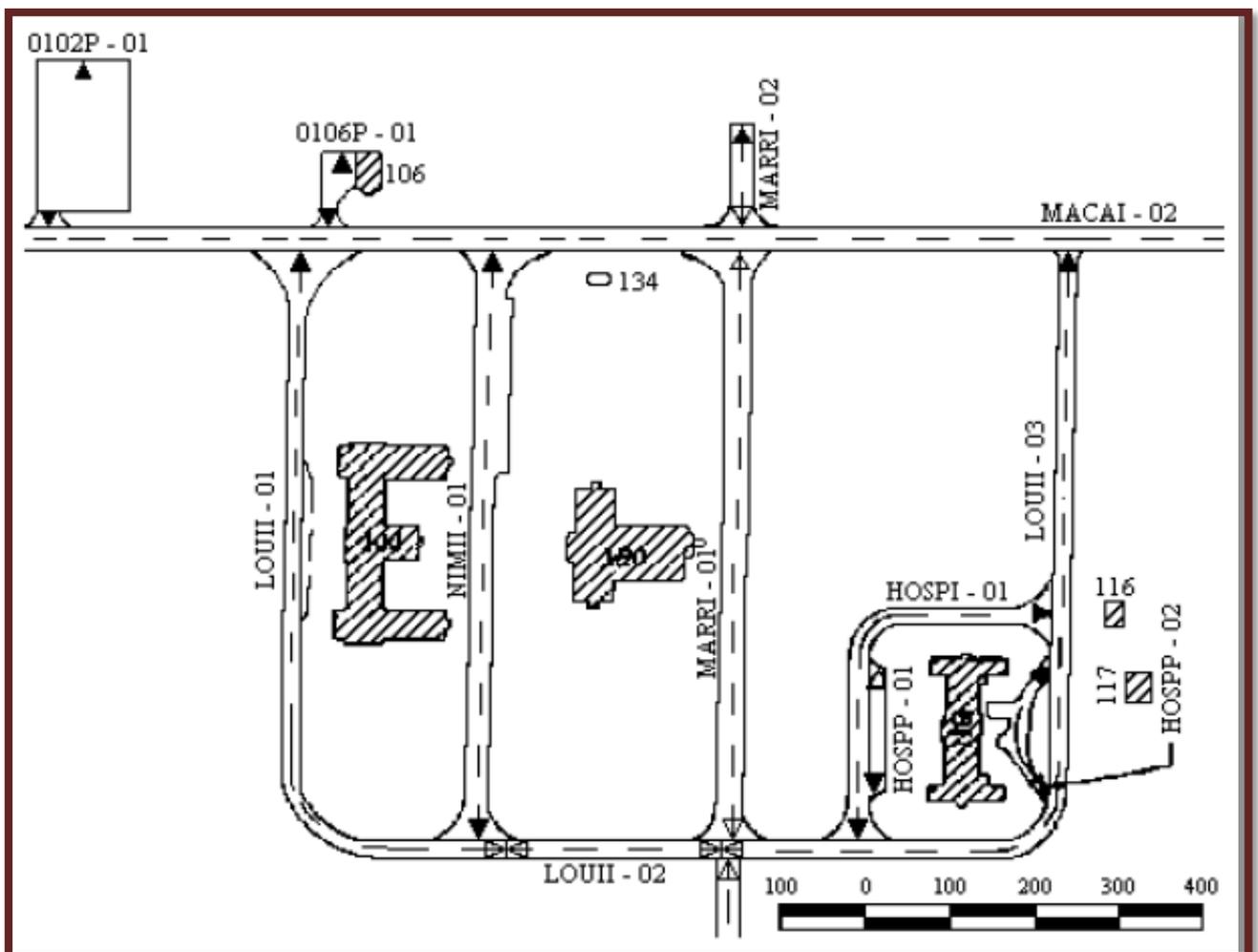
Ejemplo para identificar un tramo y una sección.

Figura N°04 Ejemplo de identificación de tramo y sección. (Facultad de Ciencia y Tecnología, 2004).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.2.4. Índice de condición del pavimento (PCI)

Según (Rodríguez, 2009)

Introducción

El método PCI (índice de condición del pavimento) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del centro de ingeniería de la fuerza aérea de los EE.UU. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y **flexibles**.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el departamento de defensa de los Estados Unidos, el APWA (AMERICAN PUBLIC WORK ASSOCIATION) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen, clases, severidad y cantidad de fallas presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado valor deducido, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad).

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

obtener un índice de la integridad superficial del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentre el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento. (Rodríguez, 2009)

Objetivos

A continuación mencionaremos algunos objetivos que tiene el índice de condición del pavimento:

- Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad superficial y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método que permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente es integridad).

Cuando se habla de integridad superficial, se hace referencia a la capacidad que tiene que tiene la carpeta de rodadura de soportar sollicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. El nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

- Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

Procedimiento para el PCI

Según (Facultad de ciencia y tecnología, 2004).

El PCI es un índice numérico, que varía de 0 para pavimentos fallados, a 100 para pavimentos en perfectas condiciones. El cálculo del PCI está basado en los resultados de una inspección visual de la superficie en la cual el tipo de anomalía, severidad y cantidad son identificadas. El PCI fue desarrollado para



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

proporcionar un índice de la integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie. La información de anomalías obtenida como la parte del estudio de la condición del PCI proporciona una visión de las causas de anomalía, y si es relativo a la carga o al clima. El grado de deterioración del pavimento es una función del tipo de anomalía, severidad de anomalía y cantidad o densidad de anomalía. Debido al número grande de condiciones posibles, producir un índice que tendría en cuenta los tres factores era un problema considerable. Para superar este problema, “los valores deducidos” se introdujeron como un tipo de factor clave para indicar el grado de efecto que cada combinación de tipo anomalía, nivel de severidad y la densidad de anomalía tiene la condición del pavimento.

Para determinar el PCI de una sección de pavimento, primero se divide la sección en unidades de inspección, llamadas “Unidades de Prueba”.

División del pavimento en unidades de prueba

Una unidad de prueba es convenientemente definida como una porción de una sección de pavimento designada solo con los propósitos de la inspección del pavimento. Para caminos sin pavimento y para caminos recubiertos de asfalto (incluidos asfalto sobre concreto), una unidad de prueba está definida como un área de 2500 ± 1000 pies² (232 ± 93 m²).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Ejemplo de una vía dividida en unidades de prueba

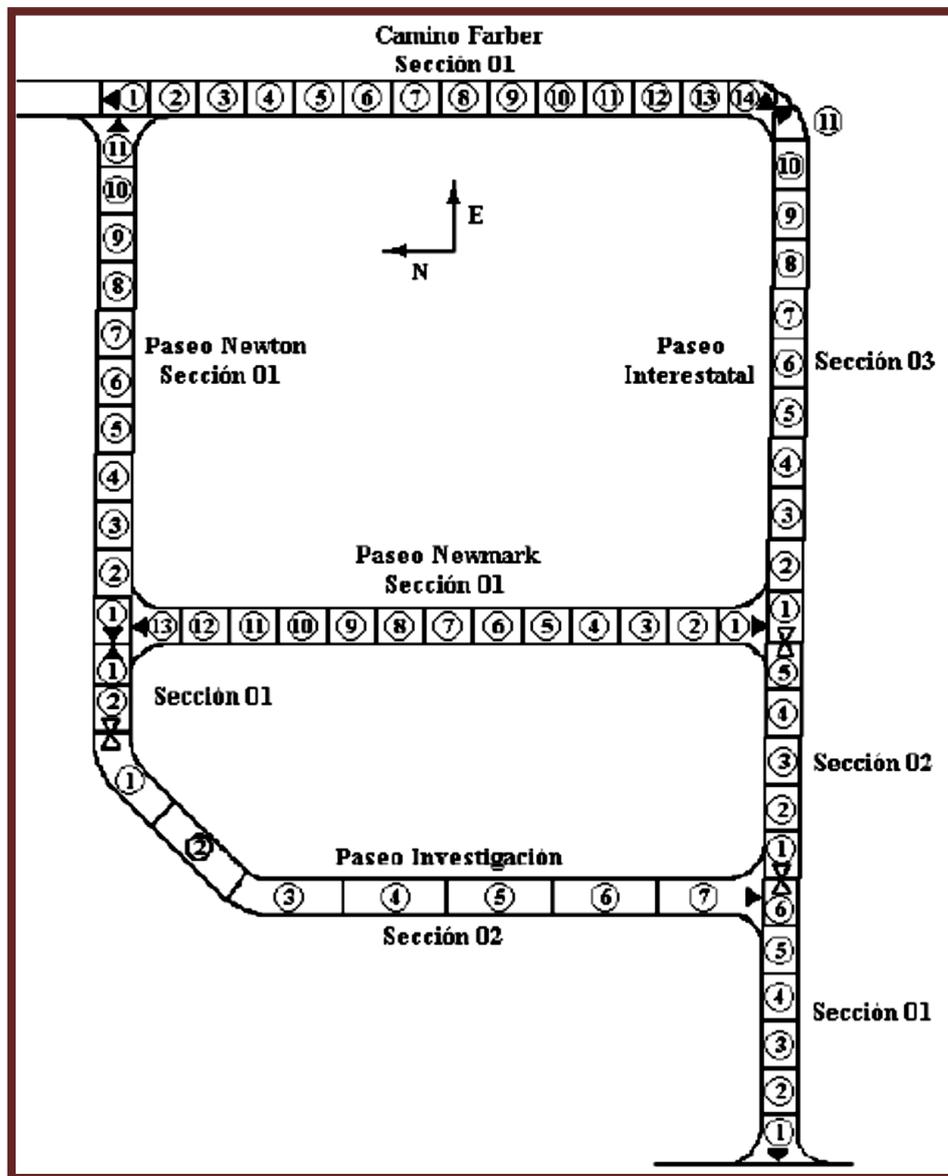


Figura N°05 Ejemplo de una red de camino dividida en unidades de prueba.
(Facultad de Ciencia y Tecnología, U. San Simón, 2004).

Una importante consideración en la división de una sección de pavimento en unidades de prueba es la conveniencia. Por ejemplo, una sección de pavimento de asfalto de 22 pies de ancho por 4720 pies de largo, se puede dividir en 46 unidades de prueba de 22 pies de ancho por 100 pies de largo para un tamaño de unidad de prueba de 2200 pies² y la última de 22 pies por 120 pies o 2640 pies².

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Ejemplo de una sección de pavimento dividida en unidades de prueba.

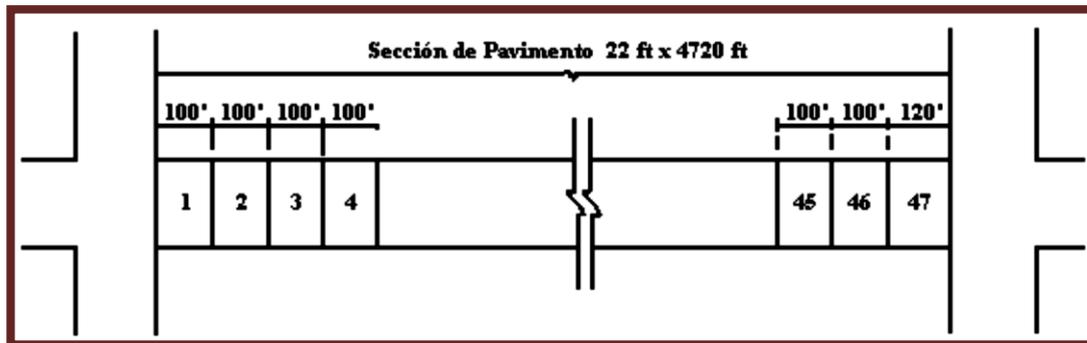


Figura N°06 Ejemplo de una sección de pavimento dividida en unidades de prueba. (Facultad de Ciencia y Tecnología, 2004).

Determinación de unidades de prueba a ser inspeccionadas

La inspección de todas las unidades de prueba en una sección de pavimento puede requerir considerable esfuerzo, especialmente si la sección es grande. Para limitar la cantidad de recursos requeridos para la inspección, se ha desarrollado una aproximación razonable del PCI, estimando por inspección solo un número limitado de unidades de prueba. Es así que tenemos dos métodos de inspección:

- A nivel de proyecto de evaluación
- A nivel de red vial

Solo pasare a desarrollar la determinación de unidades de prueba a ser inspeccionadas a nivel de proyecto de evaluación por ser el método útil para mi investigación.

Inspección a nivel de proyecto de evaluación

Determinación del número de unidades de prueba a ser inspeccionadas

El primer paso en la evaluación es determinar el número mínimo de unidades de prueba (n) que serán evaluados para obtener una

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

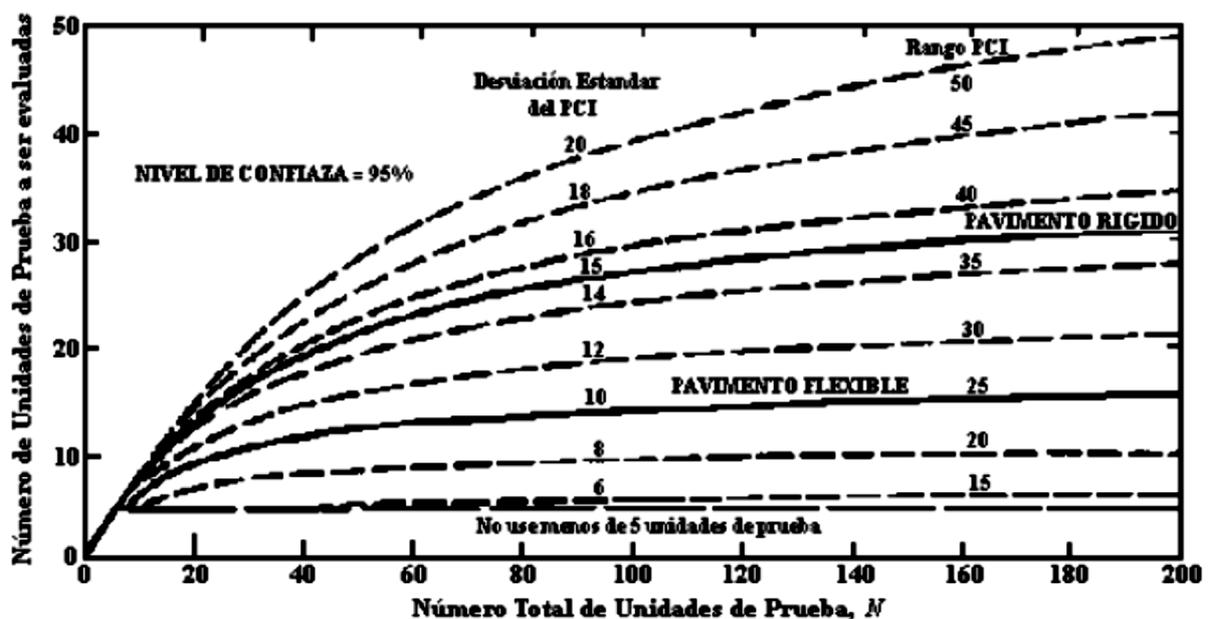
adecuada estimación del PCI de la sección. Este número es determinado para una evaluación de nivel de proyecto usando las curvas mostradas en la figura N°07, usando este número, se obtendrá una estimación razonable del PCI verdadero de la sección. El 95% de los casos, el valor estimado está dentro de +/- 5 puntos del PCI verdadero. Las curvas de la figura N°07 se construyen usando la ecuación N°01.

$$n = \frac{N \cdot s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right) \cdot (N - 1) + s^2}$$

Ecuación N°01

Dónde:

N= Número total de unidades de prueba en la sección de pavimento
e= error permitido en la estimación de la sección PCI (e=5)
s= desviación estándar del PCI entre las unidades de prueba de la sección





UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°07 Selección del número mínimo de unidades de prueba. (Facultad de Ciencia y Tecnología, U. San Simón, 2004).

Las curvas en la figura N°07 pueden usarse basadas en la desviación estándar de PCI entre las unidades de prueba, o rango de PCI (es decir, el PCI de la unidad de prueba más baja se dedujo del PCI de la unidad de prueba más alta). Al realizar la inspección inicial, la desviación estándar del PCI para una sección del pavimento se asume como 10 para pavimentos superficiales de concreto asfáltico (AC) (o rango de PCI de 25) y de 15 para pavimentos superficiales de concreto de cemento portland (PCC) (o rango de PCI de 35). Estos valores están basados en datos de campo obtenidos de muchos estudios; sin embargo, si la experiencia local es diferente, los promedios de las desviaciones estándar que reflejan las condiciones locales deben usarse para la inspección inicial. Para las inspecciones subsecuentes, las desviaciones estándar del PCI real o rango (determinado de la inspección anterior) debe usarse para determinar el número mínimo de unidades de prueba a ser inspeccionadas. Como la figura N°08 muestra, cuando el número total de pruebas dentro de una sección es menos de cinco, se recomienda que todas las unidades de prueba se inspeccionen.

Selección de unidades de prueba para inspeccionar

Es recomendable que las unidades de prueba a ser inspeccionadas estén espaciadas a iguales intervalos a lo largo de la sección; y que el primero sea elegido de forma aleatoria. Esta técnica conocida como el "Sistema Aleatorio" se ilustra en la Figura N°08 y consiste en los siguientes tres pasos:

Número total de unidades de prueba en la sección (N)= 47

Número mínimo de unidades a ser evaluadas (n) = 13

Intervalo (i) = $N/n = 47/13 = 3.6$ = 3

Partida aleatoria (S) = 3



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Ejemplo de un muestreo sistemático aleatorio para el PCI



Figura N°08 Ejemplo de muestro sistemático aleatorio. (Facultad de Ciencia y Tecnología, 2004).

- I. El intervalo de muestreo (i) es determinado por:

$$I = N/n$$

Dónde:

N= al número total de unidades de prueba disponibles

n= número mínimo de unidades de prueba a ser examinados

El intervalo de muestreo (i) es redondeado al número próximo menor (es decir, 3.6 es redondeado a 3).

- II. Las partidas aleatorias se seleccionan de forma aleatoria, entre la primera unidad de prueba 1 y el intervalo de muestreo (i). por ejemplo, si $i=3$, las partidas aleatorias estaría entre 1 y 3.
- III. Las unidades de prueba a ser evaluadas se identifican como: s, s+i, s+2i, etc. Si la partida seleccionada es 3, y el intervalo de muestreo es 3, entonces las unidades de prueba a ser evaluadas son 6, 9, 12, etc.

Selección de unidades de prueba para inspeccionar

El objeto principal de este trabajo es el de estimar la condición de la red obteniendo un índice promedio con el menor costo posible.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Con este criterio, muchas veces, se puede evaluar solo una unidad de prueba, la cual debe ser representativa de la sección. Para realizar esta selección se requiere que el inspector previamente recorra caminando o conduciendo lentamente a lo largo de toda la sección para que seleccione la unidad representativa.

Otra alternativa al previo recorrido a pie, es evaluar varias áreas más pequeñas igualmente espaciadas para que el área total inspeccionada sume igual al área del número deseado de las unidades de prueba a evaluar. Por ejemplo, se decidió inspeccionar una unidad de prueba de una sección de pavimento de asfalto de 25 pies de ancho por 400 pies de largo. El lugar de seleccionar una unidad de prueba representativa que es de 25 pies de ancho por 100 pies de largo, uno puede inspeccionar cinco áreas más pequeñas igualmente espaciadas cada una de 25 pies de ancho por 20 pies de largo. Las áreas se espaciaron a $400/5$ o 80 pies. La primera área se seleccionará dentro de los primeros 80 pies de la sección. Esto eliminara la necesidad del previo recorrido a pie de la sección y puede ser más representativo de la sección. Esta alternativa es más aplicable para los caminos urbanos. En caminos rurales donde las secciones son largas, es conveniente conducir y parar a evaluar una unidad de prueba llena.

Ejecutando la evaluación de condiciones

La evaluación de condiciones de todo asfalto, superficies imprimidas, y asfalto sobre pavimento de concreto, envuelve lo siguiente:

Los procedimientos usados para realizar un estudio de la condición del PCI varía dependiendo del tipo de la superficie del pavimento a evaluarse. Para todos los tipos de superficie, la sección del pavimento debe ser primero dividida en las unidades de prueba y ser seleccionada como se describió anteriormente.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Equipo

Los inspectores necesitan un odómetro de mano para medir las longitudes y áreas con anomalías, una navaja, una regla para medir la profundidad de las depresiones y un manual de anomalías PCI.

Procedimiento

Una unidad de prueba es inspeccionada por medición del tipo de anomalía y la severidad de acuerdo al manual PCI, y se anotan los datos en una hoja de registro de evaluación de condiciones. Las definiciones que se encuentran desarrolladas en el siguiente punto “Tipos, descripción y niveles de severidad”, se deben seguir cerradamente cuando se esté ejecutando una evaluación del PCI. Una hoja de registro de datos es usada para computar el PCI de una unidad de prueba.

Calculo del PCI de una unidad de prueba

Cuando la evaluación de condiciones se ha completado para cada unidad de prueba elegida, los resultados son usados para hallar el PCI. El cálculo del PCI está basado en valores deducidos indicados para cada anomalía. El cálculo del PCI está basado en los factores deducidos de los valores de peso que de 0 a 100 indican el impacto que cada anomalía tiene en la condición del pavimento. Un valor deducido de 0 indica que una anomalía no tiene efecto en el rendimiento del pavimento; de esa manera, un valor de 100 indica una anomalía seriamente seria.

A continuación se realiza una descripción de cada paso.

Paso 1: determinación de los valores deducidos

- a. sumar los totales para cada tipo de anomalía en cada nivel de severidad y registrarlos bajo la columna “Total” en el formulario de evaluación. Las cantidades de la anomalía pueden ser

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

medidas en ft² (m²), ft (m) o cualquier otra unidad de medida, dependiendo del tipo de anomalía.

- b. Dividir la cantidad de cada tipo de anomalía en cada nivel de severidad por el área total de la unidad de prueba, entonces multiplicar por 100 para obtener el porcentaje la densidad por unidad de prueba para cada tipo de anomalía y severidad.
- c. Determinar el valor deducido para cada tipo de anomalía y nivel de severidad de la curva de valores deducidos. La Figura N°09 es un ejemplo de la curva de valor deducido de la anomalía del tipo asfalto 1, “piel de cocodrilo”, para los pavimentos de caminos.

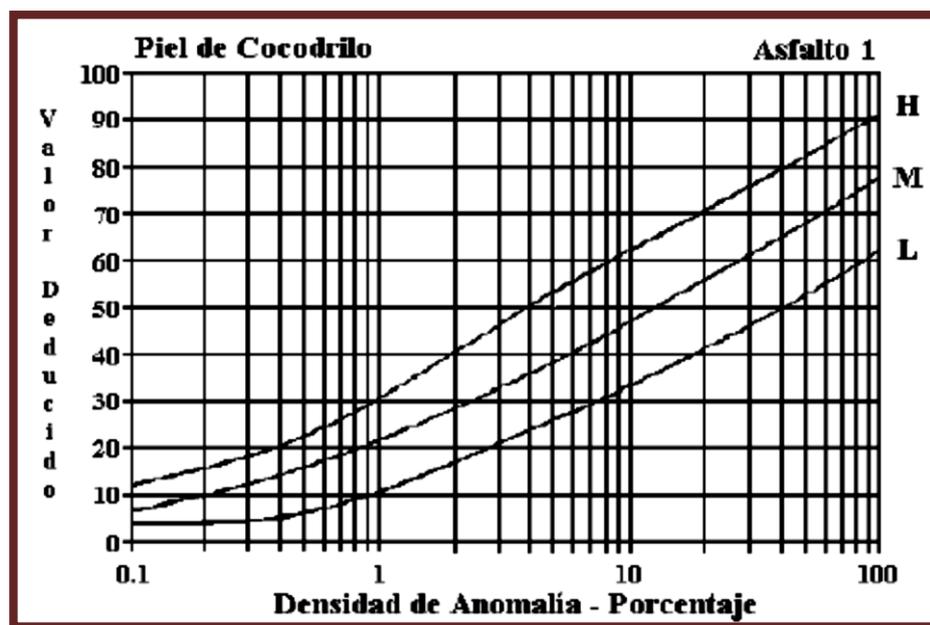


Figura N°09 curva deducida por pavimento AC para anomalía de piel de cocodrilo. (Facultad de ciencia y tecnología, 2004).

Paso 2: Determinación del número máximo aceptable de deducción (m).

- a. Si solo un valor deducido (o ninguno) es >2 , el valor total deducido se usa en lugar del valor máximo de CDV en el paso 4; de otra forma, los pasos b y c deben seguirse.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

- b. Enlistar los “valores deducidos individuales” en orden descendiente.
- c. Determinar el “número de aceptable de deducciones”, m , usando la siguiente ecuación:

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

Ecuación N°02

Dónde:

m_i : número aceptable de deducciones, incluyendo fracciones para la unidad de prueba i .

HDV_i : valor deducido individual más alto para la unidad de prueba i .

- d. Numero de valores deducidos individuales es reducido a m , incluyendo la parte fraccionada, si menos que m valores deducidos están disponibles, entonces todos los valores deducidos son usados.

Paso 3: Determinación del valor deducido máximo compensado (CDV).

El CDV máximo es determinado de forma iterativa, como sigue:

- a. Determinar el número de deducciones con un valor >2 , que será igual a “ q ”.
- b. Determinar el valor deducido total, sumando todos los valores deducidos individuales.
- c. Determinar el valor deducido corregido (CDV) de “ q ” y el valor total deducido por observación de la curva de corrección para pavimentos de caminos de concreto asfaltico (AC).

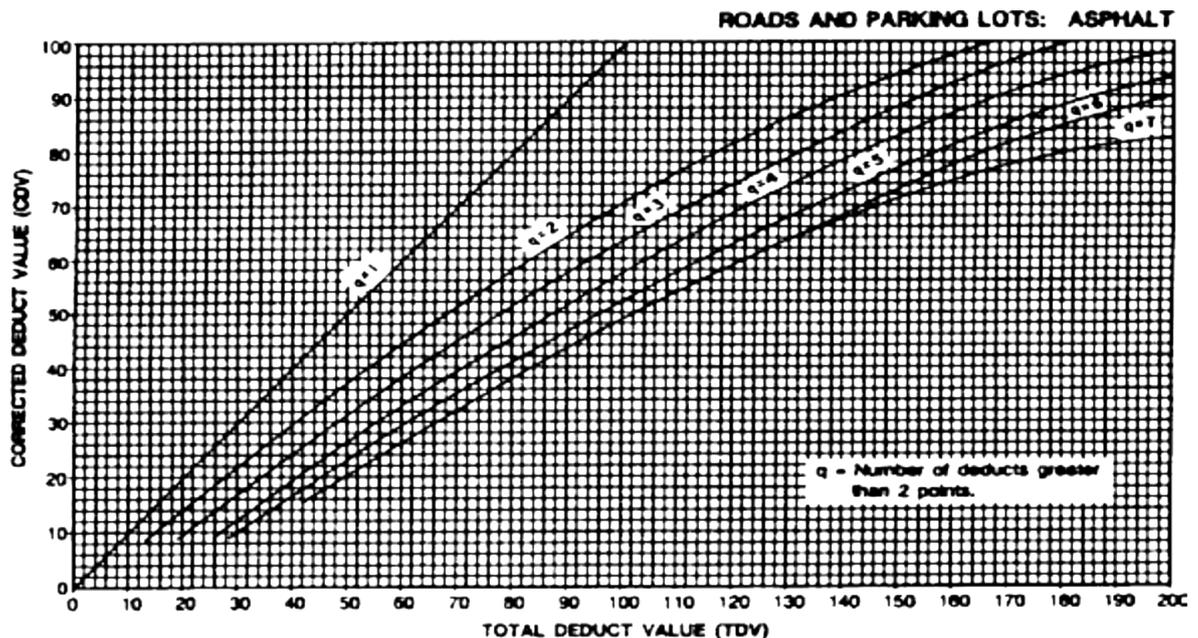
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°10 Curvas de corrección para pavimentos de caminos de concreto asfáltico. (Facultad de Ciencia y Tecnología, U. San Simón, 2004).

- d. Para caminos, reducir hasta 2 el valor deducido individual, comenzando por el más pequeño que sea >2 , hasta un valor menor al valor deducido máximo.

Repetir estos pasos hasta $q=1$.

- e. El máximo CDV es el valor más grande de CDVs determinados.

Paso 4: Calculo del PCI

El PCI se calcula sustrayendo de 100 el valor máximo de CDV.

Calculo del PCI para una sección

Si todas las unidades de prueba en la sección son evaluadas, el PCI de la sección es calculada como la media de los PCIs de todas las unidades de prueba.

Si todas las unidades de prueba evaluadas son seleccionadas usando un sistema aleatorio o en base al más representativo de la sección, el PCI de la sección es determinado por la media de los PCIs de la unidad de prueba inspeccionada.

Si alguna unidad de prueba adicional es inspeccionada, una media ponderada debe ser usada. La media ponderada es computada usando la siguiente ecuación:



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

$$PCI_s = \frac{(N - A) \cdot PCI_r + A \cdot PCI_a}{N}$$

Ecuación N°03

Dónde:

PCIs= PCI de la sección pavimentada.

PCIr= PCI medio de las muestras aleatorias(o representativas)

PCla= PCI medio de las muestras adicionales.

N= número total de muestras de la sección.

A= número total de muestras adicionales inspeccionadas.

Por ejemplo, en una sección, 5 unidades de prueba aleatorias de 13 fueron inspeccionadas y se determinaron los PCIs de 56, 72, 65, 69 y 61, y se incluyeron dos unidades de prueba adicionales con PCIs de 42 y 39, el PCI de la sección sería:

$$(56+72+65+69+61)/5= 64.6$$

$$PCla= (42+39)/2= 40.5$$

$$PCIs= [(13-2)(64.6)+(2)(40.5)]/13= 61$$

➤ Rango de clasificación del PCI

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

Tabla N°3 Rango de clasificación del Índice de Condición del pavimento (PCI). (Paviment Condition Index (PCI), 2006



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2.2.5. Patologías o fallas en el pavimento asfáltico

Falla tipo 1: Piel de cocodrilo

Descripción:

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodamiento bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda.

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante usualmente se presenta acompañado por Ahuellamiento. Inicialmente las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las ruedas.

Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°11 Falla tipo 1: Piel de cocodrilo (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad bajo (low): L

Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan en forma paralela con pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan pérdida del material a lo largo de sus lados.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°12 Falla tipo 1: Piel de cocodrilo nivel bajo (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad medio (m):

Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo de nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente “descascaradas”. Inicia el proceso de interconexión.

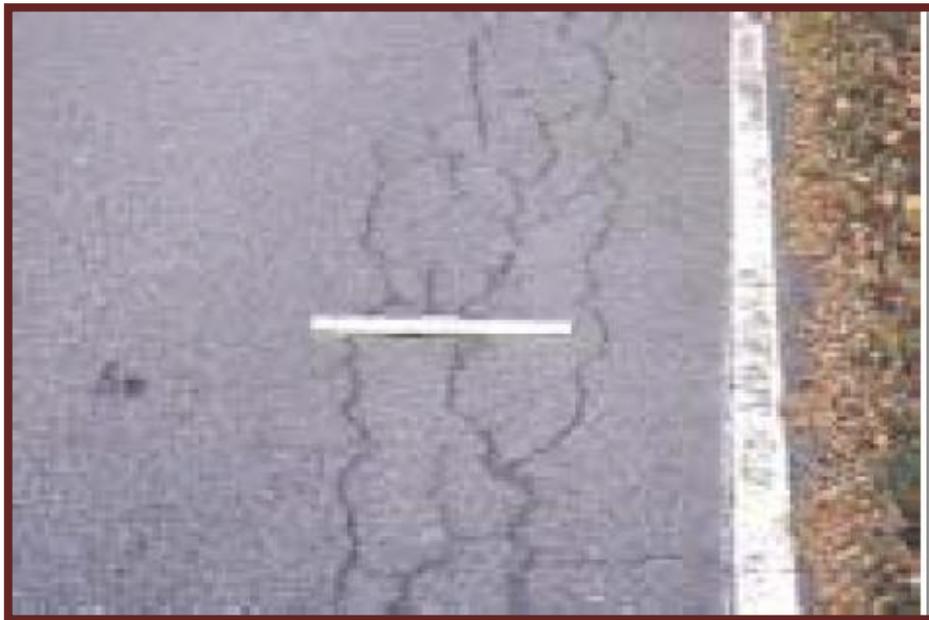


Figura N°13 Falla tipo 1: Piel de cocodrilo nivel medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad alto High: (H)

Red o patrón de grietas que ha evolucionado del tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el efecto del tránsito. Pueden venir acompañadas de Ahuellamiento.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL



Figura N°14 Falla tipo 1: Piel de cocodrilo nivel alto (H).

(Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Medición:

Metros cuadrados (m²) de área afectada.

Falla tipo 2: Mancha en el pavimento (Exudación)

Descripción:

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante y reflectiva que usualmente llega a ser pegajosa.

La exudación puede ser originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de sello asfáltico, bajo contenido de vacíos de aire en la mezcla.

La exudación ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales, emerge entonces se expande en la superficie del pavimento.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura Nº15 Falla tipo 2: Exudación. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad bajo (Low): L

La mancha ha ocurrido solamente en un grado muy ligero, siendo apreciable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los neumáticos de los vehículos.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°16 Falla tipo 2: Exudación nivel bajo (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad medio: (M)

La mancha ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.



Figura N°17 Falla tipo 2: Exudación nivel medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad alto (High): (H)

La mancha ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°18 Falla tipo 2: Exudación nivel alto (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Medición:

Metros cuadrados (m²) de área afectada. Si se contabiliza la mancha no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque)

Descripción:

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares.

Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30mx0.30m a 3.0mx3.0m. Las grietas en bloques se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunos casos pueden aparecer en áreas sin tránsito.

Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente áreas sometidas a cargas vehiculares.



Figura Nº19 Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad bajo (low): (L)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria de material llenante).



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura Nº20 Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque) nivel de severidad bajo (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad medio: (M)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeado de grietas adyacentes pequeñas.
3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeado de grietas adyacentes pequeñas.



Figura Nº21 Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque) nivel de severidad medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad alto (High): (H)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas de severidad media o alta.
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°22 Falla tipo 3: Grietas de contracción (bloque) nivel de severidad alto (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Medición:

Metros cuadrados (m²) de área afectada.

Falla tipo 4: elevaciones y hundimientos

Descripción:

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables.

Los abultamientos pueden ser causados por factores tales como:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento tipo portland con una sobre carpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Infiltración y elevación del material de una grieta en combinación con las cargas del tránsito. Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo-pequeños y abruptos de la superficie del pavimento.

Nivel de severidad bajo (low): (L)

No tienen una consecuencia importante en la calidad de rodaje.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Nivel de severidad medio: (M)

Producen un efecto medio en la calidad del rodaje.



Figura N°23 Falla tipo 4: elevaciones y hundimientos nivel de severidad medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad alto (High): (H)

Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.



Figura N°24 Falla tipo 4: elevaciones y hundimientos nivel de severidad alto (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Medición:

Metros lineales, si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, esta también se registra.

Falla tipo 5: corrugaciones

Descripción:

La corrugación (también llamada sartenejas) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3m.

Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinado con una carpeta o una base inestable.

Nivel de severidad bajo (low): L

No tiene una consecuencia importante en la calidad de rodaje.



Figura Nº25 Falla tipo 5: Corrugaciones nivel de severidad baja (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad medio: (M)

Producen un efecto medio en la calidad de rodaje.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°26 Falla tipo 5: Corrugaciones nivel de severidad media (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad alto (High): (H)

Producen un efecto negativo muy marcado en la calidad de rodaje.

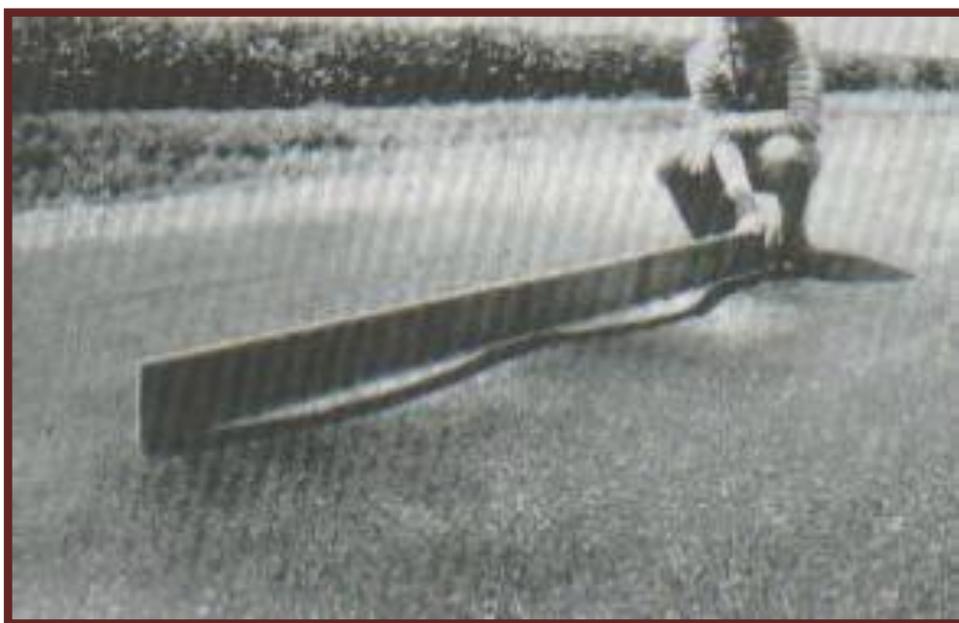


Figura N°27 Falla tipo 5: Corrugaciones nivel de severidad alta (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Medición:

Metros cuadrados (m²) de área afectada.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Falla tipo 6: Depresiones

Descripción:

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves solo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma empozamientos. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada.

Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

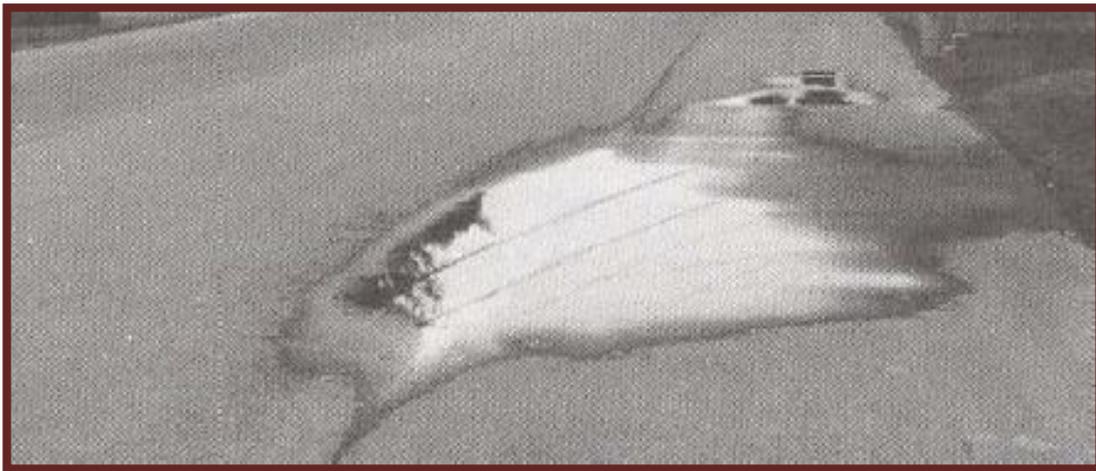


Figura N°28 Falla tipo 6: Depresiones. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad bajo (low): L

Máxima profundidad de la depresión: 13.0 a 25.0 mm.

Nivel de severidad medio: M

Máxima profundidad de la depresión: 25.0 a 51 mm.

Nivel de severidad alto (High): (H)

Profundidad de la depresión: más de 51 mm.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°29 Falla tipo 6: Depresiones de nivel de severidad alta (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Medición:

Metros cuadrados (m²) del área afectada.

Falla tipo 7: grietas o fisuras de borde

Descripción:

Las grietas de borde son paralelas y generalmente están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m. del borde exterior del pavimento.

Este daño puede originarse por debilitamiento debido a condiciones climáticas de la base o de la subrasante en sectores próximos al borde del pavimento, por falta de soporte lateral o por terraplenes construidos con materiales expansivos. El deterioro de la falla de borde se acelera por el efecto de las cargas del tránsito. En algunos casos se puede llegar a producir pérdida del material por disgregación.

Nivel de severidad baja (low). (L)

Grietas o fisuras de baja severidad de disgregación.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL



Figura N°30 Falla tipo 7: Grietas o fisuras de borde de nivel de severidad baja (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad medio: (M)

Grietas de media severidad con algo de disgregación y rotura de los bordes.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°31 Falla tipo 7: Grietas o fisuras de borde de nivel de severidad media (M). (Ing. Corros, Urbaz y Corredor, 2009)

Nivel de severidad alta (High): (H)

Considerable rotura de borde y disgregación en las grietas.



Figura N°32 Falla tipo 7: Grietas o fisuras de borde de nivel de severidad alto (H). (Ing. Corros, Urbaz y Corredor, 2009)

Medición:

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

La grieta o fisura de borde se mide en metros lineales.

Falla tipo 8: grietas de reflexión de juntas

Descripción:

Daño ocurrido solamente en pavimentos asfálticos construidos sobre una losa de concreto de cemento tipo portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizados con cemento o cal).

Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento portland, inducido por temperatura o humedad.

Este daño no está relacionado con las cargas, sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella esta descascarada.



Figura N°33 Falla tipo 8: Grietas de reflexión de juntas. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de seguridad bajo (low): (L)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello).



Figura N°34 Falla tipo 8: Grietas de reflexión de juntas de nivel de severidad bajo (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad medio: (M)

Existe una de las condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeado de grietas adyacentes pequeñas.
3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeado de grietas adyacentes pequeñas.

Nivel de severidad alto (High): (H)

Existe una de las condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°35 Falla tipo 8: Grietas de reflexión de juntas de nivel de severidad alta (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Medición:

Metros lineales, la longitud y nivel de severidad debe registrarse por separado.

Falla tipo 9: desnivel calzada-hombrillo

Descripción:

El desnivel calzada-hombrillo es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y el hombrillo. Este daño se debe a la erosión o asentamiento del hombrillo o a la colocación de sobre carpetas en la calzada sin elevar el nivel del hombrillo.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°36 Falla tipo 9: Desnivel calzada-hombrilla. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad bajo (Low): (L)

La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo esta entre 25.0 y 51.0 mm.

Nivel de severidad medio: (M)

La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo esta entre 51.0 y 102.0mm.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°37 Falla tipo 9: Desnivel calzada-hombrilla nivel de severidad medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad alto (High): (H)

La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo es mayor de 102.0 mm.

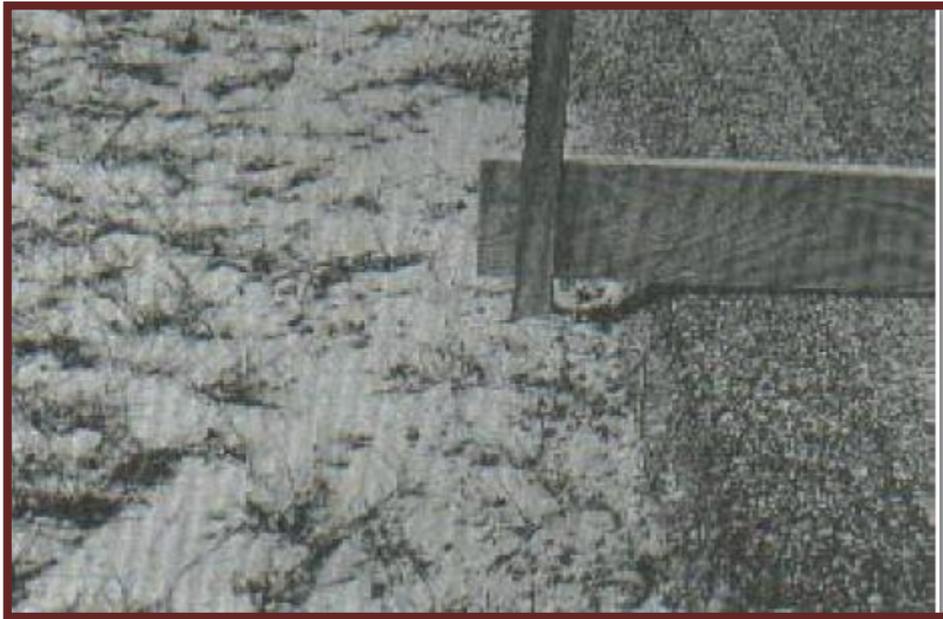


Figura N°38 Falla tipo 9: Desnivel calzada-hombrilla nivel de severidad alto (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Medición:

Metros lineales

Falla tipo 10: grietas longitudinales y transversales

Descripción:

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del Pavimento y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al envejecimiento del asfalto.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento portland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo.

Usualmente este tipo de grietas no está asociado con cargas.

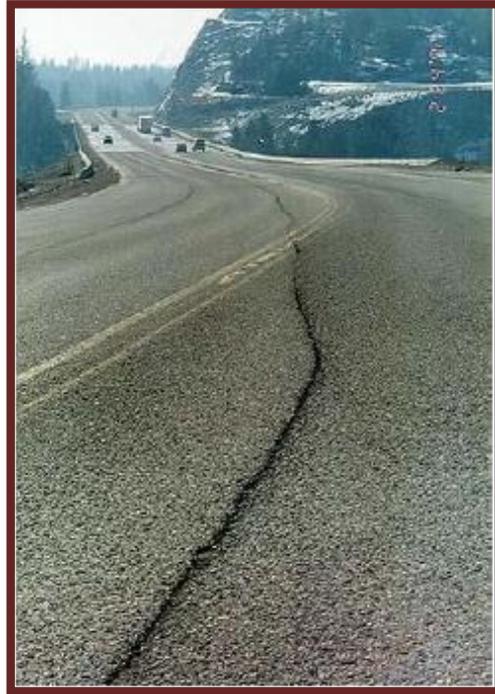


Figura N°39 Falla tipo 10: Grietas longitudinales y transversales. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad bajo (Low): (L)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°40 Falla tipo 10: Grietas longitudinales y transversales de nivel de severidad bajo (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad medio: (M)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.
3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

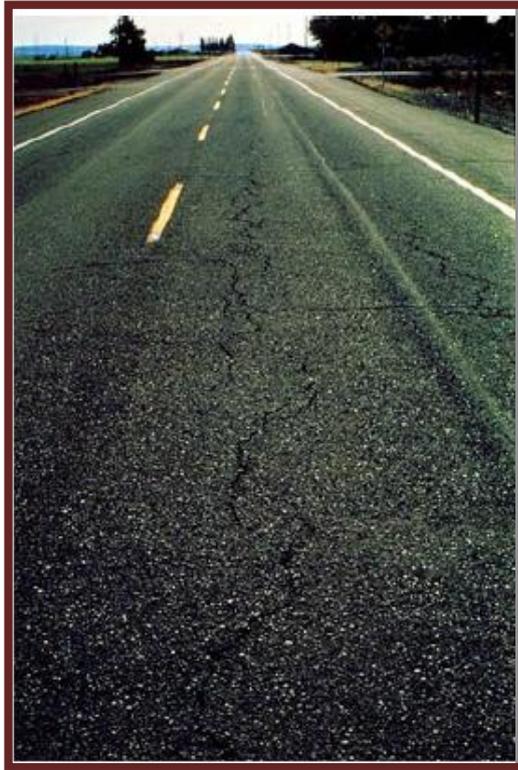


Figura N°41 Falla tipo 10: Grietas longitudinales y transversales de nivel de severidad medio (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad alto (High): (H)

Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas de severidad media o alta.
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
3. Una grieta de cualquier ancho; el pavimento alrededor de la misma está severamente fracturada.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

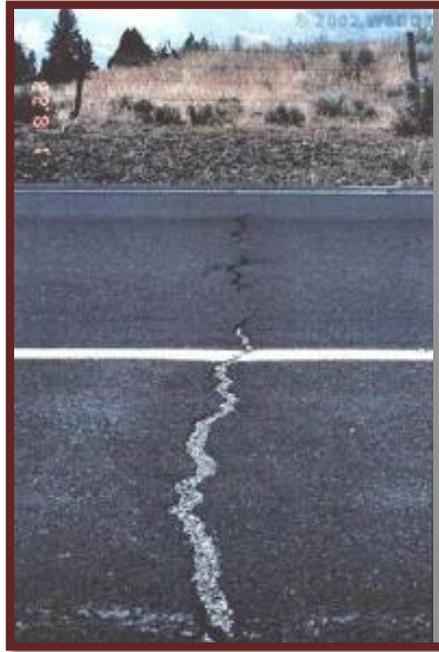


Figura N°42 Falla tipo 10: Grietas longitudinales y transversales de nivel de severidad alto (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Medición:

Metros lineales. La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación.

Falla tipo 11: bacheo y zanjas reparadas

Descripción:

Un bache es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nueva para reparar el pavimento existente.

Un bache se considera un defecto, no importa que bien se comporte (usualmente, un área bacheada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original del pavimento).

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°43 Falla tipo 11: Bacheo y zanjas reparadas. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad bajo (Low): (L)

El bache está en buena condición y es satisfactoria. El efecto sobre la calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

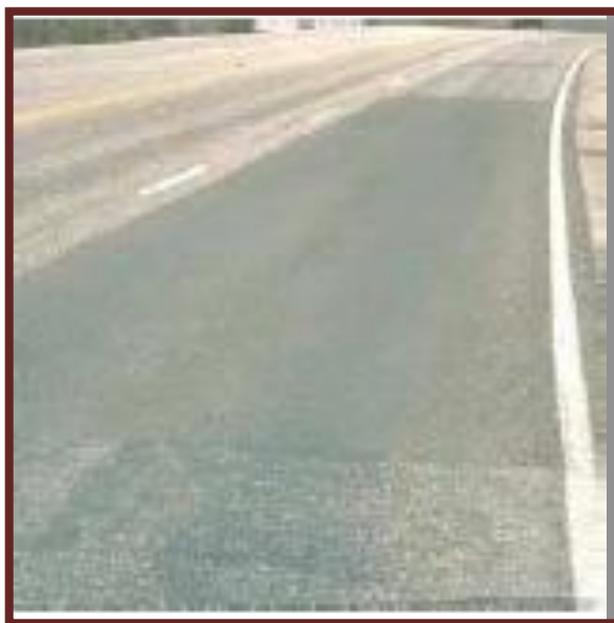


Figura N°44 Falla tipo 11: Bacheo y zanjas reparadas de nivel de severidad bajo (L). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009)

Nivel de severidad medio: (M)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

El bache esta moderadamente deteriorado o el efecto sobre la calidad del tránsito se califican como de severidad media.



Figura N°45 Falla tipo 11: Bacheo y zanjas reparadas de nivel de severidad media (M). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Nivel de severidad alto (High): (H)

El bache está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad requiere pronta sustitución.



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL

Figura N°46 Falla tipo 11: Bacheo y zanjas reparadas de nivel de severidad alta (H). (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).

Medición:

En metros cuadrados (m²) el área afectada, sin embargo, si un solo bache tiene áreas de diferente severidad, estas se deben medirse y registrarse de forma separada.

Falla tipo 12: Agregados pulidos

Descripción:

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente.

Este tipo de daño se registra cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.



Figura N°47 Falla tipo 12: Agregados pulidos. (Ing. Corros, Urbaez y Corredor, 2009).