

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

SEDE JAÉN



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL
DEL PAVIMENTO FLEXIBLE A NIVEL DE CARPETA ASFÁLTICA
DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA
PERICOS - SAN IGNACIO.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: EDGARD RAMIRO MUÑOZ FERNÁNDEZ

ASESOR: Msc. ING. ALBERTICO ALADINO BADA ALDAVE

JAÉN - CAJAMARCA - PERÚ

2014

COPYRIGHT © 2014 by
EDGARD RAMIRO MUÑOZ FERNÁNDEZ
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Padre Celestial, ser maravilloso que me diera fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar. A mi padre Benicio Muñoz Guevara, por su ayuda incondicional, mi madre Fráxila Fernández Morales, por sus consejos y ejemplo de perseverancia.

Al Ing. Albertico Aladino Bada Aldave por su asesoría, paciencia y su valioso aporte en la elaboración y desarrollo del estudio.

Al Ing. Juan Carlos Condori por su ayuda y motivación para la realización de este anhelo.

A la empresa Energoprojekt Niskograndja por las facilidades y el aporte de sus profesionales que me brindaron en la orientación de la tesis.

A la familia Falla Cuzca que siempre se mantuvieron a la expectativa de mis logros y progreso personal, infinitas gracias Sr. Manuel, Sra. Olga, Ingrid por cuidar de mi esposa.

A:

A mi Padre Celestial por las infinitas oportunidades que me ha brindado y ayudado en cada momento para lograr alcanzar mis metas.

A mi amada esposa Ana Lyly por su comprensión y ayuda en la redacción de la tesis, por alentarme para que esto se haga realidad, para ti mi amor ejemplo de mujer.

A mi querido pequeño, mi motivo e inspiración para seguir adelante con fuerza, pronto estarás con nosotros hijo mío.

A mis queridos padres por su cuidado y enseñarme lo bello de la vida, por sus consejos, y porque con su apoyo y sacrificio hicieron posible la conclusión de mi carrera profesional.

A mis hermanos y hermanas por su apoyo constante y preocupación que juntos como familia nos hemos mantenido siempre unidos.

A Tefy, Yampier, Yerson, Yhon, Diego, Katty, Victor, Brayan y Angelo, mis queridos sobrinos la alegría de la familia, el futuro del mañana.

CONTENIDO

Ítem	Pág.
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes Teóricos	14
2.2. Bases Teóricas	15
2.2.1. Pavimentos	15
Clasificación de los pavimentos	16
2.2.2. Evaluación de pavimentos	18
A. Evaluación Funcional	19
Método de Medición: El rugosímetro MERLIN	25
B. Evaluación Estructural	33
Medición de deflexiones mediante el equipo - Viga Benkelman	38
2.3 Definición de términos básicos	42
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1 Ensayo con la Viga Benkelman	46
3.1.1 Procedimiento	46
3.1.2 Personal y equipo necesario para realizar el ensayo con Viga Benkelman	51
3.2 Procedimiento del ensayo con el equipo Merlin	53
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
4.1 Resultados de la evaluación estructural	57
4.2 Análisis y resultados de la evaluación funcional	61
4.3 Contrastación de hipótesis	65
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1 Conclusiones	66
5.2 Recomendaciones	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

ANEXOS	70
ANEXO A: Hoja de Recolección de datos - Equipo Viga Benkelman.	71
ANEXO B: Hoja de recolección de datos - Equipo Merlin	72
ANEXO C: Cálculo de las deflexiones corregidas Km0+000-Km5+000 Carril Derecho.	73
ANEXO D: Cálculo de las deflexiones corregidas Km0+000-Km5+000 Carril Izquierdo	76
ANEXO E: Cálculo de las deflexiones corregidas - Tramo total	79
ANEXO F: Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Km0+000 Km5+000 – Lado derecho	85
ANEXO G: Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Km5+000 Km0+000 – Lado izquierdo.....	97
ANEXO H: Resumen cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) carril izquierdo – carril derecho.	109
ANEXO I: Cálculo de deflexión admisible.	110
ANEXO J: Imágenes tomadas en campo realizando los ensayos con los equipos Merlin y Viga Benkelman.	111

INDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
Tabla 1. Escala de Índice de Serviciabilidad. -----	20
Tabla 2. Rugosidad Inicial IRI, Según Tipo de Carretera con Carpeta Asfáltica en Caliente. -----	22
Tabla 3. Definición de Deflexión Característica según tipo de carretera. -----	35
Tabla 4. Análisis Combinado de los Resultados de la Evaluación. -----	37
Tabla 5. Factor de corrección por estacionalidad. -----	41
Tabla 6. Ubicación geográfica punto de partida - punto final. -----	44
Tabla 7. Coordenadas UTM punto de partida – punto final. -----	44
Tabla 8. Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento. -----	47
Tabla 9. Estadística Descriptiva de Mediciones con Viga Benkelman -----	57
Tabla 10. Estadística Descriptiva de Mediciones con Viga Benkelman - tramo total -----	58
Tabla 11. Resultado de la rugosidad para carril derecho - carril izquierdo -----	61
Tabla 12. Resultado de la rugosidad para el tramo total -----	61

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Escala de Rugosidad IRI (m/Km). -----	21
Figura 2. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio. -----	23
Figura 3. Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva. -----	24
Figura 4. Esquema del Rugosímetro Merlin. -----	27
Figura 5. Escala para determinar la dispersión de las divisiones de la superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio. -----	28
Figura 6. Gráfico de Deflexiones Admisibles. -----	36
Figura 7. Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman. -----	39
Figura 8. Mapa de la Región y Provincias de Cajamarca -----	45
Figura 9. Localización del Proyecto y tramo en estudio. -----	46
Figura 10. Esquema de frecuencia de mediciones con Viga Benkelman. -----	46
Figura 11. Inicio de tramo en estudio Km 0+000 -----	47
Figura 12. Configuración Geométrica del Sistema de Carga en la Viga Benkelman. -----	48
Figura 13. Colocación de la Viga Benkelman, Posición inicial y final. -----	49
Figura 14. Esquematación del Proceso de Medición con la Viga Benkelman. --	50
Figura 15. Recolección de datos en campo – Equipo Merlin -----	53
Figura 16. Manija y estabilizador del equipo. -----	54
Figura 17. Forma correcta de operar el equipo. -----	55
Figura 18. Estructura del Pavimento flexible. -----	56
Figura 19. Deflexiones corregidas carril derecho. -----	59
Figura 20. Deflexiones corregidas carril izquierdo. -----	60
Figura 21. Rugosidad Lado derecho - IRI (m/km.) – carpeta asfáltica. -----	63
Figura 22. Rugosidad Lado izquierdo - IRI (m/km.) – carpeta asfáltica. -----	64

LISTA DE ABREVIACIONES

AASHTO	: American Association of State Highways and Transportation Officials.
AASHO	: American Association of State Highways Officials.
CBR	: California Bearing Ratio, o sea Valor Soporte California.
CONREVIAl	: Estudio de Rehabilitación de Carreteras del País. MTC - Perú
FWD	: Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer)
IRI	: Índice de Rugosidad Superficial.
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
PSI	: Present Serviceability Index.
QI	: Quarter-car Index
TRRL	: Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos.
TPDA	: Tráfico Promedio Diario Anual.

RESUMEN

El presente estudio, se realizó durante la construcción de la carretera Pericos – San Ignacio, en el tramo que corresponde KM0+000,00 - KM05+000,00, con la finalidad de determinar en qué medida la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica de la carretera reúne condiciones de calidad, de acuerdo al Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG-2013). Los principales objetivos son: Identificar y encontrar los parámetros que establece la EG-2013 y determinar la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica utilizando los equipos Viga Benkelman y el Merlin.

El método empleado fue descriptivo y de diseño transversal; Las mediciones se realizaron empleando una Viga Benkelman, se midieron deflexiones a varias distancias del eje de la carga (0; 25; 50; 100 y 500cm) con el fin de definir el cuenco de deflexiones, para determinar la rugosidad se efectuaron 200 observaciones de las irregularidades que presenta la carpeta de rodadura del pavimento flexible, cada una de las cuáles fueron detectadas por el patín móvil del Merlin.

Concluida la recolección de datos, se procedió a codificar, tabular y organizar la información mediante cuadros estadísticos. Al análisis de los resultados se encontró que la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica utilizando los equipos Viga Benkelman y el Merlin indican que la estructura del pavimento flexible se encuentra en buen estado y en óptimas condiciones cumpliendo con las especificaciones de la EG-2013, concluyendo así en la afirmación de la hipótesis.

PALABRAS CLAVES: Carretera, capacidad estructural, capacidad funcional, pavimento flexible, deflexiones y rugosidad

ABSTRACT

The present study was carried out during the construction of the road Pericos - San Ignacio, in the section that corresponds KM0 + 000.00 - KM05 + 000.00, in order to determine to what extent the structural and functional capacity of flexible pavement at the asphalt road level meets quality conditions, according to the Manual for Roads "General Technical Specifications for Construction" (EG-2013). The main objectives are: To identify and find the parameters set by the EG-2013 and determinate the structural and functional capacity of flexible pavement at the asphalt level using Viga Benkelman and Merlin equipment.

The method used was descriptive and cross-sectional design; deflections were measured at various distances from the axis of the load (0, 25, 50, 100 and 500cm) to define deflection bowl. 200 observations of "irregularities that presents the pavement" were made in order to determine a value of roughness, each was detected by Merlin's mobile skate.

Once completed the data collection, information was encode and organized using statistical tables. By analyzing the results of this study made with Viga Benkelman and Merlin equipment, it was found that the structure of the flexible pavement is in good and optimal condition complying with the specifications of the EG-2013, concluding thus with the statement of the hypothesis.

KEYWORDS: Road, structural capacity, functional capacity, flexible pavement, deflections and roughness.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la capacidad estructural y funcional capa a capa durante la construcción de pavimentos flexible utilizando ensayos no destructivos, es una alternativa usada en otros países.

Durante la construcción de una estructura de pavimento se llevan a cabo un conjunto de ensayos (tradicionales) para determinar las características de las capas, de forma tal que cumplan con las especificaciones del proyecto y los requerimientos del diseño.

Actualmente, se están realizando una secuencia de mediciones como la Viga Benkelman y el Merlin (Machine for Evaluating Roughnes using low cost instrumentation) en tramos en construcción con diferentes características en las capas que conforman el pavimento y en diferentes condiciones climáticas.

Estas mediciones se efectúan en las diversas capas del pavimento con el propósito de definir indicadores para controlar la capacidad estructural exigida en cada una de ellas y evaluar la irregularidad superficial. Esto permitirá obtener una base de datos adecuada que ayudará a establecer recomendaciones y pautas para umbrales de medición que permitan asegurar la calidad de la construcción realizando las medidas correctivas in-situ.

Además es importante buscar indicadores que permitan complementariamente evaluar la estructura de pavimento como un conjunto y con sus propiedades en terreno, de esta manera podremos modelar adecuadamente la estructura de pavimento al momento de diseñarla y realizar correcciones durante la construcción para obtener una estructura homogénea a lo largo del proyecto.

También es necesario determinar características funcionales de las capas como su irregularidad y textura durante la construcción, permitiendo así, mejorar la serviciabilidad inicial al momento de la puesta en servicio. Con estos indicadores se podría tener control sobre la homogeneidad y calidad de la estructura y superficie de los

pavimentos durante su construcción y con ello obtener un buen comportamiento y por consiguiente una mayor rentabilidad de la inversión en obras viales.

Así mediante este proyecto de tesis se pretende evaluar la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica durante el proceso de construcción de la carretera teniendo en cuenta la utilización de la Viga Benkelman y el Merlin (Machine for Evaluating Roughness using low cost instrumentation).

Cada año la construcción de carreteras en nuestro país van en aumento es por eso que se debe hacer hincapié en el comportamiento de la estructura y en la capacidad funcional del pavimento, de tal manera que se cumplan con las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013. En la revisión bibliográfica se encontró investigaciones relacionadas al tema de estudio, realizada en diferentes países y otras partes del Perú, pero ninguna realizada a nivel local y observando el avance del desarrollo de nuestra localidad en la construcción de carreteras, se formula la siguiente interrogante: ¿En qué medida la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica de la carretera Pericos - San Ignacio, reúne condiciones de calidad de acuerdo a la EG-2013 en el proceso constructivo?

El presente estudio buscó solucionar los posibles deterioros y fallas en los pavimentos flexibles, del km0+000 – km05+000 correspondiente a la carretera Pericos – San Ignacio. Los equipos que se utilizaron para el proceso de evaluación son la Viga Benkelman y el Merlin, la evaluación estructural y funcional se realizó a nivel de carpeta asfáltica considerando la deflectometría y rugosidad del pavimento flexible en estudio.

El objetivo de la investigación consistió en determinar en qué medida la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica de la carretera Pericos – San Ignacio reúne condiciones de calidad, de acuerdo a la EG-2013; como objetivos específicos: Identificar y encontrar los parámetros que establecen la especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 y determinar la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica utilizando la Viga Benkelman y el Merlin.

De acuerdo al problema planteado se formula la siguiente hipótesis en la cual se indica que la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica de la carretera Pericos - San Ignacio, reúne las condiciones de calidad de acuerdo a las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013, durante el proceso de construcción.

Este documento se ha organizado en cinco capítulos: El Capítulo I, contiene el problema en estudio, así como su importancia, objetivos, hipótesis y alcances de la investigación; el Capítulo II, corresponde al marco teórico en el que se describe aspectos importantes sobre las investigaciones que existen sobre el tema, los fundamentos teóricos que sirven de base o fundamento para la investigación y la definición de términos básicos que apoyan en la literatura; el Capítulo III, indica los materiales, métodos del estudio de cada ensayo realizado in situ; el Capítulo IV, contiene el análisis y discusión de resultados; y en el Capítulo V las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos:

Según Severich y Valenzuela, (2010), en el estudio: La rehabilitación de pavimentos asfálticos de la ciudad de Cochabamba mediante el fresado y reciclado en frío, realizaron la comparación de alternativas de rehabilitación, donde se concluye que el proceso de fresado y reciclado en frío es un método viable para la rehabilitación del pavimento asfáltico y es viable debido al amplio campo de aplicación, al corto tiempo de ejecución, a la minimización del impacto ambiental y el bajo costo por metro cuadrado comparado con los métodos no convencionales de rehabilitación.

Según Onofre, et al, (2008), en su estudio: Determinación del índice de rugosidad internacional de pavimentos usando el perfilómetro 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 y obtención del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), el cual se determinó con la ayuda de programas de análisis de perfiles de rodadura.

Según Hoffman y Del Águila, (1985), en el estudio: Evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (Ensayos No Destructivos), presenta una metodología simple para la evaluación estructural de pavimentos basada en la interpretación de curvas de deflexiones, la cual es ilustrada con datos obtenidos durante la Supervisión de la Carretera Talara-Cancas. Esta metodología fue desarrollada e implementada en numerosos proyectos en diversos países por Louis Berger International. Este informe presenta toda la información necesaria para medir, procesar, analizar e interpretar los resultados obtenidos de la metodología de evaluación estructural.

Se incluyen, además, numerosos ejemplos de verificación y análisis de sensibilidad de las soluciones obtenidas que permiten apreciar el potencial y la utilidad de las metodologías propuestas.

Según Cárdenas, (2007), en su estudio: Procesamiento de Datos, Diseño y Construcción de un Analizador Electrónico de Rugosidad de Pavimentos, ha logrado implementar y probar el correcto funcionamiento de un sistema analizador de rugosidad de pavimentos, contando con diseños de hardware y software para la facilidad de adquisición de datos, fácil manejo del equipo, portatibilidad, bajo costo para su reproducción, y sobre todo que se adecua a los requerimientos de las empresas que analizan la rugosidad y transitabilidad de un pavimento.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Pavimentos

Afirma Monsalve, Giraldo (2012), que un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y constituyen 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 transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. Un pavimento debe cumplir adecuadamente sus funciones y reunir los siguientes parámetros:

Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito y ante los agentes de intemperismo.

Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.

Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.

Debe ser durable y económico.

El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, deber ser adecuadamente moderado.

Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

Clasificación de los pavimentos:

En nuestro medio, los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, semirrígido, rígidos y articulados.

Pavimentos flexibles: Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra. (Monsalve, Giraldo 2012)

Pavimento semirrígido: Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción. (Monsalve, Giraldo 2012)

Pavimento rígido: Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido.

Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en ciertos grados, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. (Montes, 2004)

Pavimento articulado: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento. (Montes, 2004)

Funciones de las capas de un pavimento flexible:

Sub base granular

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 la deformación: algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios externos de temperatura, pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

Resistencia: la sub base 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. (Monsalve, Giraldo, 2012)

Base granular

Resistencia: la función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. (Monsalve, Giraldo, 2012)

Carpeta Asfáltica

Superficie de rodadura: la carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.

Resistencia: su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

Impermeabilidad: hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento. (Monsalve, Giraldo, 2012)

2.2.2 Evaluación de pavimentos

La evaluación técnica del estado del pavimento, desde el punto de vista del nivel de servicio que otorga al usuario, como de la capacidad de resistir las solicitaciones de cargas durante un periodo de su vida útil, es el paso fundamental para asignar las acciones de conservación más adecuadas que deben ser aplicadas en el pavimento a evaluar.

El diagnóstico de las condiciones del pavimento comprende básicamente una evaluación del estado funcional del pavimento y una evaluación de las condiciones estructurales de este. (Orozco, 2004)

A. Evaluación Funcional

La evaluación funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos factores que afectan negativamente a la serviciabilidad, seguridad y costos del usuario. Entre este tipo de deficiencias se encuentran: Rugosidad, Fallas Superficiales y Pérdidas de fricción. (Thenoux, Gaete, 2010).

Serviciabilidad – Regularidad Superficial

La satisfacción de los usuarios se manifiesta, fundamentalmente, por la calidad en que se encuentra la superficie de rodadura y los elementos que constituyen la seguridad vial. AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials), fue la primera en sistematizar un procedimiento objetivo para establecer el nivel de deterioro de los pavimentos, procurando relacionar la condición funcional con la estructural. Para el efecto introdujo el concepto de Present Serviciability Index (PSI), que fue derivado de una encuesta efectuada en la década del 60 entre usuarios de carreteras en los Estados Unidos. El Present Serviciability Index o la serviciabilidad fue definida como la capacidad de un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñado. Los pavimentos fueron calificados con notas cuyos valores extremos variaban desde 0, para un camino intransitable, hasta 5 para una superficie en perfectas condiciones (situación ideal). (Manual de Carreteras, 2013).

La ecuación específica para calcular el PSI de la guía AASHTO se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$IRI = 5.5 \times \ln\left(\frac{5}{PSI}\right) \quad \text{Para } IRI < 12 \dots \dots \dots (1)$$

Ordenando términos tenemos:

$$PSI = \frac{5}{\frac{IRI}{e^{5.5}}} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

I.R.I. = Rugosidad en escala I.R.I.

P.S.I. = Índice de Serviciabilidad Presente

Tabla 1. Escala de Índice de Serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calidad
5	Muy Buena
4	Buena
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

(Fuente: Guía AASHTO)

La calificación del estado de un pavimento a través del PSI o el Índice de Serviciabilidad es el resultado de una apreciación visual de la condición superficial de un pavimento. A partir del estudio Brasil (GEIPOT, 1982; Paterson, 1987), se evaluaron y modelaron los efectos físicos de deterioro y mantenimiento del pavimento, definiéndose un nuevo indicador, que se denominó Índice de Rugosidad Internacional o IRI, que representa la regularidad superficial de un pavimento y afecta la operación vehicular, en cuanto a seguridad, confort, velocidad de viaje y desgaste de partes del vehículo. Los estudios del Banco Mundial permiten determinar la rugosidad tanto con equipos debidamente calibrados, como a partir de evaluaciones visuales que relacionan el tipo y estado general del pavimento con la velocidad de operación de los vehículos. A continuación se presenta un gráfico (traducido y adaptado de "Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements", Sayers M.W., Gillespie T.D., Paterson W.D; World Bank Technical Paper Number No 46, 1986), donde se muestra escalas de rugosidad para distintos tipos de pavimento y condición. (Manual de Carreteras, 2013)

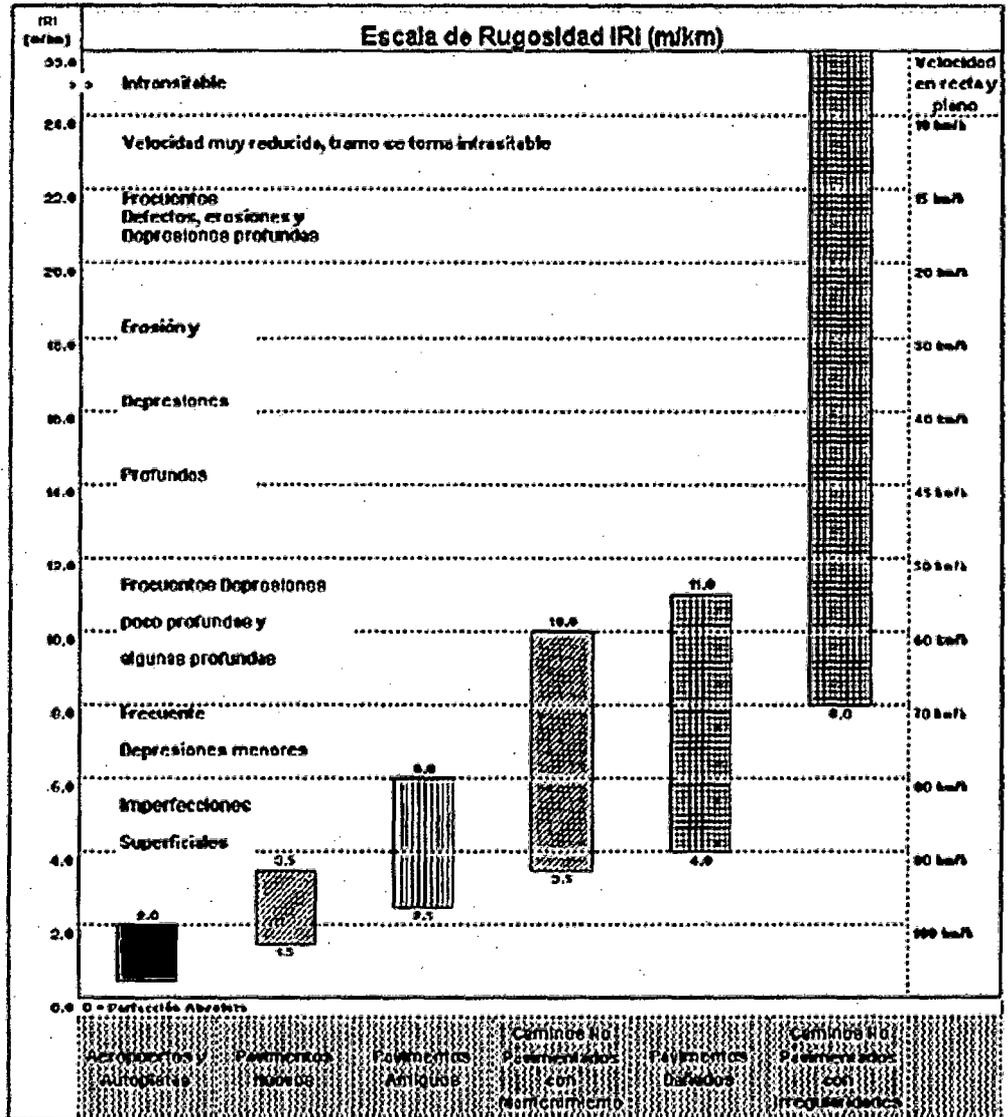


Figura 1. Escala de Rugosidad IRI (m/Km)

Para la rugosidad inicial de un pavimento nuevo y de un pavimento existente reforzado, asimismo para la rugosidad durante el periodo de servicio, se recomienda los siguientes valores:

Tabla 2. Rugosidad Inicial IRI, Según Tipo de Carretera con Carpeta Asfáltica en Caliente

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Período de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

(Fuente: Manual de Carreteras, 2013)

Metodología para la determinación de la rugosidad mediante equipo Merlin:

Fundamentos Teóricos:

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La fig.2 ilustra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”. (Del Águila, 1998)

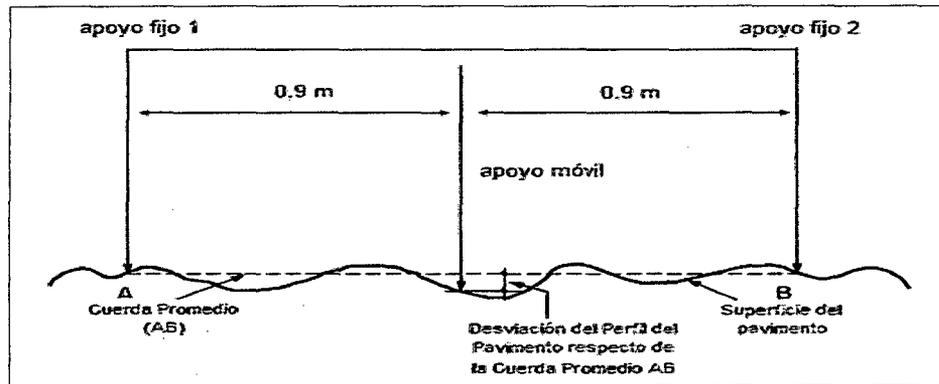


Figura 2. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio.

La longitud de la cuerda promedio es 1,80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. (Del Águila, 1998)

Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (fig.3). (Del Águila, 1998)

El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”. (Del Águila, 1998)

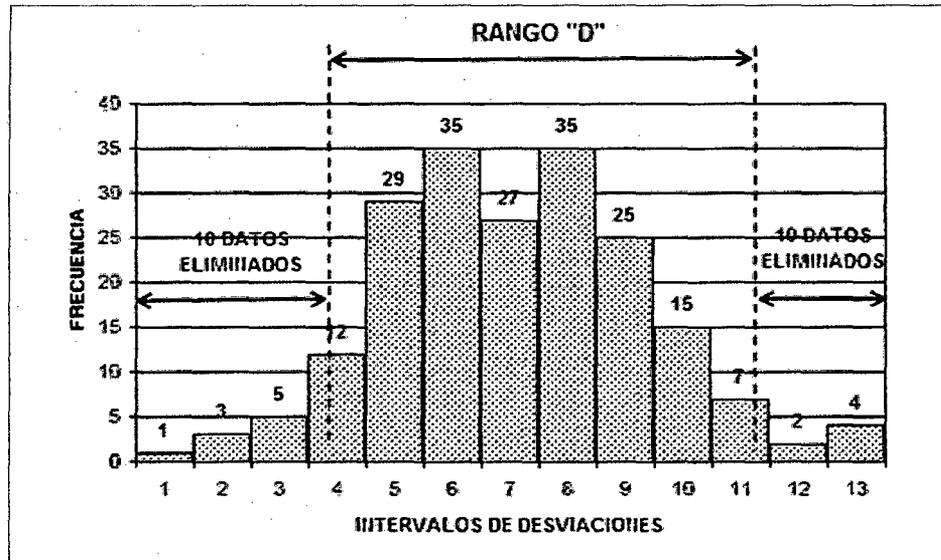


Figura 3. Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL). Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Index (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto. (Del Águila, 1998)

Correlaciones Rugosidad (D) versus Índice de Rugosidad Internacional (IRI):

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

$$\text{Cuando } 2,4 < \text{IRI} < 15,9, \text{ entonces } \text{IRI} = 0,593 + 0,0471D \dots (3)$$

$$\text{Cuando } \text{IRI} < 2,4, \text{ entonces } \text{IRI} = 0,0485D \dots (4)$$

La expresión 3 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado. (Del Águila, 1998)

La expresión 4 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos. (Del Águila, 1998)

Existen otras expresiones que han sido estudiadas para el caso de superficies que presentan cierto patrón de deformación que incide, de una manera particular, en las medidas que proporciona en Merlin. M.A. Cundill del TRRL estableció en 1996, para el caso de superficies con macadam de penetración de extendido manual, la siguiente expresión:

$$IRI= 1,913+0,0490D..... (5)$$

Método de Medición: El rugosímetro Merlin

Es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú en 1993.

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). (Del Águila, 1998)

La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

El método de medición que utiliza el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 1. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0,98$). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros. (Del Águila, 1998)

El MERLIN es un equipo de diseño simple. La fig.4 presenta un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal.

Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo.

El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla. (Del Águila, 1998)

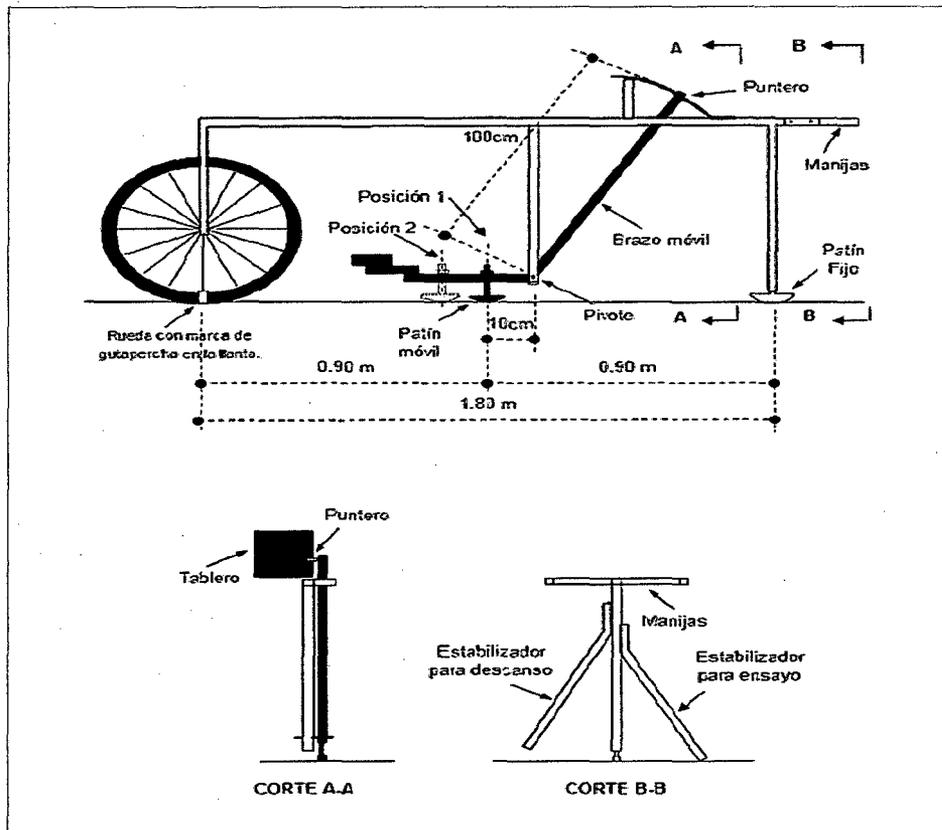


Figura 4. Esquema del Rugosímetro Merlin.

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil.

El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cuál se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento.

La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero. (Del Águila, 1998)

Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero (fig.5).

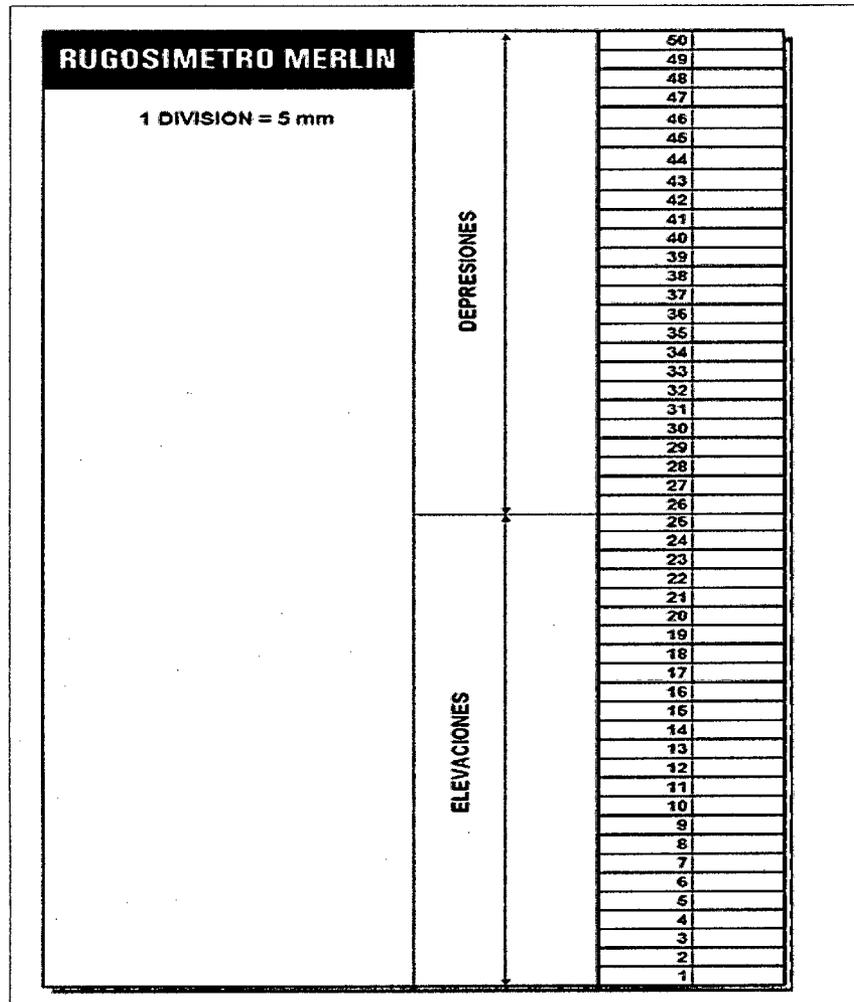


Figura 5. Escala para determinar la dispersión de las divisiones de la superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio.

Método para el cálculo de la rugosidad:

Cálculo del Rango “D”: Como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La división número 25 debe ser tal que corresponda a la posición central del puntero sobre el tablero cuando el perfil del terreno coincide con la línea o cuerda promedio. En la medida que las diversas posiciones que adopte el puntero coincidan con la división 25 o con alguna cercana (dispersión baja), el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igual o cercano a una línea recta (baja rugosidad). Por el contrario, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la división número 25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con múltiples inflexiones (rugosidad elevada). (Del Águila, 1998)

La dispersión de los datos obtenidos con el MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma.

Posteriormente se establece el rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. (Del Águila, 1998)

Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos.

El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cual se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros. (Del Águila, 1998)

Factor de corrección para el ajuste de “D”:

Las ecuaciones 3 y 4 representan correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10. Esta relación en la práctica suele variar, y depende del desgaste que experimenta el patín del brazo móvil del instrumento. En consecuencia, para corregir los resultados se verifica la relación de brazos actual del instrumento, y se determina un factor de corrección que permita llevar los valores a condiciones estándar.

Para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 6 mm de espesor, y se procede de la siguiente manera:

- a. Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros, utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de milímetro. El espesor se calculará como el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas.
- b. Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso. Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso.

Esta acción hará que el puntero sobre el tablero se desplace, asumiendo una relación de brazos estándar de 1 a 10, una distancia igual al espesor de la pastilla multiplicado por 10, lo que significa, considerando que cada casillero mide 5 mm, que el puntero se ubicará aproximadamente en el casillero 12, siempre y cuando la relación de brazos actual del equipo sea igual a la asumida. (Del Águila, 1998)

Si no sucede eso, se deberá encontrar un factor de corrección (F.C.) usando la siguiente expresión:

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5] \dots\dots\dots (6)$$

Donde,

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

Variación de relación de brazos:

Para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante:

- a. Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición standard que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.

- b. Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados. En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2. (Del Águila, 1998)

Cálculo del Rango “D” corregido:

El valor D calculado, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección y la Relación de Brazos empleada en los ensayos.

Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades MERLIN”.

Determinación de la rugosidad en la escala del IRI:

Para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a la escala del IRI, se usa las expresiones (3) y (4).

Límites de la rugosidad para el control de calidad de pavimentos:

Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o rehabilitados, la rugosidad o regularidad superficial se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI Característico, el cual es definido por la siguiente expresión: (Del Águila, 1998)

$$IRI_c = IRI_p + 1.645\sigma \dots\dots\dots (7)$$

Donde,

IRI_c: IRI característico

IRI_p: IRI promedio

σ : Desviación Estándar

De acuerdo al factor de correlación empleado (K=1,645), se cumplirá que el 95% del pavimento experimentará una rugosidad igual o menor al IRI característico.

Calculado el IRI característico, el sector o tramo será aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

- a. Para pavimentos asfálticos nuevos, el IRI_c deberá ser menor o igual a 2,0 m/km.
- b. Para pavimentos con recapado asfáltico, el IRI_c deberá ser menor o igual a 2,5 m/km.
- c. Para pavimentos con sellado asfáltico, el IRI_c deberá ser menor o igual a 3,0 m/km.

En caso de no cumplirse con estos límites, el sector o tramo deberá subdividirse en secciones de rugosidad homogénea, y se calculará el IRI característico para cada una de ellas, los que deberán cumplir los límites indicados. (Del Águila, 1998)

B. Evaluación Estructural

La Evaluación Estructural permite determinar la capacidad del pavimento actual para soportar las solicitaciones consideradas en el diseño. Para determinar esta capacidad, existen una serie de ensayos, siendo los más tradicionales los de tipos destructivos (requieren extraer una muestra del pavimento y/o de los suelos de fundación). Existen tecnologías alternativas que permiten efectuar mediciones de la capacidad estructural de manera no destructiva, con el cual se obtienen las mediciones de deflexión de los pavimentos. (Manual de carreteras, 2013)

Esta alternativa de evaluación se fundamenta en el estudio de las deformaciones verticales en la superficie del pavimento a consecuencia de la aplicación de una determinada carga móvil y/o estática. La deflexión es una medida de respuesta global del sistema “Pavimento-Subrasante” frente a una solicitud.

El campo de aplicación de la deflectometría es muy amplio empleándose principalmente para:

Determinar la vida remanente de un pavimento y la condición de un pavimento con miras a su mantenimiento.

Evaluar estructuralmente al pavimento con miras a su rehabilitación.

Existe una gran variedad de equipos destinados a medir las deflexiones del pavimento, encontrándose de los más simples y versátiles (Viga Benkelman) hasta los más sofisticados y costosos, pero de gran rendimiento operacional (FallingWeight Deflectometer, FWD). (Manual de carreteras, 2013)

La evaluación estructural del pavimento, tiene por objeto la cuantificación de la capacidad estructural remanente del pavimento. La falta de capacidad estructural de un pavimento genera en este un deterioro progresivo que se manifiesta en niveles excesivos de agrietamientos y deformaciones, no recuperables a través de la simple aplicación de acciones de conservación preventivas. (Thenoux, Gaete 2010)

La evaluación superficial se complementa con la evaluación estructural mediante la medición de deflexiones con equipos.

Asimismo, en muchos casos es necesario recurrir también a la realización de calicatas, sondeos, toma de muestras y ensayos de laboratorio para verificar las hipótesis deducidas de la evaluación superficial.

La deflectometría es el estudio de las deformaciones verticales de la superficie de una calzada, a consecuencia de la acción de una determinada carga o sollicitación.

La deflexión es una medida de la respuesta del conjunto “pavimento – subrasante” frente a una determinada sollicitación, indicando la adecuabilidad del pavimento desde el punto de vista estructural.

La medición deflexiones se efectuará según lo especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC. Una vez efectuadas las mediciones se elaborará un deflectograma, que permite analizar la variabilidad de la capacidad estructural del pavimento existente, para finalmente determinar los sectores de características o comportamiento homogéneo, definiendo para cada sector homogéneo la correspondiente deflexión característica, que es el valor que mejor representa un determinado sector. (Manual de carreteras, 2013)

Tabla 3. Definición de Deflexión Característica según tipo de carretera

Tipo de Carretera	Deflexión Característica Dc	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	$Dc = Dm + 1.645 \times ds$	Deflexión característica, para una Confianza de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	$Dc = Dm + 1.645 \times ds$	Deflexión característica, para una Confianza de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$Dc = Dm + 1.645 \times ds$	Deflexión característica, para una Confianza de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$Dc = Dm + 1.282 \times ds$	Deflexión característica, para una Confianza de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$Dc = Dm + 1.282 \times ds$	Deflexión característica, para una Confianza de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	$Dc = Dm + 1.036 \times ds$	Deflexión característica, para una Confianza de 85%

Nota: Dc = Deflexión característica, Dm= Deflexión media, ds= desviación estándar

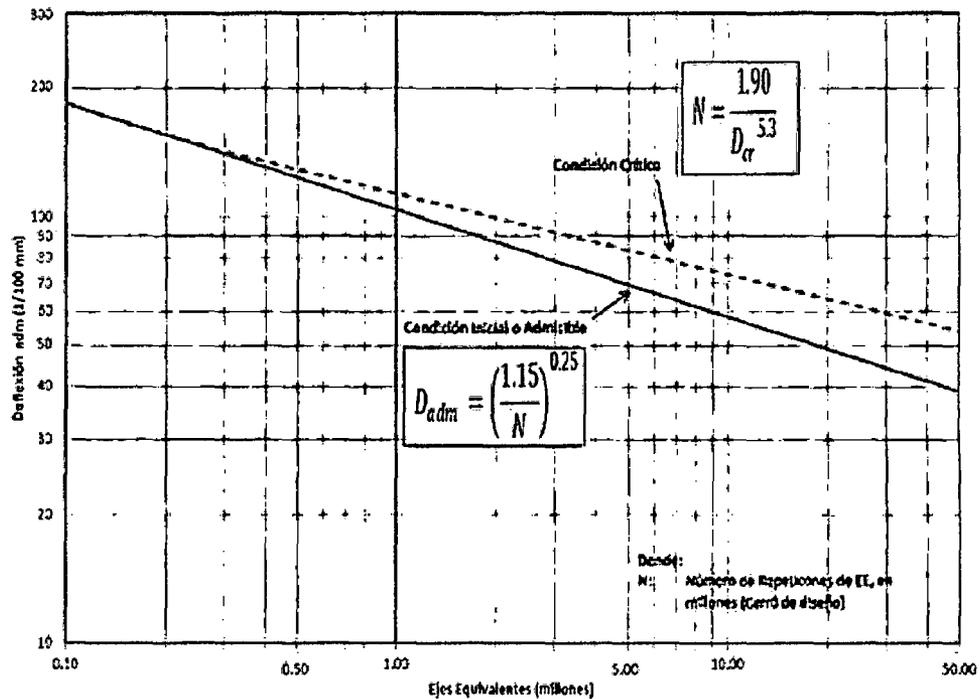
Las deflexiones se comparan con el valor límite admisible, que es la deflexión tolerable que garantiza un comportamiento satisfactorio del pavimento en relación con el tráfico que debe soportar. Para el presente estudio se ha adoptado la relación propuesta para el paquete estructural del pavimento, por CONREVIAl (Estudio de Rehabilitación de Carreteras del País. MTC-Perú):

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{N}\right)^{0.25} \dots\dots\dots (8)$$

Dónde:

D_{adm} = Deflexión admisible en mm (a comparar con deflexiones viga Benkelman)

N = Número de repeticiones de ejes equivalentes en millones



Fuente: Manual de Carreteras 2013

Figura 6. Gráfico de Deflexiones Admisibles

Las deflexiones características y admisible, se comparan mediante un análisis combinado de los resultados de la evaluación, presentándose una serie de posibilidades que merecen ser analizadas para finalmente establecer la capacidad estructural del pavimento existente en relación al tráfico y cargas circulantes, definiendo si la estructura del pavimento es adecuada y sólo requiere de una renovación superficial; o, se encuentra fatigada y requiere un refuerzo estructural; o, es una estructura deficiente y requiere una reconstrucción parcial o total. (Manual de carreteras, 2013)

Para la diferenciación de casos que podrían presentarse en el análisis de la evaluación se presenta el siguiente cuadro, el mismo que compara la deflexión característica con la admisible, en función del tráfico futuro:

Tabla N° 4. Análisis Combinado de los Resultados de la Evaluación.

PRIMER PASO	SEGUNDO PASO	TERCER PASO	CUARTO PASO	CASOS
1° La deflexión característica resulta:	SUPERIOR	NO: Estructura infradiseñada para el tráfico previsto		PRIMER CASO Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto
	2° Hay fallas de origen estructural?	SI: 3° Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas?	NO: Las fallas se deben a otra causas	SEGUNDO CASO Este es el paso avanzado del primer caso, cuando no se han tomado a tiempo las medidas necesarias
			SI: Radio de curvatura pequeño (menor ó igual a 80m)	TERCER CASO Está caracterizado por la presencia de una capa débil subyacente a la asfáltica, que determina que la deformación de esta última bajo cargas no encuentra apoyo suficiente y sea mayor a la que le correspondería en ausencia del espesor débil.
	IGUAL O INFERIOR	NO: Corregir fallas de origen superficial		
2° Hay fallas de origen estructural?		SI: 3° De que tipo?	Fallas por fatiga (piel de cocodrilo)	TERCER CASO En este caso los radios de curvatura de la línea de deflexión son reducidos y el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo es posible aún con deflexiones admisibles
			Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80 m)	
			Capa débil inmediatamente debajo de las asfálticas	
PRIMER PASO	SEGUNDO PASO	TERCER PASO	CUARTO PASO	CASOS
			Fallas por deformación permanente de la fundación que se traducen en depresiones, ahuecamiento marcado (mayor a 12 mm), ondulaciones, etc	CUARTO CASO Se caracteriza por el desarrollo de deformaciones permanentes, en particular ahueamiento en la zona de canalización del tráfico, no atribuibles a desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por deficiente estabilidad o compactación, es decir que afectan a toda la estructura. Se trata por lo general de pavimentos antiguos que han sido reforzados con capas asfálticas de espesor suficiente para evitar las fallas por fatiga pero insuficientes para compensar la debilidad de la fundación original. En estos casos las medidas de deflexión pueden no ser significativas, aquí lo más importantes es apreciar el valor portante de la fundación y el aporte estructural que aún puede prestar el pavimento original y las capas asfálticas de refuerzo existentes.

Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País - CONREVIAl

Como resultado de estos estudios y del análisis de la magnitud, severidad y frecuencia de las degradaciones superficiales, se determinarán los sectores que requieren de trabajos de renovación superficial, refuerzo estructural o reconstrucción parcial o total. (Manual de Carreteras, 2013)

Medición de deflexiones mediante el equipo - Viga Benkelman:

Las deflexiones producidas en la superficie de un pavimento flexible, por acción de cargas vehiculares, pueden ser determinadas haciendo uso de deflectómetros tales como el denominado "Viga Benkelman". Llamado así en honor al Ing. A.C. Benkelman, quién la desarrollo en 1953 como parte del programa de ensayos viales de la ASSHO Road Test.

Desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos flexibles, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que proporciona. (Hoffman y Del Águila, 1985)

Esquema y operación de la Viga Benkelman:

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la fig. 7-a, la viga consta esencialmente de dos partes: (1) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos "A" y uno trasero regulable "B") y (2) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote "C", uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto "D") y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (punto "E").

Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas, como se verá más adelante. (Hoffman y Del Águila, 1985)

El extremo "D" o "punta de la viga" es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo "C", con respecto al cuerpo AB, determinando que el extremo "E" produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro.

La operación expuesta representa el "principio de medición" con la Viga Benkelman. Lo que se hace después son sólo cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las dos lecturas obtenidas es posible determinar cuánto deflectó el pavimento en el lugar subyacente al punto "D" de la viga, durante el procedimiento descrito. Es de anotar que en realidad lo que se mide es la recuperación del punto "D" al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar ésta.

Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez que los valores dados por el extensómetro (EE') no están en escala real sino que dependen de la relación de brazos existentes (ver fig. 7-b). (Hoffman y Del Águila, 1985)

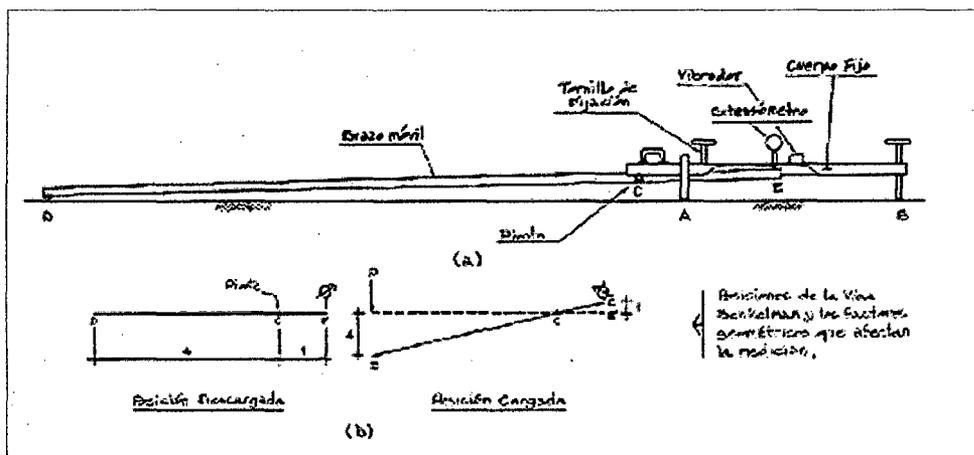


Figura 7. Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman

Cálculo de las deflexiones

El procedimiento para el cálculo de las deflexiones es simple. Para el caso de la deflexión máxima, se debe calcular la diferencia entre la lectura inicial y la lectura final. Para el caso de la deflexión a 25cm, se debe encontrar la diferencia entre la lectura a 25cm y la lectura final.

Las diferencias se multiplican por 2 ó 4, debido a la relación de brazos de la Viga Benkelman empleada. (Hoffman y Del Águila, 1985)

Corrección por Temperatura

Partiendo de la premisa que la temperatura de la capa asfáltica de rodadura influencia en el valor de la deflexión, las deflexiones medias sobre la superficie de un pavimento asfáltico deben ser corregidas en función a la temperatura media que la capa experimenta durante la ejecución del ensayo, la cual varía durante el transcurso del día.

A fin de referir todas las deflexiones a una temperatura estándar de 20°C, se emplea la siguiente expresión: (Hoffman y Del Águila, 1985)

$$D_{20} = \frac{D_t}{K*(t-20^\circ C)^*e+1} \dots\dots\dots (9)$$

Dónde:

D_{20} : Deflexión a la temperatura estándar 20°C

D_t : Deflexión a la temperatura t (0.01mm)

K : Coeficiente igual a $1*10^{-3}$ (1/cm*°C)

t : Temperatura del asfalto medida para cada ensayo

e : Espesor de la carpeta asfáltica en cm

Corrección por Estacionalidad

La capacidad de deformación de los suelos está influenciada por el grado de saturación que experimentan, por lo tanto, es deseable que la medición de

deflexiones se realice durante la estación de lluvias, durante la cual los suelos se encuentran en la situación más crítica. De no ser así, se debe efectuar la corrección de las medidas a fin de tomar en cuenta dicho aspecto. Para fines prácticos se propone el uso de los siguientes factores de corrección, considerando el tipo de suelo subrasante y la época en que se realizaron los ensayos. (Hoffman y Del Águila, 1985)

Tabla 5. Factor de corrección por estacionalidad

TIPO DE SUELO DE SUBRASANTE	ESTACION LLUVIOSA	ESTACION SECA
Arenosa-permeable	1,0	1,1 a 1,3
Arcillosa-sensible al agua	1,0	1,2 a 1,4

Cálculo del radio de curvatura

El método asume que la curvatura que experimenta la superficie del pavimento, durante la aplicación de la carga, es de forma parabólica, en un segmento de aproximadamente 25cm, a partir del punto de máxima deflexión. (Hoffman y Del Águila, 1985)

El comportamiento actual del pavimento se podrá calificar como satisfactorio, si cumple que:

Los valores de radio de curvatura calculados son mayores de 100m

El radio de curvatura promedio está comprendido entre 300-500m

Para la determinación del radio de dicha curvatura, se ha establecido la siguiente expresión:

$$R = \frac{6250}{2(D_0 - D_{25})} \dots\dots\dots (10)$$

Dónde:

R : Radio de Curvatura (m)

D_0 : Deflexión máxima corregida por temperatura (0.01mm)

D_{25} : Deflexión a 25cm corregida por temperatura (0.01mm)

2.3. Definición de términos básicos

Agregado: Material granular de composición mineral como arena, grava o roca triturada, utilizado en un medio cementante para formar mortero o concreto, o sólo en bases granulares.

Agregado fino: Agregado que pasa la malla 3/8" (9,5 mm), pasando casi totalmente la malla No. 4 (4.75 mm) y predominantemente retenido en la malla No. 200 (0,075 mm).

Agregado grueso: Agregado predominantemente retenido en la malla No. 4 (4,75 mm).

Asfalto: Es un material cementante de color café oscuro a negro, el cual se obtiene de la destilación del petróleo o también puede ser encontrado en yacimientos de forma natural.

Capacidad Estructural: Aptitud de un pavimento para soportar las cargas del tránsito sin presentar deformaciones excesivas.

Carga estándar: Es la carga por eje, igual a 8,2 toneladas, utilizada para determinar las deflexiones en un pavimento y es la carga de referencia para calcular el número de ejes equivalentes.

Carga real: Es el peso que transmite el vehículo al pavimento.

Carreteras: Se aplica a los caminos de características modernas destinadas al movimiento de un gran número de vehículos.

También se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente, para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

Concreto Asfáltico: Es la mezcla de materiales granulares con cemento asfáltico como aglutinante, compactada a una temperatura adecuada.

Deflexión: Es la deformación elástica producida por la carga estándar aplicada en la superficie del pavimento.

Deflexión Tolerable: Es la deflexión calculada que indica la deformación admisible en un pavimento, de acuerdo con su índice de tránsito o número de ejes equivalentes y con el espesor de la carpeta existente.

Deflexión real: Es la deflexión que se obtiene de mediciones en campo con la carga estándar.

Estructura de un Pavimento: Está compuesta por varias capas, de mayor a menor calidad, con respecto a la superficie de rodamiento. Entre ellas se encuentran: la sub-base, la base (con o sin estabilizar) y una capa de concreto asfáltico o hidráulico.

Falla estructural: Se presenta cuando el pavimento, o algunas de las capas que lo constituyen, presentan deformaciones excesivas por efecto de las cargas acumuladas que ha soportado, de manera tal que lo hacen intransitable.

Falla funcional: Se presenta cuando el pavimento exhibe deformaciones de tal magnitud, que el usuario siente incomodidad al circular sobre él.

Pavimento: Conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad. Este conjunto de capas proporciona también la superficie de rodamiento.

Rugosidad: Deformaciones (irregularidades o corrugaciones) de un pavimento con respecto a la superficie original.

Superficie de Rodamiento: Cara expuesta del pavimento que está en contacto directo con los neumáticos de los vehículos. En general, debe cumplir con las siguientes características: presentar una irregularidad adecuada para las velocidades de proyecto, proporcionar comodidad al usuario, presentar una textura tal que impida el deslizamiento y tener un color que evite los reflejos del sol o luces artificiales durante la noche.

Vida remanente: Es el tiempo que le resta a un pavimento para seguir funcionando adecuadamente después de su evaluación. (Coronado, 2002)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio corresponde a una investigación descriptiva, de diseño transversal descriptivo, en el cual se ha relacionado las variables: Calidad de acuerdo a las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 y Capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica.

UBICACIÓN:

UBICACIÓN POLITICA:

Departamento: Cajamarca
Provincia : San Ignacio
Distrito : Chirinos

UBICACIÓN GEOGRAFICA:

Tabla N° 6: Ubicación geográfica punto de partida – punto final.

	Punto de Partida Km0+000	Punto Final Km5+000
Longitud	28°8'34,82"W	78°48'41,34"W
Latitud	3°12'47,12"S	5°17'41,23"S
Altitud	436,808	554,852

COORDENADAS UTM:

Tabla N° 7: Coordenadas UTM punto de partida – punto final.

	Punto de Partida Km0+000	Punto Final Km5+000
Este	744123,514	742553,439
Norte	9410304,310	9414322,640

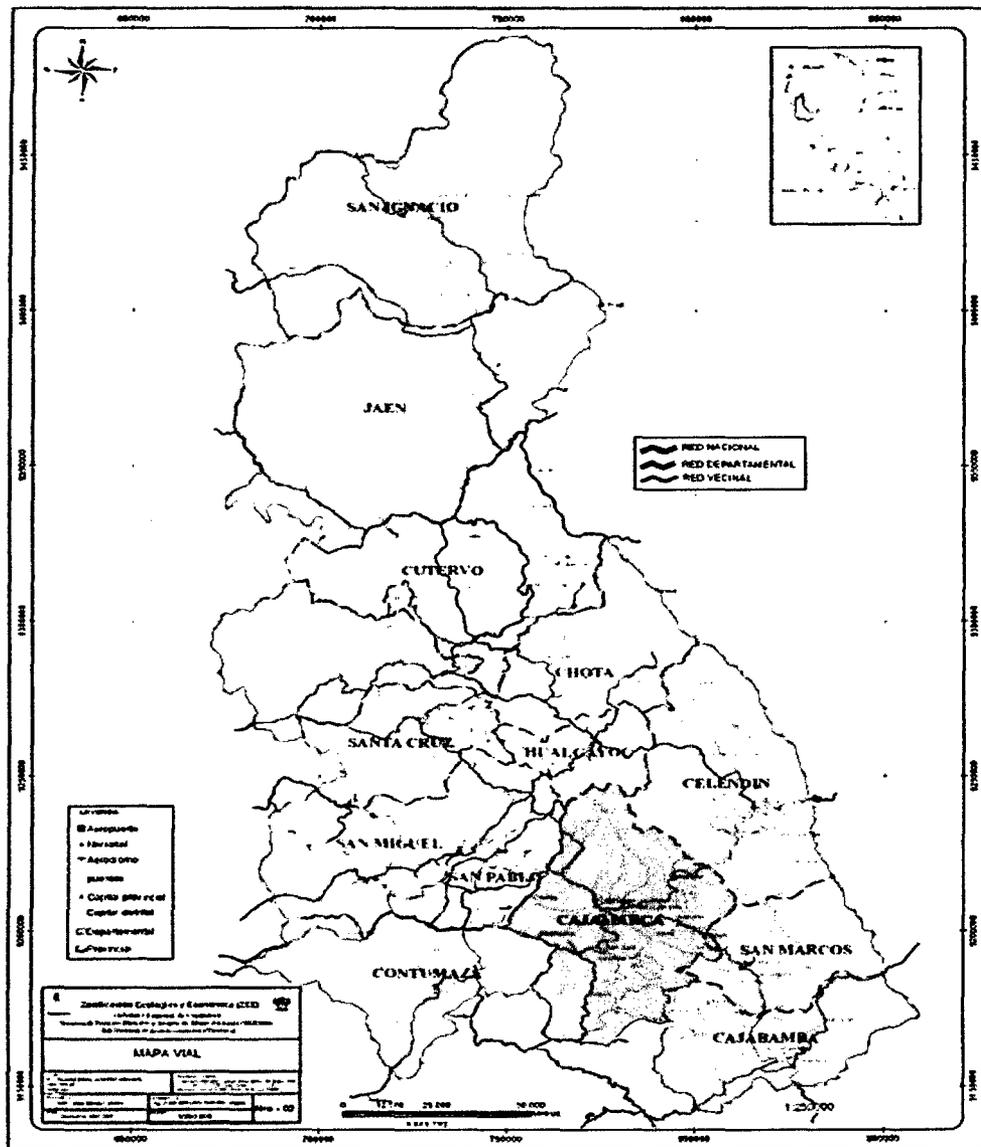


Figura 8. Mapa de la Región y Provincias de Cajamarca

El estudio se desarrolló durante la construcción de la carretera Pericos – San Ignacio, en el Tramo que corresponde KM0+000.00 - KM05+000.00 y la evaluación estructural y funcional se realizó a nivel de carpeta asfáltica considerando la deflectometría y rugosidad del pavimento flexible, durante los meses de Agosto – Noviembre 2014.

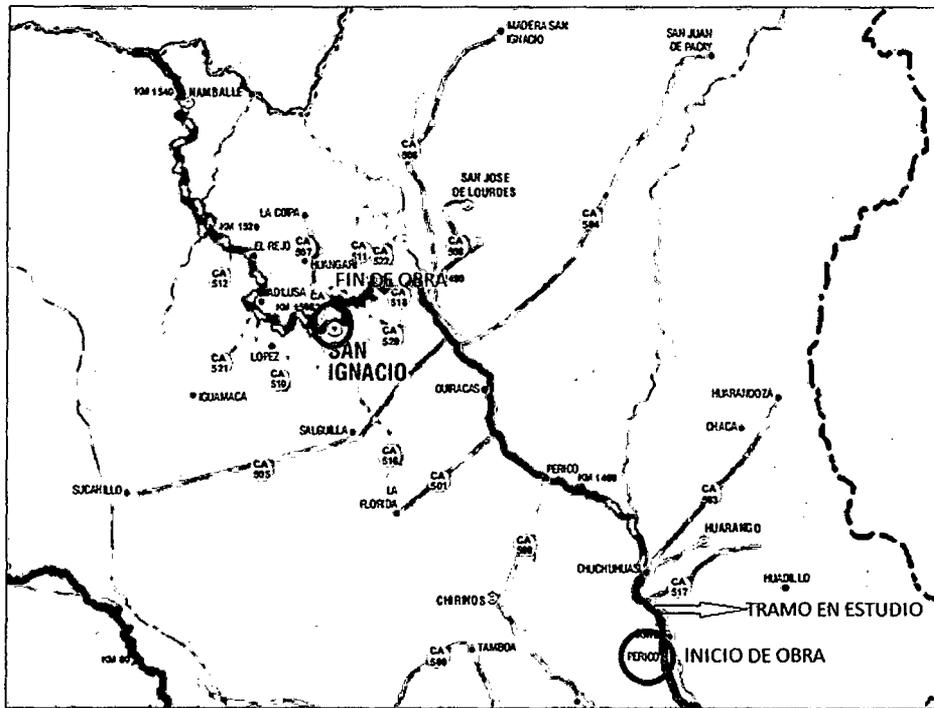


Figura 9. Localización del Proyecto y tramo en estudio

3.1 Ensayo con la Viga Benkelman

3.1.1 Procedimiento

En el presente ensayo se realizó a nivel de carpeta asfáltica utilizando la Viga Benkelman, las mediciones se realizaron en los dos carriles (ambos sentidos), cada 25 metros alternados (teniendo como un valor mínimo de 21 ensayos por Km en cada sentido de la vía). El siguiente esquema muestra la distribución de las mediciones.

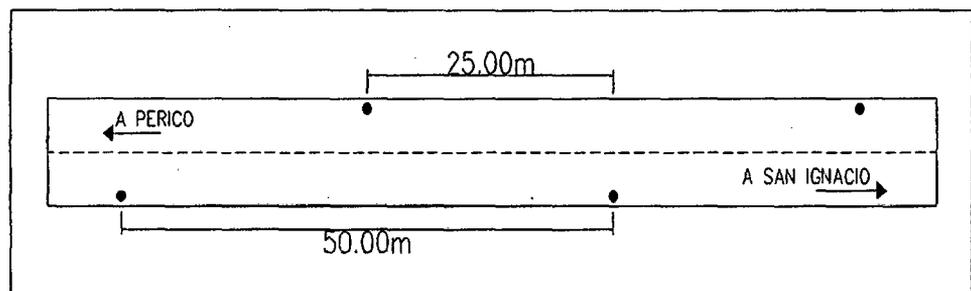


Figura 10: Esquema de frecuencia de mediciones con Viga Benkelman

Antes de empezar con las mediciones de las deflexiones con la Viga Benkelman se realizó una inspección del tramo en estudio.

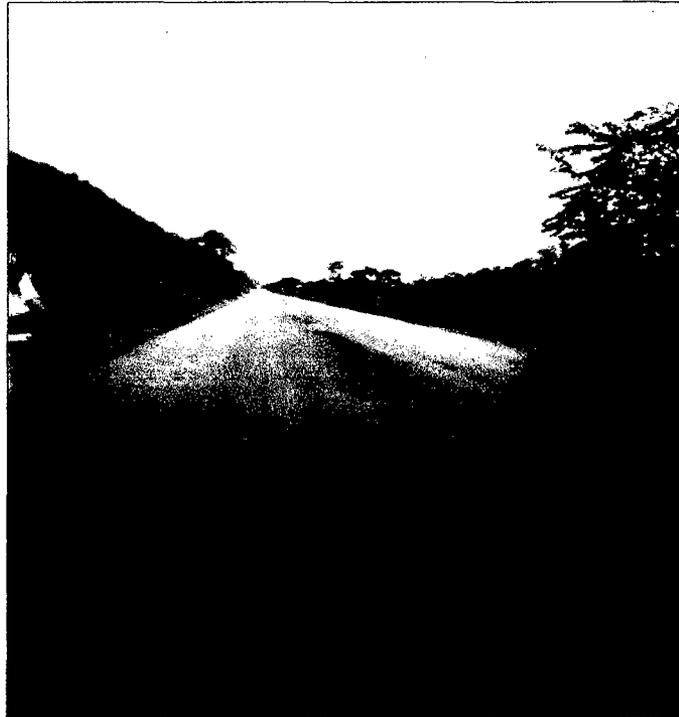


Figura 11. Inicio de tramo en estudio (Km0+000)

El punto del pavimento a ser ensayado deberá ser marcado convenientemente con una línea transversal al camino. Sobre dicha línea será localizado el punto de ensayo a una distancia prefijada del borde. Se recomienda utilizar las distancias indicadas en la Tabla 8.

Tabla 8. Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento

Ancho de carril	Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento
2,70m	0.45m
3,00m	0.60m
3,30m	0.75m
3,60m o más	0.90m

Las mediciones se realizaron empleando una Viga Benkelman bajo la carga de un eje posterior simple de llanta doble del orden de 8,2Tn y presión de inflado de 80psi. Se midieron deflexiones a varias distancias del eje de la carga (0; 25; 50; 100 y 500cm) con el fin de definir el cuenco de deflexiones.

La carga aplicada al pavimento para la realización de ensayos de deflexiones ha sido estandarizada en 18,000 libras (80 KN) a través de la guía de diseño AASHTO en la normativa T256-01, proporcionando 9,000 libras por cada una de las llantas duales del eje trasero de un camión tipo B4U 852, con una presión en las llantas de 0,48 a 0,55 Mpa (70 a 80 Psi).

Previamente a la realización de los ensayos se verificó que se cumplan estas condiciones (por medio de basculas fijas o móviles), así como la presión de las llantas sea la requerida.

Una vez localizado el lugar donde se realizaría el ensayo (usualmente los puntos de medición se localizan en el lado exterior de un carril), se colocó la llanta a usarse sobre el punto de manera tal que éste coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto (fig. 12 a).

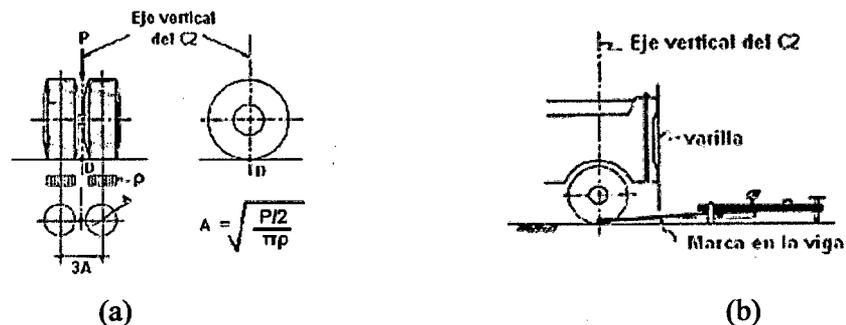


Figura 12. Configuración Geométrica del Sistema de Carga en la Viga Benkelman.

Las mediciones se realizaron colocando la punta de la viga entre las dos ruedas y midiendo la deflexión cuando el vehículo se aleja. Los resultados de las deflexiones se leen en un dial indicador. (fig.13).



Figura 13. Colocación de la Viga Benkelman, Posición inicial y final.

Tomando como punto de referencia una varilla vertical adosada a la parte trasera del camión (fig. 12 b), se efectuó una marca en la viga de manera tal que, basta con hacerlas coincidir para asegurarse que el extremo de la viga coincide con el centro de gravedad del conjunto.

De igual forma se puede efectuar, a partir de la primera, sucesivas marcas a distancias elegidas a las cuales se desee medir deflexiones adicionales (puede ser a 0; 25; 50; 100 y 500cm.). Para la metodología de análisis se requiere de por lo menos tres lecturas, pero se pueden obtener más con fines de verificación, lo cual es recomendable, o si es que se desea tener una idea gráfica del tipo de curvas de deflexiones que se producen.

Se realiza la primera marca adicional a una distancia tal que la deflexión que se obtenga en ese punto sea la mitad de la deflexión máxima (obtenida en la marca inicial). La segunda marca adicional se realiza al doble de la distancia de la primera marca adicional. Estas dos distancias se determinarán específicamente para cada proyecto de evaluación que se emprenda. Esto deberá hacerse por medio de ensayos previos, antes de comenzar la recolección masiva de datos.

Es común que se observen variaciones durante la realización de los ensayos, no deberá hacerse modificaciones, si las deflexiones tomadas en la primera marca adicional están en el rango entre 35% y 65% de la deflexión máxima.

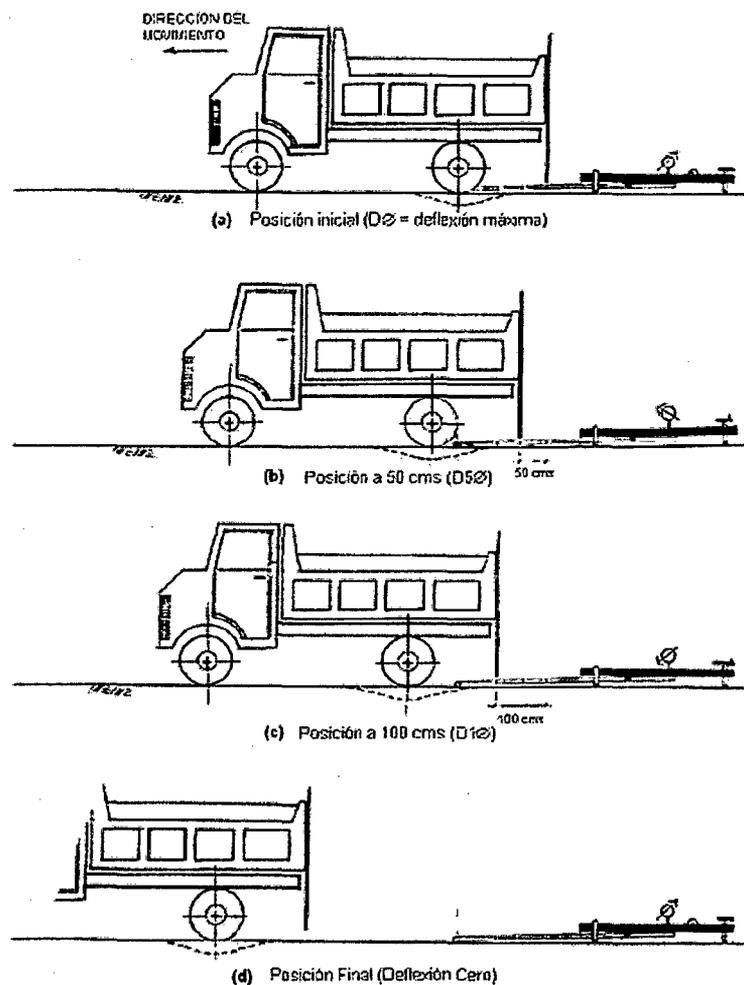


Figura 14. Esquematación del Proceso de Medición con la Viga Benkelman

Una vez instalada la viga en el punto de medición haciendo coincidir con la cadena vertical y la marca inicial (fig.14), se verificó que ésta se encuentre alineada longitudinalmente con la dirección del movimiento del camión.

Se colocó el dial del micrómetro en cero, se activó el vibrador y mientras el camión se desplaza muy lentamente se procedió a tomar lecturas conforme la varilla vertical vaya coincidiendo con la primera y segunda marcas adicionales (fig.14 b, c) y una lectura final cuando el camión se haya alejado lo suficiente del punto de ensayo que el indicador del dial ya no tenga movimiento (aproximadamente 8,00 m, según norma AASHTO T256-01, registro que corresponde al punto de referencia con deflexión cero.

Es importante tomar la temperatura del pavimento según la norma AASHTO 93 T256-01 de la siguiente manera: se realiza una perforación en el pavimento a una distancia no menor a 0,75m del carril, haciendo un pequeño agujero de aproximadamente 1/8" de pulg. (3mm) de diámetro y 1/4" de pulg. (6mm) de profundidad. Se llena este agujero con aceite con el fin de excitar más rápido al mercurio, transcurrido 5 minutos, se insertaba el termómetro industrial dentro del aceite. Se sacaba la pata del termómetro del agujero y se registraba la temperatura por sección de medición.

3.1.2 Personal y equipo necesario para realizar el ensayo con Viga Benkelman

Para la realización de esta rutina fue necesario la participación de cuatro operadores: Un técnico calificado que lea y dicte las lecturas del micrómetro, un operador que anote las mediciones (Tesisista), un banderillero que ayude con el tráfico vehicular, y un ayudante que coordine con el conductor del camión y a la vez de aviso al técnico que realiza las lecturas, cuando la varilla adosada al camión vaya coincidiendo con las marcas hechas en la viga.

Todo el trabajo fue supervisado permanentemente por un Ingeniero de campo quien verificó los valores que se obtengan así como tomar anotación de cualquier factor que a su juicio pueda explicar los resultados que se obtengan

(corte, relleno, tipo de material, tipo de drenaje, nivel freático, estado del pavimento, condiciones del tiempo etc.). El Anexo A, muestra un formato adecuado para la recopilación de los datos de campo.

En la primera columna se colocan los estacionamientos de prueba, la segunda columna incluye las lecturas de deflectómetro ($R_0=0$, $R_1=$, $R_2=$ hasta R_i), donde: R_0 es la lectura inicial y sucesivamente R_1 , R_2 hasta un R_i son las lecturas a una distancia determinadas, la tercera columna corresponden a las deflexiones (D_0 , DR_1 y DR_2) utilizadas para definir el cuenco de deflexiones; Calculadas así:

$D_0 = R_1 - R_0$ Deflexión máxima

$DR_1 = R_2 - R_1$ Deflexión a una distancia 1

$DR_2 = R_i - R_2$ Deflexión a una distancia 2

Equipo:

El equipo mínimo que se requirió para la realización de ensayos de medición de deflexiones es el siguiente:

Deflectómetro Viga Benkelman, tal como el modelo Forney Serie: H130301 (con relación de brazos 2:1).

Micrómetro con dial indicador de divisiones cada 0,001 plg. (Modelo Soiltest HT-300M).

Camión cargado, con un peso total de 18,000 libras de un eje simple con llantas duales, infladas a una presión de 70 a 80 psi.

Vehículo auxiliar para transportar al personal y equipo misceláneo.

Balanza móvil para pesaje de camión, con capacidad de 10 toneladas; en su defecto utilizar basculas estacionarias privadas o públicas.

Accesorios de medición y varios (Cinta métrica de 7 m, plumones, plomada, destornillador, alicates, hojas de campo, lápices, señales de seguridad, termómetro, cincel, martillo, varilla de metal o madera de 2m, alambre de amarre, pintura, etc.).

Formato para recopilación de datos de campo, similar al del Anexo A.

3.2 Procedimiento del ensayo con el equipo Merlin.

Para la ejecución de los ensayos utilizando el equipo Merlin, se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota (fig.15). Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 420 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

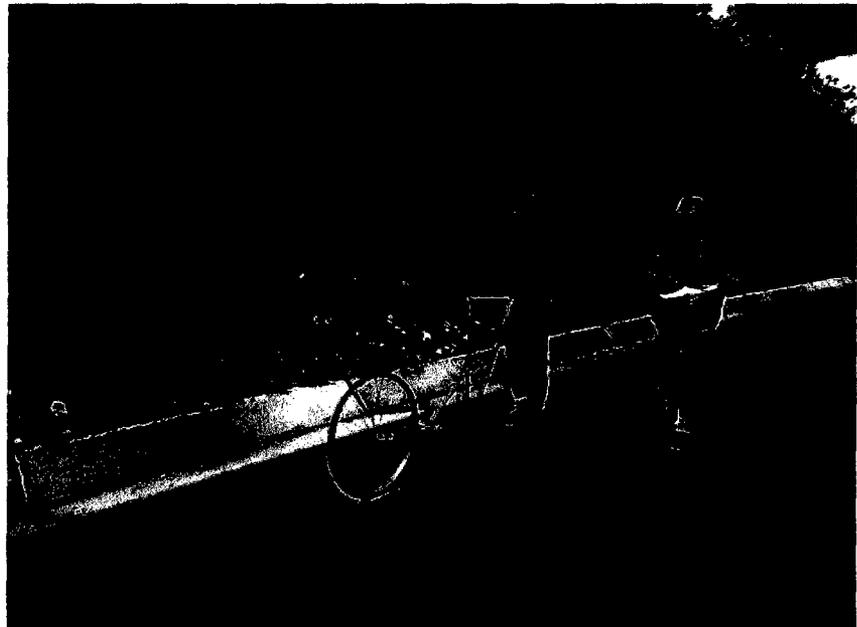


Figura 15. Recolección de datos en campo - equipo Merlin.

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las “irregularidades que presenta el pavimento” (desviaciones relativas a la cuerda promedio), cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del MERLIN, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas.

Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo (fig.16).

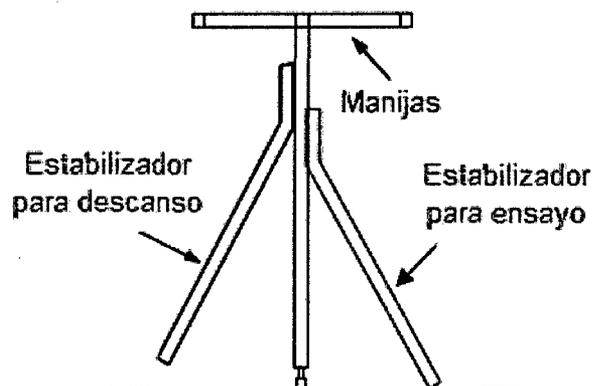


Figura 16. Manija y estabilizador del equipo

La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, tal como el mostrado en el Anexo B. El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la

escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar.

El operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas.

El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso (fig.17).

Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso.



Figura 17. Forma correcta de operar el equipo.

Los datos se obtuvieron en el campo de la forma como se ha descrito anteriormente mediante los ensayos con los equipos Viga Benkelman y el Merlin, y se elaboró un cuadro para la recolección de datos por kilómetro, utilizando como guía la norma peruana y las características de la capacidad estructural y funcional de pavimentos.

Concluida la recolección de datos, se procedió a codificar, tabular y organizar la información mediante cuadros estadísticos, realizando la evaluación según el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, y características del pavimento flexible, verificando que reúna las condiciones de calidad.

En la siguiente figura se muestra la estructura del pavimento analizado.

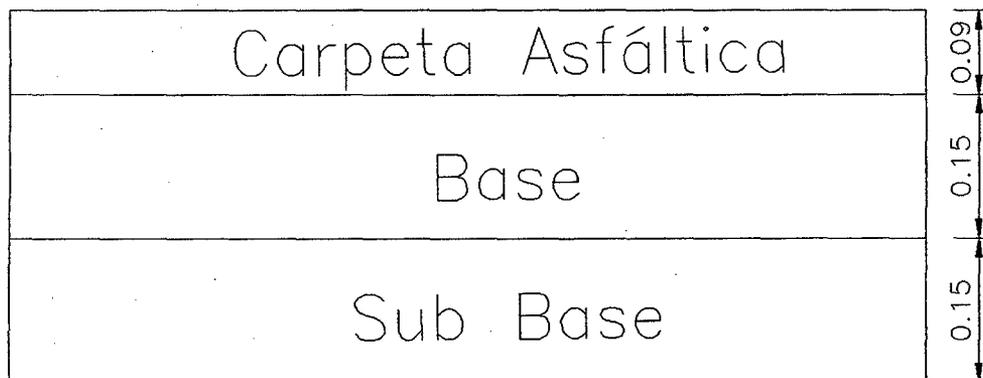


Figura 18. Estructura del pavimento flexible

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados de la evaluación estructural

Las investigaciones realizadas por entidades internacionales competentes en evaluación de pavimentos (AASHTO, TRL) demuestran que las Deflexiones medidas en una sección de pavimento presentan una distribución de frecuencias que se puede aproximar a una distribución normal. Por lo tanto, asumiendo que la medición de deflexiones se distribuye de acuerdo a la Ley de Gauss, se ha determinado la Deflexión Promedio (D_0), la Desviación Estándar (σ) y el Coeficiente de Variación (C.V.) a partir de las deflexiones individuales.

Mediciones corregidas por temperatura en la carpeta asfáltica para (D_0) se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9. Estadística Descriptiva de Mediciones con Viga Benkelman.

Sentido	Deflexión Promedio 10^{-2}mm	Deflexión Máxima 10^{-2}mm	Deflexión Característica 10^{-2}mm	Deflexión Admisible 10^{-2}mm	Radio de Curvatura m	Desv. Est. 10^{-2}mm
Hacia San Ignacio	31,70	58,50	46,30	78,00	432,50	8,90
Hacia Perico	32,90	61,70	45,50	78,00	401,80	7,60

Considerando que las mediciones utilizando la Viga Benkelman se han realizado a nivel de carpeta asfáltica, en lado derecho (hacia San Ignacio) y en lado Izquierdo (hacia Pericos), los resultados obtenidos para cada carril se muestran en la (tabla 9) determinando que la deflexión característica es menor que la deflexión admisible indicando que cumple con las especificaciones dadas en la EG-2013, los valores del Coeficiente de Variación tanto para el carril derecho como izquierdo son 3.59 y 4.31, los cuales son consistentes con la definición de un sector homogéneo.

Los resultados para el tramo de manera global (Km0+000-Km5+000) se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10. Estadística Descriptiva de Mediciones con Viga Benkelman – tramo total.

Sentido	Deflexión Promedio 10 ⁻² mm	Deflexión Máxima 10 ⁻² mm	Deflexión Característica 10 ⁻² mm	Deflexión Admisible 10 ⁻² mm	Radio de Curvatura m	Desviación Estándar 10 ⁻² mm
Tramo Total	32,30	61,70	45,90	78,00	417,20	8,30

Los resultados para el tramo total (tabla 10) indican que la ($D_{car}=45,90\text{mm}/100$), que representa la magnitud de deformación del pavimento flexible es menor que la ($D_{adm}=78,00\text{mm}/100$) por lo tanto se considera que la capacidad estructural del pavimento flexible es adecuada. Respecto del comportamiento actual de la estructura, se observa que el radio de curvatura ($R_c=417,20$) está cumpliendo con los criterios indicadores de un buen comportamiento estructural.

Los siguientes gráficos muestran los valores de las deflexiones corregidas por temperatura y los límites considerando una confiabilidad de 95%.

Observamos en los gráficos, que los valores de las deflexiones son menores que la deflexión admisible en ambos carriles a nivel de asfalto donde determinamos que el tramo en estudio presenta homogeneidad.

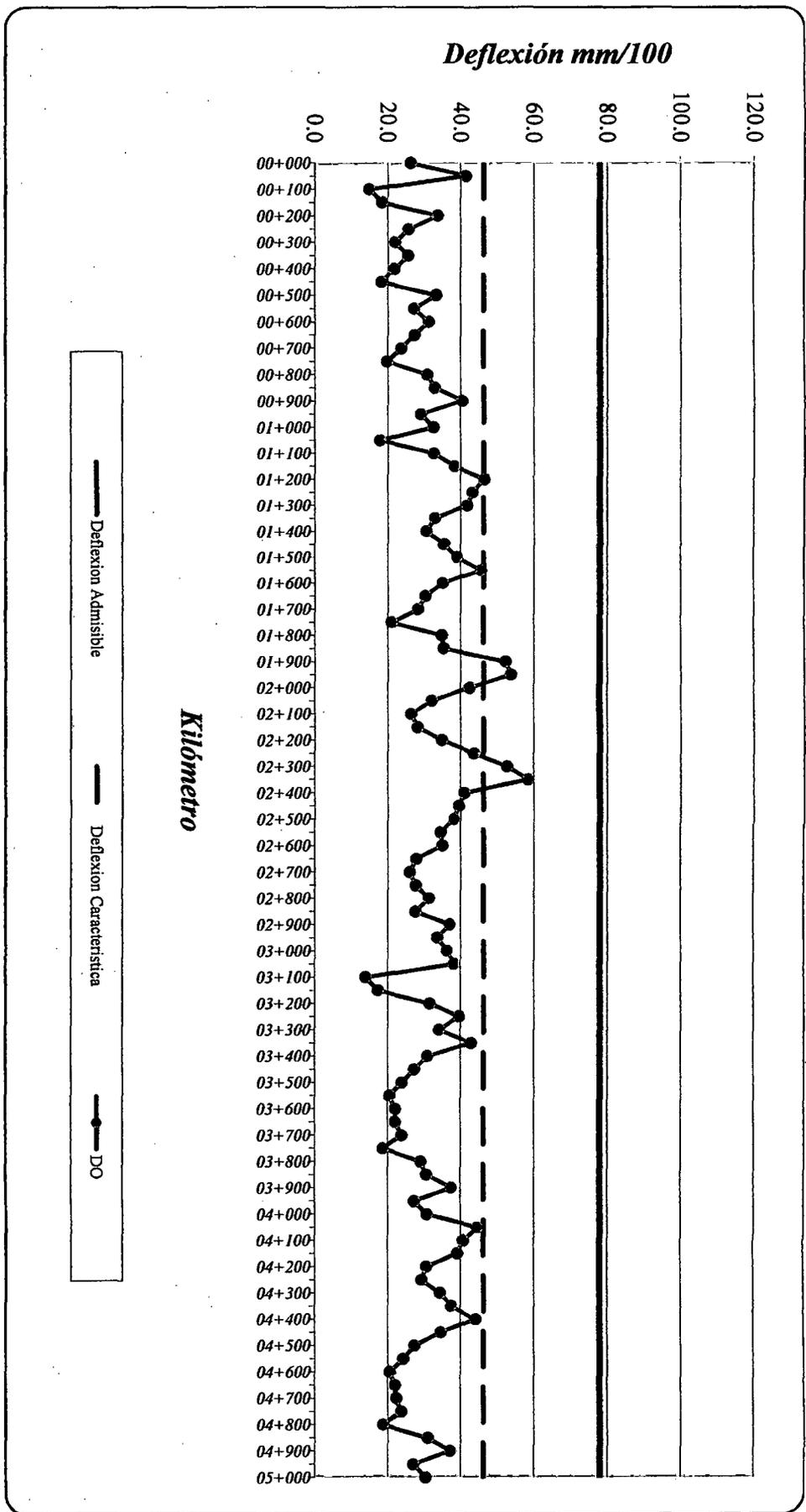


Figura 19. Deflexiones corregidas carril derecho

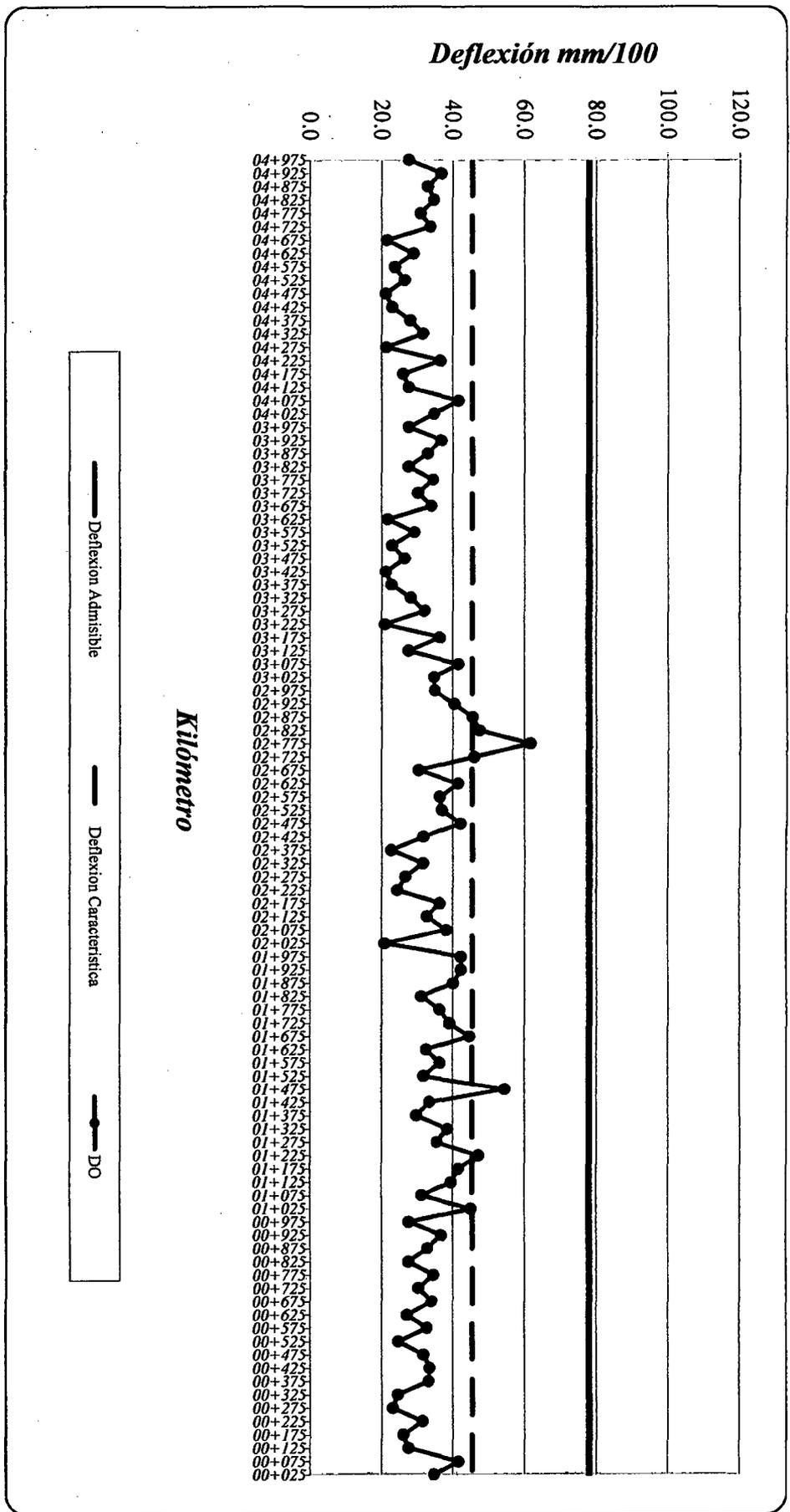


Figura 20. Deflexiones corregidas carril izquierdo

4.2 Análisis y resultados de la evaluación funcional

Los resultados de rugosidad obtenidos en el tramo en estudio se presentaron inferiores a los límites establecidos por las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 ($IRI_{adm} = 2,00m/km$), como se aprecia a continuación:

Tabla 11. Resultados de la rugosidad para carril derecho-carril izquierdo.

Sentido	Progresiva		IRI Promedio (m/km)	Desviación Estándar	IRI Característico (m/km)
	Inicio	Fin			
Hacia San Ignacio	0+000	5+000	1,14	0,08	1,31
Hacia Perico	5+000	0+000	1,16	0,18	1,46

Los resultados de rugosidad IRI obtenidos para toda la longitud del tramo, de manera global, fueron analizados en forma estadística con una confiabilidad del 95%, obteniéndose valores característicos que no superan el valor del ($IRI_{adm} = 2,00m/km$), que es el valor límite establecido por la EG-2013.

A continuación, en el siguiente cuadro se puede apreciar una síntesis de los resultados obtenidos:

Tabla 12. Resultados de la rugosidad para el tramo total.

Estadística	IRI (c. der.) (m/km)	IRI (c. izq.) (m/km)	IRI (ambos) (m/km)	Serviciabilidad PSI
Promedio	1,14	1,16	1,15	
Desv. Estándar	0,08	0,18	0,13	
Coef. Variación (%)	14,5	6,4	8,85	
IRI característico	1,31	1,46	1,39	4,19

De acuerdo a los resultados presentados en la tabla anterior, se obtiene valores de rugosidad promedio para el carril derecho de 1,14 IRI y para el carril izquierdo

1,16 IRI respectivamente, así como valores de rugosidad característica para el carril derecho de 1,31 IRI y para el carril izquierdo de 1,46 IRI respectivamente

El análisis estadístico para el tramo total, concordantemente con los resultados parciales por carril, indica que el IRI promedio es igual a 1,15 m/km, con una desviación estándar de 0,13 m/km, un coeficiente de variación de 8,85%. El IRI característico calculado para la totalidad de la carpeta asfáltica en servicio evaluada es igual a 1,39 m/km, que resulta menor al valor máximo especificado de 2,00 m/km para el caso de pavimentos nuevos y un valor de Índice de Serviciabilidad (PSI) de 4,19 correspondiendo a una transitabilidad considerada como muy buena (tabla 1), por lo cual podemos señalar que desde el punto de vista funcional

Los valores de la rugosidad se han graficado con relación al kilometraje del tramo, obteniéndose los gráficos (Rugograma) fig.21 y fig.22, apreciando que en general la magnitud de los valores es bastante baja, respecto a la rugosidad máxima especificada observando que el tramo en estudio cumple con los rangos permisibles.

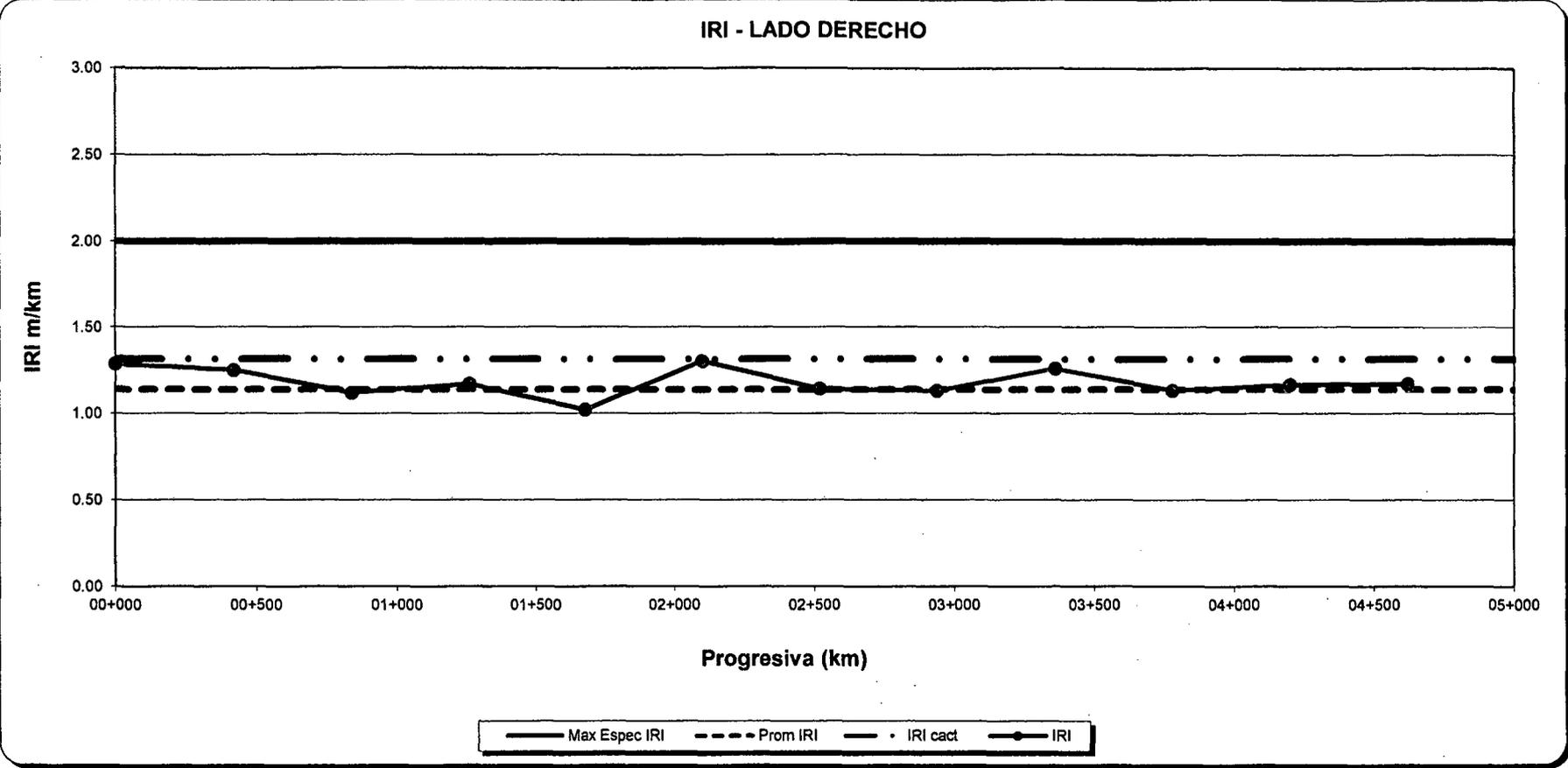


Figura 21. Rugosidad lado derecho - IRI (m/km.) – carpeta asfáltica.

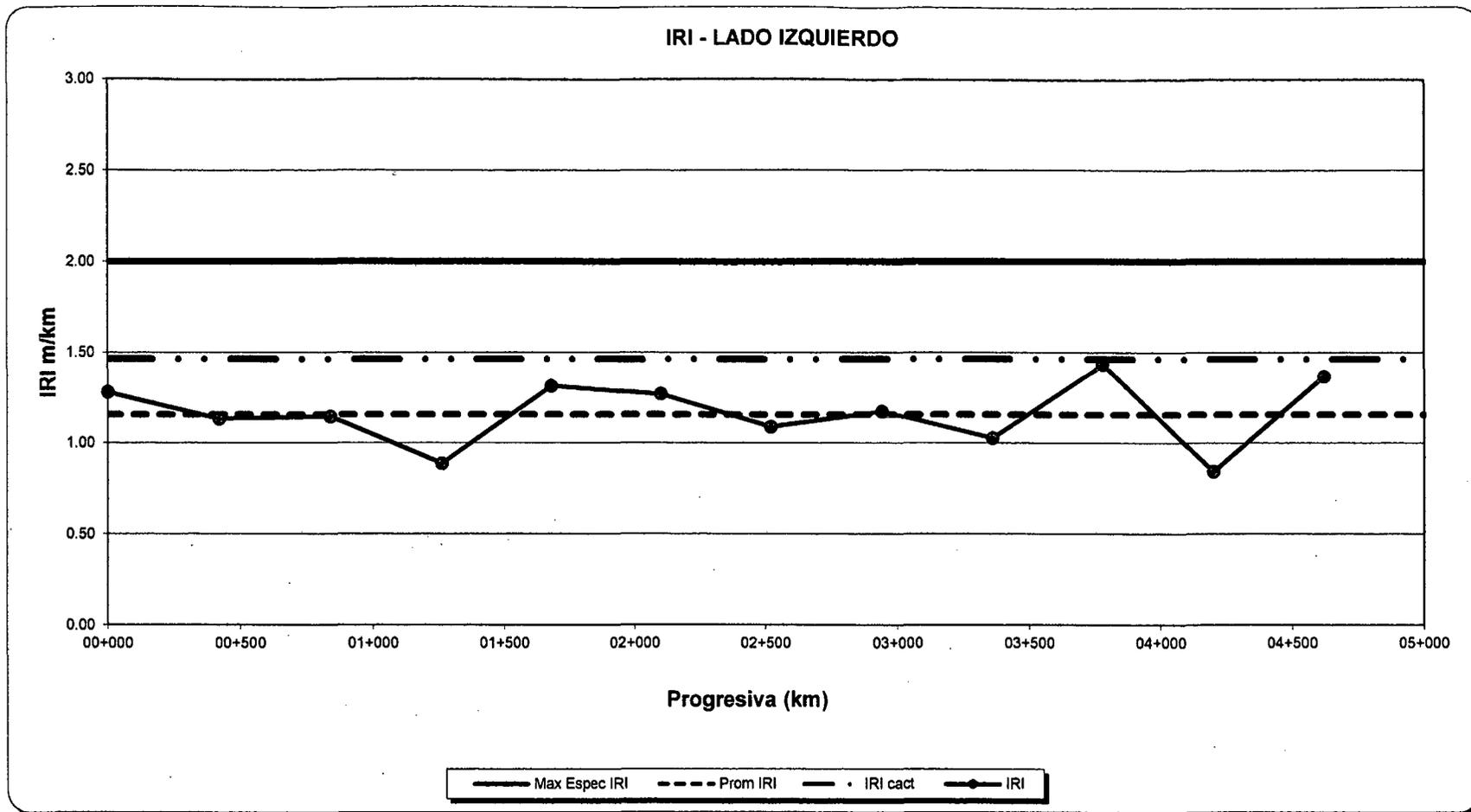


Figura 22. Rugosidad lado izquierdo - IRI (m/km.) – carpeta asfáltica

4.3 Contrastación de hipótesis

De la hipótesis planteada: La capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica de la carretera Pericos – San Ignacio reúne condiciones de calidad, comparando los resultados promedios del estudio de deflexiones y rugosidad obtenemos 45.9m/100 y 1.36mm/km con los valores admisibles de la EG-2013.

Se concluye que los resultados promedios están dentro de los valores establecidos en el manual de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 cuyos valores son $D_{adm} = 78mm/100$ e $IRI_{adm} = 2.00m/km$ por tanto se acepta la hipótesis planteada.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La capacidad estructural y funcional del pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica, utilizando los equipos Viga Benkelman y el Merlin son: deflexión característica promedio ($D_{car} = 45,90mm/100$) e IRI característico promedio ($IRI_{car} = 1,39m/km$) con un PSI de 4,19 para ambos carriles, lo que indica que la estructura del pavimento flexible se encuentra en buen estado y óptimas condiciones, cumpliendo con las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 ($D_{car} < D_{adm.}$) y ($IRI_{car} < IRI_{adm.}$), además el índice de serviciabilidad indica que el pavimento de la carretera presentará una circulación suave, confortable y segura para el tráfico para el cual ha sido construido.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda para futuros estudios que la recolección de datos en campo utilizar equipos más sofisticados como por ejemplo el Falling Weight Deflectometer (DFW) para medir las deflexiones y el Perfilometro Laser para medir la rugosidad del pavimento flexible en estudio y así recolectar los datos más exactos y confiables en un menor tiempo.

Se recomienda realizar un seguimiento del comportamiento de la vía construida después de la puesta en marcha, iniciando un programa de medición de rugosidad periódico – se sugiere cada 6 meses – que permita planificar un futuro mantenimiento preventivo con la debida anticipación, este seguimiento puede complementarse con un estudio de tráfico que cuantifique la variación del flujo vehicular a largo de la vida útil de la vía.

Para estudios posteriores se recomienda que los ensayos de auscultación de pavimentos sean realizados en el mismo tiempo para garantizar que las condiciones a las que este expuesto el pavimento sean las mismas y completar el ensayo como lo dicta la norma AASHTO T256-01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez S.; Rivero R. 2012. Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilometro estático Merlin.
2. Coronado J. 2002. Manual centroamericano para diseño de pavimentos.
3. Hoffman M. S.; Del Águila P. M. 1985. Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones (ensayos no destructivos)
4. Instituto Mexicano del Transporte. 1998. Evaluación estructural no destructiva de pavimentos.
5. Instituto Mexicano del Transporte. 1998. Índice internacional de rugosidad en la red carretera de México.
6. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. "Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción". 2013.
7. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. "Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos". 2013.
8. Monsalve L. M.; et al 2012. Diseño de pavimento flexible y rígido.
9. Montes R. 2004. Determinación de la rugosidad de los pavimentos mediante perfilometría longitudinal.
10. Morales J.P. 2005. Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo.
11. Orozco J. M. 2004. Sistema de evaluación de pavimentos.
12. Onofre J.C., et al 2008. Determinación del índice de rugosidad internacional de pavimentos usando el perfilometro rondas Z-250.

13. Oviedo R. 2013. Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante por medio de la aplicación de correlación deflectométrica.
14. Rodríguez C.E.; Rodríguez J.A. 2004. Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje.
15. Rodríguez E.D. 2009. Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla.

ANEXOS

ANEXO B

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
HOJA DE CAMPO**

PROYECTO: _____

SECTOR: _____ **OPERADOR:** _____

TRAMO: _____ **FECHA:** _____

CARRIL: _____ **CAPA:** _____

ENSAYO N°:

KM

HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Inchye Vía de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301
Dial: Baker 0.01 mm.
Camión: B4U 852
Llantas: 10" X 20"

Peso del Eje: 8200 Kg.
Presión: 80 Psi
Relación del Brazo: 2:1
Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₅₀₀			D ₀	D ₂₅					
00+000	Derecho	13/10/2014	0	3	7	10	14	27.6	8.8	28	22	0.937	26	21	556	
00+050	Derecho	13/10/2014	0	6	12	17	22	27.0	8.8	44	32	0.942	41	30	276	
00+100	Derecho	13/10/2014	0	2	4	6	8	28.3	8.8	16	12	0.932	15	11	838	
00+150	Derecho	13/10/2014	0	2	5	7	10	29.0	8.8	20	16	0.927	19	15	843	
00+200	Derecho	13/10/2014	0	3	7	11	18	27.9	8.8	36	30	0.935	34	28	557	
00+250	Derecho	13/10/2014	0	3	5	7	14	30.3	8.8	28	22	0.917	26	20	568	
00+300	Derecho	13/10/2014	0	3	6	8	12	30.5	8.8	24	18	0.915	22	16	569	
00+350	Derecho	13/10/2014	0	4	7	11	14	31.2	8.8	28	20	0.910	25	18	429	
00+400	Derecho	13/10/2014	0	3	6	9	12	31.3	8.8	24	18	0.910	22	16	573	
00+450	Derecho	13/10/2014	0	3	5	7	10	30.5	8.8	20	14	0.915	18	13	569	
00+500	Derecho	13/10/2014	0	4	7	14	18	29.4	8.8	36	28	0.924	33	26	423	
00+550	Derecho	13/10/2014	0	3	6	11	15	31.8	8.8	30	24	0.906	27	22	575	
00+600	Derecho	13/10/2014	0	4	7	12	17	30.4	8.8	34	26	0.916	31	24	426	
00+650	Derecho	13/10/2014	0	4	9	12	15	31.4	8.8	30	22	0.909	27	20	430	
00+700	Derecho	13/10/2014	0	3	7	10	13	30.9	8.8	26	20	0.912	24	18	571	
00+750	Derecho	13/10/2014	0	3	6	8	11	32.2	8.8	22	16	0.903	20	14	577	
00+800	Derecho	13/10/2014	0	4	8	13	17	32.0	8.8	34	26	0.904	31	24	432	
00+850	Derecho	13/10/2014	0	5	9	14	18	31.0	8.8	36	26	0.912	33	24	343	
00+900	Derecho	13/10/2014	0	7	12	16	22	30.2	8.8	44	30	0.918	40	28	243	
00+950	Derecho	13/10/2014	0	4	8	13	16	31.2	8.8	32	24	0.910	29	22	429	
01+000	Derecho	13/10/2014	0	4	9	15	18	32.2	8.8	36	28	0.903	33	25	433	
01+050	Derecho	13/10/2014	0	3	5	7	10	33.3	8.8	20	14	0.895	18	13	582	
01+100	Derecho	13/10/2014	0	5	9	15	18	32.3	8.8	36	26	0.902	32	23	346	
01+150	Derecho	13/10/2014	0	7	11	16	21	31.3	8.8	42	28	0.910	38	25	245	
01+200	Derecho	13/10/2014	0	8	14	20	26	33.2	8.8	52	36	0.896	47	32	218	
01+250	Derecho	13/10/2014	0	7	12	19	24	32.2	8.8	48	34	0.903	43	31	247	
01+300	Derecho	13/10/2014	0	6	15	18	23	31.2	8.8	46	34	0.910	42	31	286	
01+350	Derecho	13/10/2014	0	4	7	12	18	30.9	8.8	36	28	0.912	33	26	428	
01+400	Derecho	13/10/2014	0	5	9	12	17	33.0	8.8	34	24	0.897	31	22	348	
01+450	Derecho	13/10/2014	0	5	10	15	20	35.0	8.8	40	30	0.883	35	27	354	
01+500	Derecho	13/10/2014	0	5	11	16	22	34.5	8.8	44	34	0.887	39	30	352	
01+550	Derecho	13/10/2014	0	7	15	21	26	35.9	8.8	52	38	0.877	46	33	254	
01+600	Derecho	13/10/2014	0	4	10	16	20	36.3	8.8	40	32	0.875	35	28	447	
01+650	Derecho	13/10/2014	0	3	8	11	17	34.3	8.8	34	28	0.888	30	25	586	
01+700	Derecho	13/10/2014	0	3	5	10	16	35.3	8.8	32	26	0.881	28	23	591	
01+750	Derecho	13/10/2014	0	3	6	9	12	35.6	8.8	24	18	0.879	21	16	592	
01+800	Derecho	13/10/2014	0	5	11	16	20	37.3	8.8	40	30	0.868	35	26	360	
01+850	Derecho	13/10/2014	0	6	11	15	20	35.3	8.8	40	28	0.881	35	25	295	
01+900	Derecho	13/10/2014	0	9	15	21	29	32.3	8.8	58	40	0.902	52	36	192	
01+950	Derecho	13/10/2014	0	8	14	22	30	33.3	8.8	60	44	0.895	54	39	218	
02+000	Derecho	13/10/2014	0	6	15	20	24	34.5	8.8	48	36	0.887	43	32	294	
02+050	Derecho	16/10/2014	0	4	10	15	18	34.0	8.8	36	28	0.890	32	25	439	
02+100	Derecho	16/10/2014	0	4	7	11	15	35.5	8.8	30	22	0.880	26	19	444	
02+150	Derecho	16/10/2014	0	3	8	12	16	35.7	8.8	32	26	0.879	28	23	593	
02+200	Derecho	16/10/2014	0	4	12	16	20	37.3	8.8	40	32	0.868	35	28	450	

Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301

Peso del Eje: 8200 Kg.

Dial: Baker 0.01 mm.

Presión: 80 Psi

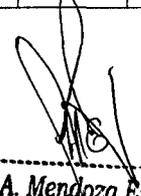
Camión: B4U 852

Relación del Brazo: 2:1

Llantas: 10" X 20"

Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₁₅₀			D ₀	D ₂₅					
02+250	Derecho	16/10/2014	0	7	14	21	25	36.2	8.8	50	36	0.875	44	32	255	
02+300	Derecho	16/10/2014	0	8	15	24	30	35.6	8.8	60	44	0.879	53	39	222	
02+350	Derecho	16/10/2014	0	9	21	26	33	34.5	8.8	66	48	0.887	59	43	196	
02+400	Derecho	16/10/2014	0	5	10	18	23	33.5	8.8	46	36	0.894	41	32	350	
02+450	Derecho	16/10/2014	0	3	9	15	23	38.5	8.8	46	40	0.860	40	34	606	
02+500	Derecho	16/10/2014	0	6	11	17	22	37.4	8.8	44	32	0.867	38	28	300	
02+550	Derecho	16/10/2014	0	5	10	15	20	38.3	8.8	40	30	0.861	34	26	363	
02+600	Derecho	16/10/2014	0	6	10	16	20	36.3	8.8	40	28	0.875	35	24	298	
02+650	Derecho	16/10/2014	0	4	7	14	16	37.4	8.8	32	24	0.867	28	21	450	
02+700	Derecho	16/10/2014	0	3	5	9	15	37.5	8.8	30	24	0.867	26	21	601	
02+750	Derecho	16/10/2014	0	4	8	13	16	38.3	8.8	32	24	0.861	28	21	454	
02+800	Derecho	16/10/2014	0	4	7	12	18	37.2	8.8	36	28	0.869	31	24	450	
02+850	Derecho	16/10/2014	0	5	9	12	16	38.4	8.8	32	22	0.861	28	19	363	
02+900	Derecho	16/10/2014	0	6	12	17	21	35.4	8.8	42	30	0.881	37	26	296	
02+950	Derecho	16/10/2014	0	5	10	14	19	35.4	8.8	38	28	0.881	33	25	355	
03+000	Derecho	16/10/2014	0	7	12	16	21	38.3	8.8	42	28	0.861	36	24	259	
03+050	Derecho	16/10/2014	0	6	12	17	22	37.3	8.8	44	32	0.868	38	28	300	
03+100	Derecho	16/10/2014	0	2	4	6	8	36.3	8.8	16	12	0.875	14	10	893	
03+150	Derecho	16/10/2014	0	2	5	7	10	37.3	8.8	20	16	0.868	17	14	900	
03+200	Derecho	16/10/2014	0	3	7	11	18	36.3	8.8	36	30	0.875	31	26	596	
03+250	Derecho	16/10/2014	0	8	14	19	23	38.3	8.8	46	30	0.861	40	26	227	
03+300	Derecho	16/10/2014	0	5	10	15	20	39.9	8.8	40	30	0.851	34	26	367	
03+350	Derecho	16/10/2014	0	9	15	19	25	38.5	8.8	50	32	0.860	43	28	202	
03+400	Derecho	16/10/2014	0	3	7	15	18	38.9	8.8	36	30	0.857	31	26	607	
03+450	Derecho	16/10/2014	0	4	8	12	16	39.9	8.8	32	24	0.851	27	20	459	
03+500	Derecho	16/10/2014	0	3	7	11	14	39.8	8.8	28	22	0.852	24	19	612	
03+550	Derecho	16/10/2014	0	3	6	10	12	39.8	8.8	24	18	0.852	20	15	612	
03+600	Derecho	16/10/2014	0	4	7	9	13	40.0	8.8	26	18	0.850	22	15	459	
03+650	Derecho	16/10/2014	0	4	6	10	13	40.1	8.8	26	18	0.850	22	15	460	
03+700	Derecho	16/10/2014	0	4	7	11	14	39.9	8.8	28	20	0.851	24	17	459	
03+750	Derecho	16/10/2014	0	3	6	8	11	40.0	8.8	22	16	0.850	19	14	613	
03+800	Derecho	16/10/2014	0	4	8	13	17	39.9	8.8	34	26	0.851	29	22	459	
03+850	Derecho	16/10/2014	0	5	9	14	18	39.9	8.8	36	26	0.851	31	22	367	
03+900	Derecho	16/10/2014	0	7	12	16	22	40.0	8.8	44	30	0.850	37	26	263	
03+950	Derecho	16/10/2014	0	4	8	13	16	40.1	8.8	32	24	0.850	27	20	460	
04+000	Derecho	16/10/2014	0	4	9	15	18	39.9	8.8	36	28	0.851	31	24	459	
04+050	Derecho	16/10/2014	0	8	14	20	26	38.9	8.8	52	36	0.857	45	31	228	
04+100	Derecho	16/10/2014	0	7	12	19	24	40.0	8.8	48	34	0.850	41	29	263	
04+150	Derecho	16/10/2014	0	6	15	18	23	39.7	8.8	46	34	0.852	39	29	306	
04+200	Derecho	16/10/2014	0	4	7	12	18	40.1	8.8	36	28	0.850	31	24	460	
04+250	Derecho	16/10/2014	0	5	9	12	17	38.5	8.8	34	24	0.860	29	21	363	
04+300	Derecho	16/10/2014	0	5	10	15	20	39.0	8.8	40	30	0.857	34	26	365	
04+350	Derecho	16/10/2014	0	5	11	16	22	40.0	8.8	44	34	0.850	37	29	368	
04+400	Derecho	16/10/2014	0	7	15	21	26	40.0	8.8	52	38	0.850	44	32	263	
04+450	Derecho	16/10/2014	0	4	10	16	20	38.0	8.8	40	32	0.863	35	28	453	


Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Caichis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Inchey Via de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301
Dial: Baker 0.01 mm.
Camión: B4U 852
Llantas: 10" X 20"

Peso del Eje: 8200 Kg.
Presión: 80 Psi
Relación del Brazo: 2:1
Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₅₀₀			D ₀	D ₂₅					
04+500	Derecho	16/10/2014	0	4	8	12	16	39.5	8.8	32	24	0.854	27	20	458	
04+550	Derecho	16/10/2014	0	3	7	11	14	37.8	8.8	28	22	0.865	24	19	602	
04+600	Derecho	16/10/2014	0	3	6	10	12	39.0	8.8	24	18	0.857	21	15	608	
04+650	Derecho	16/10/2014	0	4	7	9	13	40.3	8.8	26	18	0.848	22	15	460	
04+700	Derecho	16/10/2014	0	4	6	10	13	38.3	8.8	26	18	0.861	22	16	454	
04+750	Derecho	16/10/2014	0	4	7	11	14	40.5	8.8	28	20	0.847	24	17	461	
04+800	Derecho	16/10/2014	0	3	6	8	11	39.6	8.8	22	16	0.853	19	14	611	
04+850	Derecho	16/10/2014	0	5	9	14	18	38.8	8.8	36	26	0.858	31	22	364	
04+900	Derecho	16/10/2014	0	7	12	16	22	40.7	8.8	44	30	0.846	37	25	264	
04+950	Derecho	16/10/2014	0	4	8	13	16	40.9	8.8	32	24	0.845	27	20	462	
05+000	Derecho	16/10/2014	0	4	9	15	18	41.0	8.8	36	28	0.844	30	24	463	

DATOS ESTADÍSTICOS

Deflexión Mínima	14.0 mm/100	10.5	192.4
Deflexión Máxima	58.5 mm/100	42.6	900.2
Deflexión Promedio	31.7 mm/100	23.5	432.5
Desviación Estándar	8.9 mm/100	6.4	152.7
Deflexión Característica	46.3 mm/100		
Deflexión Admisible	78.0 mm/100		


Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

ANEXO D

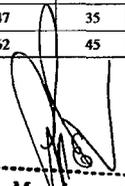
MEDICIÓN DE DEFLESIONES (VIGA BENKELMAN)
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
 MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Izquierdo

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301
Dial: Baker 0.01 mm.
Camión: B4U 852
Llantas: 10" X 20"

Peso del Eje: 8200 Kg.
Presión: 80 Psi
Relación del Brazo: 2:1
Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₁₅₀			D ₀	D ₂₅					
04+975	Izquierdo	13/10/2014	0	3	7	10	15	30.0	8.8	30	24	0.919	28	22	567	
04+925	Izquierdo	13/10/2014	0	5	10	15	20	30.0	8.8	40	30	0.919	37	28	340	
04+875	Izquierdo	13/10/2014	0	4	7	14	18	31.0	8.8	36	28	0.912	33	26	428	
04+825	Izquierdo	13/10/2014	0	6	8	13	19	30.8	8.8	38	26	0.913	35	24	285	
04+775	Izquierdo	13/10/2014	0	6	11	14	17	31.6	8.8	34	22	0.907	31	20	287	
04+725	Izquierdo	13/10/2014	0	7	13	15	19	34.4	8.8	38	24	0.888	34	21	252	
04+675	Izquierdo	13/10/2014	0	3	5	9	12	33.4	8.8	24	18	0.895	21	16	582	
04+625	Izquierdo	13/10/2014	0	4	8	12	16	32.2	8.8	32	24	0.903	29	22	433	
04+575	Izquierdo	13/10/2014	0	3	7	11	13	31.3	8.8	26	20	0.910	24	18	573	
04+525	Izquierdo	13/10/2014	0	3	8	11	15	35.4	8.8	30	24	0.881	26	21	591	
04+475	Izquierdo	13/10/2014	0	3	5	7	12	35.7	8.8	24	18	0.879	21	16	593	
04+425	Izquierdo	13/10/2014	0	4	6	9	13	35.5	8.8	26	18	0.880	23	16	444	
04+375	Izquierdo	13/10/2014	0	5	8	11	16	36.6	8.8	32	22	0.873	28	19	358	
04+325	Izquierdo	13/10/2014	0	4	9	13	18	36.1	8.8	36	28	0.876	32	25	446	
04+275	Izquierdo	13/10/2014	0	3	6	9	12	34.5	8.8	24	18	0.887	21	16	587	
04+225	Izquierdo	13/10/2014	0	6	12	17	21	36.6	8.8	42	30	0.873	37	26	298	
04+175	Izquierdo	13/10/2014	0	4	7	11	15	37.4	8.8	30	22	0.867	26	19	450	
04+125	Izquierdo	13/10/2014	0	4	8	13	16	38.3	8.8	32	24	0.861	28	21	454	
04+075	Izquierdo	13/10/2014	0	6	13	19	24	37.4	8.8	48	36	0.867	42	31	300	
04+025	Izquierdo	13/10/2014	0	5	11	15	20	37.4	8.8	40	30	0.867	35	26	360	
03+975	Izquierdo	13/10/2014	0	3	7	10	15	30.0	8.8	30	24	0.919	28	22	567	
03+925	Izquierdo	13/10/2014	0	5	10	15	20	30.0	8.8	40	30	0.919	37	28	340	
03+875	Izquierdo	13/10/2014	0	4	7	14	18	31.0	8.8	36	28	0.912	33	26	428	
03+825	Izquierdo	13/10/2014	0	3	8	11	15	30.8	8.8	30	24	0.913	27	22	570	
03+775	Izquierdo	13/10/2014	0	6	8	13	19	31.6	8.8	38	26	0.907	34	24	287	
03+725	Izquierdo	13/10/2014	0	6	11	14	17	34.4	8.8	34	22	0.888	30	20	293	
03+675	Izquierdo	13/10/2014	0	7	13	15	19	33.4	8.8	38	24	0.895	34	21	250	
03+625	Izquierdo	13/10/2014	0	3	5	9	12	32.2	8.8	24	18	0.903	22	16	577	
03+575	Izquierdo	13/10/2014	0	4	8	12	16	31.3	8.8	32	24	0.910	29	22	429	
03+525	Izquierdo	13/10/2014	0	3	7	11	13	35.4	8.8	26	20	0.881	23	18	591	
03+475	Izquierdo	13/10/2014	0	3	8	11	15	35.7	8.8	30	24	0.879	26	21	593	
03+425	Izquierdo	13/10/2014	0	3	5	7	12	35.5	8.8	24	18	0.880	21	16	592	
03+375	Izquierdo	13/10/2014	0	4	6	9	13	36.6	8.8	26	18	0.873	23	16	448	
03+325	Izquierdo	13/10/2014	0	5	8	11	16	36.1	8.8	32	22	0.876	28	19	357	
03+275	Izquierdo	13/10/2014	0	4	9	13	18	34.5	8.8	36	28	0.887	32	25	440	
03+225	Izquierdo	13/10/2014	0	3	6	9	12	36.6	8.8	24	18	0.873	21	16	597	
03+175	Izquierdo	13/10/2014	0	6	12	17	21	37.4	8.8	42	30	0.867	36	26	300	
03+125	Izquierdo	13/10/2014	0	4	8	13	16	38.3	8.8	32	24	0.861	28	21	454	
03+075	Izquierdo	13/10/2014	0	6	13	19	24	37.4	8.8	48	36	0.867	42	31	300	
03+025	Izquierdo	13/10/2014	0	5	11	15	20	37.4	8.8	40	30	0.867	35	26	360	
02+975	Izquierdo	13/10/2014	0	4	9	13	19	30.0	8.8	38	30	0.919	35	28	425	
02+925	Izquierdo	16/10/2014	0	6	12	16	22	30.0	8.8	44	32	0.919	40	29	283	
02+875	Izquierdo	16/10/2014	0	7	13	18	25	31.0	8.8	50	36	0.912	46	33	245	
02+825	Izquierdo	16/10/2014	0	7	15	20	26	30.8	8.8	52	38	0.913	47	35	244	
02+775	Izquierdo	16/10/2014	0	9	17	25	34	31.6	8.8	68	50	0.907	62	45	191	


Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 Tramo: *Pericos - San Ignacio (Incluye Via de Evitamiento)*
 Capa: *Carpeta Asfáltica*
 Kilometro: *00+000 - 05+000*
 Carril: *Izquierdo*

Equipo: *Viga Benkelman - Forney Serie: H130301*

Dial: *Baker 0.01 mm.*

Camión: *BAU 852*

Llantas: *10" X 20"*

Peso del Eje: *8200 Kg.*

Presión: *80 Psi*

Relación del Brazo: *2:1*

Factor de Estacionalidad: *1.0*

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₁₅₀			D ₀	D ₂₅					
02+725	Izquierdo	16/10/2014	0	7	14	20	26	34.4	8.8	52	38	0.888	46	34	252	
02+675	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	12	17	33.4	8.8	34	26	0.895	30	23	437	
02+625	Izquierdo	16/10/2014	0	4	10	17	23	32.2	8.8	46	38	0.903	42	34	433	
02+575	Izquierdo	16/10/2014	0	5	10	15	20	31.3	8.8	40	30	0.910	36	27	344	
02+525	Izquierdo	16/10/2014	0	4	11	16	21	35.4	8.8	42	34	0.881	37	30	444	
02+475	Izquierdo	16/10/2014	0	6	12	19	24	35.7	8.8	48	36	0.879	42	32	296	
02+425	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	13	18	35.5	8.8	36	28	0.880	32	25	444	
02+375	Izquierdo	16/10/2014	0	3	7	10	13	36.6	8.8	26	20	0.873	23	17	597	
02+325	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	14	18	36.1	8.8	36	28	0.876	32	25	446	
02+275	Izquierdo	16/10/2014	0	3	7	11	15	34.5	8.8	30	24	0.887	27	21	587	
02+225	Izquierdo	16/10/2014	0	3	6	10	14	36.6	8.8	28	22	0.873	24	19	597	
02+175	Izquierdo	16/10/2014	0	6	11	16	21	37.4	8.8	42	30	0.867	36	26	300	
02+125	Izquierdo	16/10/2014	0	5	11	15	19	38.3	8.8	38	28	0.861	33	24	363	
02+075	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	19	22	37.4	8.8	44	32	0.867	38	28	300	
02+025	Izquierdo	16/10/2014	0	3	5	9	12	37.4	8.8	24	18	0.867	21	16	601	
01+975	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	18	23	30.0	8.8	46	34	0.919	42	31	283	
01+925	Izquierdo	16/10/2014	0	6	14	19	23	30.0	8.8	46	34	0.919	42	31	283	
01+875	Izquierdo	16/10/2014	0	5	12	17	22	31.0	8.8	44	34	0.912	40	31	343	
01+825	Izquierdo	16/10/2014	0	4	10	13	17	30.8	8.8	34	26	0.913	31	24	428	
01+775	Izquierdo	16/10/2014	0	5	12	16	20	31.6	8.8	40	30	0.907	36	27	344	
01+725	Izquierdo	16/10/2014	0	6	12	17	22	34.4	8.8	44	32	0.888	39	28	293	
01+675	Izquierdo	16/10/2014	0	6	15	21	25	33.4	8.8	50	38	0.895	45	34	291	
01+625	Izquierdo	16/10/2014	0	4	9	14	18	32.2	8.8	36	28	0.903	33	25	433	
01+575	Izquierdo	16/10/2014	0	5	11	16	20	31.3	8.8	40	30	0.910	36	27	344	
01+525	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	15	18	35.4	8.8	36	28	0.881	32	25	444	
01+475	Izquierdo	16/10/2014	0	8	17	24	31	35.7	8.8	62	46	0.879	54	40	222	
01+425	Izquierdo	16/10/2014	0	4	10	14	19	35.5	8.8	38	30	0.880	33	26	444	
01+375	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	13	17	36.6	8.8	34	26	0.873	30	23	448	
01+325	Izquierdo	16/10/2014	0	5	10	16	22	36.1	8.8	44	34	0.876	39	30	357	
01+275	Izquierdo	16/10/2014	0	4	9	14	20	34.5	8.8	40	32	0.887	35	28	440	
01+225	Izquierdo	16/10/2014	0	8	16	22	27	36.6	8.8	54	38	0.873	47	33	224	
01+175	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	19	24	37.4	8.8	48	36	0.867	42	31	300	
01+125	Izquierdo	16/10/2014	0	5	11	18	23	38.3	8.8	46	36	0.861	40	31	363	
01+075	Izquierdo	16/10/2014	0	8	16	22	18	37.4	8.8	36	20	0.867	31	17	225	
01+025	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	20	26	37.4	8.8	52	40	0.867	45	35	300	
00+975	Izquierdo	16/10/2014	0	3	7	10	15	30.0	8.8	30	24	0.919	28	22	567	
00+925	Izquierdo	16/10/2014	0	5	10	15	20	30.0	8.8	40	30	0.919	37	28	340	
00+875	Izquierdo	16/10/2014	0	4	7	14	18	31.0	8.8	36	28	0.912	33	26	428	
00+825	Izquierdo	16/10/2014	0	3	8	11	15	30.8	8.8	30	24	0.913	27	22	570	
00+775	Izquierdo	16/10/2014	0	6	8	13	19	31.6	8.8	38	26	0.907	34	24	287	
00+725	Izquierdo	16/10/2014	0	6	11	14	17	34.4	8.8	34	22	0.888	30	20	293	
00+675	Izquierdo	16/10/2014	0	7	13	15	19	33.4	8.8	38	24	0.895	34	21	250	
00+625	Izquierdo	16/10/2014	0	3	7	12	15	32.2	8.8	30	24	0.903	27	22	577	
00+575	Izquierdo	16/10/2014	0	5	9	13	18	31.3	8.8	36	26	0.910	33	24	344	
00+525	Izquierdo	16/10/2014	0	3	8	11	14	35.4	8.8	28	22	0.881	25	19	591	


Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Via de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Izquierdo

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301

Peso del Eje: 8200 Kg.

Dial: Baker 0.01 mm.

Presión: 80 Psi

Camión: B4U 852

Relación del Brazo: 2:1

Llantas: 10" X 20"

Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₁₅₀			D ₀	D ₂₅					
00+475	Izquierdo	16/10/2014	0	4	7	14	18	35.7	8.8	36	28	0.879	32	25	445	
00+425	Izquierdo	16/10/2014	0	6	8	13	19	35.5	8.8	38	26	0.880	33	23	296	
00+375	Izquierdo	16/10/2014	0	7	13	15	19	36.6	8.8	38	24	0.873	33	21	256	
00+325	Izquierdo	16/10/2014	0	4	7	10	14	36.1	8.8	28	20	0.876	25	18	446	
00+275	Izquierdo	16/10/2014	0	3	5	9	13	34.5	8.8	26	20	0.887	23	18	587	
00+225	Izquierdo	16/10/2014	0	6	10	13	18	36.6	8.8	36	24	0.873	31	21	298	
00+175	Izquierdo	16/10/2014	0	4	7	11	15	37.4	8.8	30	22	0.867	26	19	450	
00+125	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	13	16	38.3	8.8	32	24	0.861	28	21	454	
00+075	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	19	24	37.4	8.8	48	36	0.867	42	31	300	
00+025	Izquierdo	16/10/2014	0	5	11	15	20	37.4	8.8	40	30	0.867	35	26	360	

DATOS ESTADÍSTICOS

Deflexión Mínima	20.8 mm/100	15.6	191.3
Deflexión Máxima	61.7 mm/100	45.4	600.6
Deflexión Promedio	32.9 mm/100	24.4	401.8
Desviación Estándar	7.6 mm/100	5.8	118.6
Deflexión Característica	45.5 mm/100		
Deflexión Admisible	78.0 mm/100		


Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

ANEXO E

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho-Izquierdo

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301 **Peso del Eje:** 8200 Kg.
Dial: Baker 0.01 mm. **Presión:** 80 Psi
Camión: B4U 852 **Relación del Brazo:** 2:1
Llantas: 10" X 20" **Factor de Estacionalidad:** 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₅₀₀			D ₀	D ₂₅					
00+000	Derecho	13/10/2014	0	3	7	10	14	27.6	8.8	28	22	0.937	26	21	556	
00+025	Izquierdo	16/10/2014	0	5	11	15	20	37.4	8.8	40	30	0.867	35	26	360	
00+050	Derecho	13/10/2014	0	6	12	17	22	27.0	8.8	44	32	0.942	41	30	276	
00+075	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	19	24	37.4	8.8	48	36	0.867	42	31	300	
00+100	Derecho	13/10/2014	0	2	4	6	8	28.3	8.8	16	12	0.932	15	11	838	
00+125	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	13	16	38.3	8.8	32	24	0.861	28	21	454	
00+150	Derecho	13/10/2014	0	2	5	7	10	29.0	8.8	20	16	0.927	19	15	843	
00+175	Izquierdo	16/10/2014	0	4	7	11	15	37.4	8.8	30	22	0.867	26	19	450	
00+200	Derecho	13/10/2014	0	3	7	11	18	27.9	8.8	36	30	0.935	34	28	557	
00+225	Izquierdo	16/10/2014	0	6	10	13	18	36.6	8.8	36	24	0.873	31	21	298	
00+250	Derecho	13/10/2014	0	3	5	7	14	30.3	8.8	28	22	0.917	26	20	568	
00+275	Izquierdo	16/10/2014	0	3	5	9	13	34.5	8.8	26	20	0.887	23	18	587	
00+300	Derecho	13/10/2014	0	3	6	8	12	30.5	8.8	24	18	0.915	22	16	569	
00+325	Izquierdo	16/10/2014	0	4	7	10	14	36.1	8.8	28	20	0.876	25	18	446	
00+350	Derecho	13/10/2014	0	4	7	11	14	31.2	8.8	28	20	0.910	25	18	429	
00+375	Izquierdo	16/10/2014	0	7	13	15	19	36.6	8.8	38	24	0.873	33	21	256	
00+400	Derecho	13/10/2014	0	3	6	9	12	31.3	8.8	24	18	0.910	22	16	573	
00+425	Izquierdo	16/10/2014	0	6	8	13	19	35.5	8.8	38	26	0.880	33	23	296	
00+450	Derecho	13/10/2014	0	3	5	7	10	30.5	8.8	20	14	0.915	18	13	569	
00+475	Izquierdo	16/10/2014	0	4	7	14	18	35.7	8.8	36	28	0.879	32	25	445	
00+500	Derecho	13/10/2014	0	4	7	14	18	29.4	8.8	36	28	0.924	33	26	423	
00+525	Izquierdo	16/10/2014	0	3	8	11	14	35.4	8.8	28	22	0.881	25	19	591	
00+550	Derecho	13/10/2014	0	3	6	11	15	31.8	8.8	30	24	0.906	27	22	575	
00+575	Izquierdo	16/10/2014	0	5	9	13	18	31.3	8.8	36	26	0.910	33	24	344	
00+600	Derecho	13/10/2014	0	4	7	12	17	30.4	8.8	34	26	0.916	31	24	426	
00+625	Izquierdo	16/10/2014	0	3	7	12	15	32.2	8.8	30	24	0.903	27	22	577	
00+650	Derecho	13/10/2014	0	4	9	12	15	31.4	8.8	30	22	0.909	27	20	430	
00+675	Izquierdo	16/10/2014	0	7	13	15	19	33.4	8.8	38	24	0.895	34	21	250	
00+700	Derecho	13/10/2014	0	3	7	10	13	30.9	8.8	26	20	0.912	24	18	571	
00+725	Izquierdo	16/10/2014	0	6	11	14	17	34.4	8.8	34	22	0.888	30	20	293	
00+750	Derecho	13/10/2014	0	3	6	8	11	32.2	8.8	22	16	0.903	20	14	577	
00+775	Izquierdo	16/10/2014	0	6	8	13	19	31.6	8.8	38	26	0.907	34	24	287	
00+800	Derecho	13/10/2014	0	4	8	13	17	32.0	8.8	34	26	0.904	31	24	432	
00+825	Izquierdo	16/10/2014	0	3	8	11	15	30.8	8.8	30	24	0.913	27	22	570	
00+850	Derecho	13/10/2014	0	5	9	14	18	31.0	8.8	36	26	0.912	33	24	343	


Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho-Izquierdo

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301

Peso del Eje: 8200 Kg.

Dial: Baker 0.01 mm.

Presión: 80 Psi

Camión: B4U 852

Relación del Brazo: 2:1

Llantas: 10" X 20"

Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₂₀₀			D ₀	D ₂₅					
00+875	Izquierdo	16/10/2014	0	4	7	14	18	31.0	8.8	36	28	0.912	33	26	428	
00+900	Derecho	13/10/2014	0	7	12	16	22	30.2	8.8	44	30	0.918	40	28	243	
00+925	Izquierdo	16/10/2014	0	5	10	15	20	30.0	8.8	40	30	0.919	37	28	340	
00+950	Derecho	13/10/2014	0	4	8	13	16	31.2	8.8	32	24	0.910	29	22	429	
00+975	Izquierdo	16/10/2014	0	3	7	10	15	30.0	8.8	30	24	0.919	28	22	567	
01+000	Derecho	13/10/2014	0	4	9	15	18	32.2	8.8	36	28	0.903	33	25	433	
01+025	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	20	26	37.4	8.8	52	40	0.867	45	35	300	
01+050	Derecho	13/10/2014	0	3	5	7	10	33.3	8.8	20	14	0.895	18	13	582	
01+075	Izquierdo	16/10/2014	0	8	16	22	18	37.4	8.8	36	20	0.867	31	17	225	
01+100	Derecho	13/10/2014	0	5	9	15	18	32.3	8.8	36	26	0.902	32	23	346	
01+125	Izquierdo	16/10/2014	0	5	11	18	23	38.3	8.8	46	36	0.861	40	31	363	
01+150	Derecho	13/10/2014	0	7	11	16	21	31.3	8.8	42	28	0.910	38	25	245	
01+175	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	19	24	37.4	8.8	48	36	0.867	42	31	300	
01+200	Derecho	13/10/2014	0	8	14	20	26	33.2	8.8	52	36	0.896	47	32	218	
01+225	Izquierdo	16/10/2014	0	8	16	22	27	36.6	8.8	54	38	0.873	47	33	224	
01+250	Derecho	13/10/2014	0	7	12	19	24	32.2	8.8	48	34	0.903	43	31	247	
01+275	Izquierdo	16/10/2014	0	4	9	14	20	34.5	8.8	40	32	0.887	35	28	440	
01+300	Derecho	13/10/2014	0	6	15	18	23	31.2	8.8	46	34	0.910	42	31	286	
01+325	Izquierdo	16/10/2014	0	5	10	16	22	36.1	8.8	44	34	0.876	39	30	357	
01+350	Derecho	13/10/2014	0	4	7	12	18	30.9	8.8	36	28	0.912	33	26	428	
01+375	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	13	17	36.6	8.8	34	26	0.873	30	23	448	
01+400	Derecho	13/10/2014	0	5	9	12	17	33.0	8.8	34	24	0.897	31	22	348	
01+425	Izquierdo	16/10/2014	0	4	10	14	19	35.5	8.8	38	30	0.880	33	26	444	
01+450	Derecho	13/10/2014	0	5	10	15	20	35.0	8.8	40	30	0.883	35	27	354	
01+475	Izquierdo	16/10/2014	0	8	17	24	31	35.7	8.8	62	46	0.879	54	40	222	
01+500	Derecho	13/10/2014	0	5	11	16	22	34.5	8.8	44	34	0.887	39	30	352	
01+525	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	15	18	35.4	8.8	36	28	0.881	32	25	444	
01+550	Derecho	13/10/2014	0	7	15	21	26	35.9	8.8	52	38	0.877	46	33	254	
01+575	Izquierdo	16/10/2014	0	5	11	16	20	31.3	8.8	40	30	0.910	36	27	344	
01+600	Derecho	13/10/2014	0	4	10	16	20	36.3	8.8	40	32	0.875	35	28	447	
01+625	Izquierdo	16/10/2014	0	4	9	14	18	32.2	8.8	36	28	0.903	33	25	433	
01+650	Derecho	13/10/2014	0	3	8	11	17	34.3	8.8	34	28	0.888	30	25	586	
01+675	Izquierdo	16/10/2014	0	6	15	21	25	33.4	8.8	50	38	0.895	45	34	291	
01+700	Derecho	13/10/2014	0	3	5	10	16	35.3	8.8	32	26	0.881	28	23	591	
01+725	Izquierdo	16/10/2014	0	6	12	17	22	34.4	8.8	44	32	0.888	39	28	293	


Ing. Luis A. Menabaza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho-Izquierdo

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301

Dial: Baker 0.01 mm.

Camión: BAU 852

Llantas: 10" X 20"

Peso del Eje: 8200 Kg.

Presión: 80 Psi

Relación del Brazo: 2:1

Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₅₀₀			D ₀	D ₂₅					
01+750	Derecho	13/10/2014	0	3	6	9	12	35.6	8.8	24	18	0.879	21	16	592	
01+775	Izquierdo	16/10/2014	0	5	12	16	20	31.6	8.8	40	30	0.907	36	27	344	
01+800	Derecho	13/10/2014	0	5	11	16	20	37.3	8.8	40	30	0.868	35	26	360	
01+825	Izquierdo	16/10/2014	0	4	10	13	17	30.8	8.8	34	26	0.913	31	24	428	
01+850	Derecho	13/10/2014	0	6	11	15	20	35.3	8.8	40	28	0.881	35	25	295	
01+875	Izquierdo	16/10/2014	0	5	12	17	22	31.0	8.8	44	34	0.912	40	31	343	
01+900	Derecho	13/10/2014	0	9	15	21	29	32.3	8.8	58	40	0.902	52	36	192	
01+925	Izquierdo	16/10/2014	0	6	14	19	23	30.0	8.8	46	34	0.919	42	31	283	
01+950	Derecho	13/10/2014	0	8	14	22	30	33.3	8.8	60	44	0.895	54	39	218	
01+975	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	18	23	30.0	8.8	46	34	0.919	42	31	283	
02+000	Derecho	13/10/2014	0	6	15	20	24	34.5	8.8	48	36	0.887	43	32	294	
02+025	Izquierdo	16/10/2014	0	3	5	9	12	37.4	8.8	24	18	0.867	21	16	601	
02+050	Derecho	16/10/2014	0	4	10	15	18	34.0	8.8	36	28	0.890	32	25	439	
02+075	Izquierdo	16/10/2014	0	6	13	19	22	37.4	8.8	44	32	0.867	38	28	300	
02+100	Derecho	16/10/2014	0	4	7	11	15	35.5	8.8	30	22	0.880	26	19	444	
02+125	Izquierdo	16/10/2014	0	5	11	15	19	38.3	8.8	38	28	0.861	33	24	363	
02+150	Derecho	16/10/2014	0	3	8	12	16	35.7	8.8	32	26	0.879	28	23	593	
02+175	Izquierdo	16/10/2014	0	6	11	16	21	37.4	8.8	42	30	0.867	36	26	300	
02+200	Derecho	16/10/2014	0	4	12	16	20	37.3	8.8	40	32	0.868	35	28	450	
02+225	Izquierdo	16/10/2014	0	3	6	10	14	36.6	8.8	28	22	0.873	24	19	597	
02+250	Derecho	16/10/2014	0	7	14	21	25	36.2	8.8	50	36	0.875	44	32	255	
02+275	Izquierdo	16/10/2014	0	3	7	11	15	34.5	8.8	30	24	0.887	27	21	587	
02+300	Derecho	16/10/2014	0	8	15	24	30	35.6	8.8	60	44	0.879	53	39	222	
02+325	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	14	18	36.1	8.8	36	28	0.876	32	25	446	
02+350	Derecho	16/10/2014	0	9	21	26	33	34.5	8.8	66	48	0.887	59	43	196	
02+375	Izquierdo	16/10/2014	0	3	7	10	13	36.6	8.8	26	20	0.873	23	17	597	
02+400	Derecho	16/10/2014	0	5	10	18	23	33.5	8.8	46	36	0.894	41	32	350	
02+425	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	13	18	35.5	8.8	36	28	0.880	32	25	444	
02+450	Derecho	16/10/2014	0	3	9	15	23	38.5	8.8	46	40	0.860	40	34	606	
02+475	Izquierdo	16/10/2014	0	6	12	19	24	35.7	8.8	48	36	0.879	42	32	296	
02+500	Derecho	16/10/2014	0	6	11	17	22	37.4	8.8	44	32	0.867	38	28	300	
02+525	Izquierdo	16/10/2014	0	4	11	16	21	35.4	8.8	42	34	0.881	37	30	444	
02+550	Derecho	16/10/2014	0	5	10	15	20	38.3	8.8	40	30	0.861	34	26	363	
02+575	Izquierdo	16/10/2014	0	5	10	15	20	31.3	8.8	40	30	0.910	36	27	344	
02+600	Derecho	16/10/2014	0	6	10	16	20	36.3	8.8	40	28	0.875	35	24	298	


 Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho-Izquierdo

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301

Dial: Baker 0.01 mm.

Camión: B4U 852

Llantas: 10" X 20"

Peso del Eje: 8200 Kg.

Presión: 80 Psi

Relación del Brazo: 2:1

Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₁₅₀			D ₀	D ₂₅					
02+625	Izquierdo	16/10/2014	0	4	10	17	23	32.2	8.8	46	38	0.903	42	34	433	
02+650	Derecho	16/10/2014	0	4	7	14	16	37.4	8.8	32	24	0.867	28	21	450	
02+675	Izquierdo	16/10/2014	0	4	8	12	17	33.4	8.8	34	26	0.895	30	23	437	
02+700	Derecho	16/10/2014	0	3	5	9	15	37.5	8.8	30	24	0.867	26	21	601	
02+725	Izquierdo	16/10/2014	0	7	14	20	26	34.4	8.8	52	38	0.888	46	34	252	
02+750	Derecho	16/10/2014	0	4	8	13	16	38.3	8.8	32	24	0.861	28	21	454	
02+775	Izquierdo	16/10/2014	0	9	17	25	34	31.6	8.8	68	50	0.907	62	45	191	
02+800	Derecho	16/10/2014	0	4	7	12	18	37.2	8.8	36	28	0.869	31	24	450	
02+825	Izquierdo	16/10/2014	0	7	15	20	26	30.8	8.8	52	38	0.913	47	35	244	
02+850	Derecho	16/10/2014	0	5	9	12	16	38.4	8.8	32	22	0.861	28	19	363	
02+875	Izquierdo	16/10/2014	0	7	13	18	25	31.0	8.8	50	36	0.912	46	33	245	
02+900	Derecho	16/10/2014	0	6	12	17	21	35.4	8.8	42	30	0.881	37	26	296	
02+925	Izquierdo	16/10/2014	0	6	12	16	22	30.0	8.8	44	32	0.919	40	29	283	
02+950	Derecho	16/10/2014	0	5	10	14	19	35.4	8.8	38	28	0.881	33	25	355	
02+975	Izquierdo	13/10/2014	0	4	9	13	19	30.0	8.8	38	30	0.919	35	28	425	
03+000	Derecho	16/10/2014	0	7	12	16	21	38.3	8.8	42	28	0.861	36	24	259	
03+025	Izquierdo	13/10/2014	0	5	11	15	20	37.4	8.8	40	30	0.867	35	26	360	
03+050	Derecho	16/10/2014	0	6	12	17	22	37.3	8.8	44	32	0.868	38	28	300	
03+075	Izquierdo	13/10/2014	0	6	13	19	24	37.4	8.8	48	36	0.867	42	31	300	
03+100	Derecho	16/10/2014	0	2	4	6	8	36.3	8.8	16	12	0.875	14	10	893	
03+125	Izquierdo	13/10/2014	0	4	8	13	16	38.3	8.8	32	24	0.861	28	21	454	
03+150	Derecho	16/10/2014	0	2	5	7	10	37.3	8.8	20	16	0.868	17	14	900	
03+175	Izquierdo	13/10/2014	0	6	12	17	21	37.4	8.8	42	30	0.867	36	26	300	
03+200	Derecho	16/10/2014	0	3	7	11	18	36.3	8.8	36	30	0.875	31	26	596	
03+225	Izquierdo	13/10/2014	0	3	6	9	12	36.6	8.8	24	18	0.873	21	16	597	
03+250	Derecho	16/10/2014	0	8	14	19	23	38.3	8.8	46	30	0.861	40	26	227	
03+275	Izquierdo	13/10/2014	0	4	9	13	18	34.5	8.8	36	28	0.887	32	25	440	
03+300	Derecho	16/10/2014	0	5	10	15	20	39.9	8.8	40	30	0.851	34	26	367	
03+325	Izquierdo	13/10/2014	0	5	8	11	16	36.1	8.8	32	22	0.876	28	19	357	
03+350	Derecho	16/10/2014	0	9	15	19	25	38.5	8.8	50	32	0.860	43	28	202	
03+375	Izquierdo	13/10/2014	0	4	6	9	13	36.6	8.8	26	18	0.873	23	16	448	
03+400	Derecho	16/10/2014	0	3	7	15	18	38.9	8.8	36	30	0.857	31	26	607	
03+425	Izquierdo	13/10/2014	0	3	5	7	12	35.5	8.8	24	18	0.880	21	16	592	
03+450	Derecho	16/10/2014	0	4	8	12	16	39.9	8.8	32	24	0.851	27	20	459	
03+475	Izquierdo	13/10/2014	0	3	8	11	15	35.7	8.8	30	24	0.879	26	21	593	

.....
Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTC E 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Via de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho-Izquierdo

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301

Peso del Eje: 8200 Kg.

Dial: Baker 0.01 mm.

Presión: 80 Psi

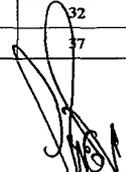
Camión: B4U 852

Relación del Brazo: 2:1

Llantas: 10" X 20"

Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₅₀₀			D ₀	D ₂₅					
03+500	Derecho	16/10/2014	0	3	7	11	14	39.8	8.8	28	22	0.852	24	19	612	
03+525	Izquierdo	13/10/2014	0	3	7	11	13	35.4	8.8	26	20	0.881	23	18	591	
03+550	Derecho	16/10/2014	0	3	6	10	12	39.8	8.8	24	18	0.852	20	15	612	
03+575	Izquierdo	13/10/2014	0	4	8	12	16	31.3	8.8	32	24	0.910	29	22	429	
03+600	Derecho	16/10/2014	0	4	7	9	13	40.0	8.8	26	18	0.850	22	15	459	
03+625	Izquierdo	13/10/2014	0	3	5	9	12	32.2	8.8	24	18	0.903	22	16	577	
03+650	Derecho	16/10/2014	0	4	6	10	13	40.1	8.8	26	18	0.850	22	15	460	
03+675	Izquierdo	13/10/2014	0	7	13	15	19	33.4	8.8	38	24	0.895	34	21	250	
03+700	Derecho	16/10/2014	0	4	7	11	14	39.9	8.8	28	20	0.851	24	17	459	
03+725	Izquierdo	13/10/2014	0	6	11	14	17	34.4	8.8	34	22	0.888	30	20	293	
03+750	Derecho	16/10/2014	0	3	6	8	11	40.0	8.8	22	16	0.850	19	14	613	
03+775	Izquierdo	13/10/2014	0	6	8	13	19	31.6	8.8	38	26	0.907	34	24	287	
03+800	Derecho	16/10/2014	0	4	8	13	17	39.9	8.8	34	26	0.851	29	22	459	
03+825	Izquierdo	13/10/2014	0	3	8	11	15	30.8	8.8	30	24	0.913	27	22	570	
03+850	Derecho	16/10/2014	0	5	9	14	18	39.9	8.8	36	26	0.851	31	22	367	
03+875	Izquierdo	13/10/2014	0	4	7	14	18	31.0	8.8	36	28	0.912	33	26	428	
03+900	Derecho	16/10/2014	0	7	12	16	22	40.0	8.8	44	30	0.850	37	26	263	
03+925	Izquierdo	13/10/2014	0	5	10	15	20	30.0	8.8	40	30	0.919	37	28	340	
03+950	Derecho	16/10/2014	0	4	8	13	16	40.1	8.8	32	24	0.850	27	20	460	
03+975	Izquierdo	13/10/2014	0	3	7	10	15	30.0	8.8	30	24	0.919	28	22	567	
04+000	Derecho	16/10/2014	0	4	9	15	18	39.9	8.8	36	28	0.851	31	24	459	
04+025	Izquierdo	13/10/2014	0	5	11	15	20	37.4	8.8	40	30	0.867	35	26	360	
04+050	Derecho	16/10/2014	0	8	14	20	26	38.9	8.8	52	36	0.857	45	31	228	
04+075	Izquierdo	13/10/2014	0	6	13	19	24	37.4	8.8	48	36	0.867	42	31	300	
04+100	Derecho	16/10/2014	0	7	12	19	24	40.0	8.8	48	34	0.850	41	29	263	
04+125	Izquierdo	13/10/2014	0	4	8	13	16	38.3	8.8	32	24	0.861	28	21	454	
04+150	Derecho	16/10/2014	0	6	15	18	23	39.7	8.8	46	34	0.852	39	29	306	
04+175	Izquierdo	13/10/2014	0	4	7	11	15	37.4	8.8	30	22	0.867	26	19	450	
04+200	Derecho	16/10/2014	0	4	7	12	18	40.1	8.8	36	28	0.850	31	24	460	
04+225	Izquierdo	13/10/2014	0	6	12	17	21	36.6	8.8	42	30	0.873	37	26	298	
04+250	Derecho	16/10/2014	0	5	9	12	17	38.5	8.8	34	24	0.860	29	21	363	
04+275	Izquierdo	13/10/2014	0	3	6	9	12	34.5	8.8	24	18	0.887	21	16	587	
04+300	Derecho	16/10/2014	0	5	10	15	20	39.0	8.8	40	30	0.857	34	26	365	
04+325	Izquierdo	13/10/2014	0	4	9	13	18	36.1	8.8	36	28	0.876	32	25	446	
04+350	Derecho	16/10/2014	0	5	11	16	22	40.0	8.8	44	34	0.850	37	29	368	


Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES (VIGA BENKELMAN)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

MTCE 1002 - ASTM D 4695

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Via de Evitamiento)
Capa: Carpeta Asfáltica
Kilometro: 00+000 - 05+000
Carril: Derecho-Izquierdo

Equipo: Viga Benkelman - Forney Serie: H130301

Peso del Eje: 8200 Kg.

Dial: Baker 0.01 mm.

Presión: 80 Psi

Camión: B4U 852

Relación del Brazo: 2:1

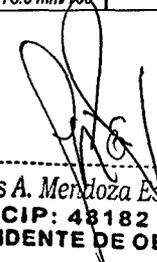
Llantas: 10" X 20"

Factor de Estacionalidad: 1.0

DATOS DE CAMPO										RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
Kilometro	Borde	Fecha	Lecturas en el Dial					Temperatura Terreno (°C)	Espesor (cm)	Deflexiones		Factor Corrección Por Temperatura	D ₀ Corregido	D ₂₅ Corregido	Radio de Curvatura	Observaciones
			L ₀	L ₂₅	L ₅₀	L ₁₀₀	L ₁₅₀			D ₀	D ₂₅					
04+375	Izquierdo	13/10/2014	0	5	8	11	16	36.6	8.8	32	22	0.873	28	19	358	
04+400	Derecho	16/10/2014	0	7	15	21	26	40.0	8.8	52	38	0.850	44	32	263	
04+425	Izquierdo	13/10/2014	0	4	6	9	13	35.5	8.8	26	18	0.880	23	16	444	
04+450	Derecho	16/10/2014	0	4	10	16	20	38.0	8.8	40	32	0.863	35	28	453	
04+475	Izquierdo	13/10/2014	0	3	5	7	12	35.7	8.8	24	18	0.879	21	16	593	
04+500	Derecho	16/10/2014	0	4	8	12	16	39.5	8.8	32	24	0.854	27	20	458	
04+525	Izquierdo	13/10/2014	0	3	8	11	15	35.4	8.8	30	24	0.881	26	21	591	
04+550	Derecho	16/10/2014	0	3	7	11	14	37.8	8.8	28	22	0.865	24	19	602	
04+575	Izquierdo	13/10/2014	0	3	7	11	13	31.3	8.8	26	20	0.910	24	18	573	
04+600	Derecho	16/10/2014	0	3	6	10	12	39.0	8.8	24	18	0.857	21	15	608	
04+625	Izquierdo	13/10/2014	0	4	8	12	16	32.2	8.8	32	24	0.903	29	22	433	
04+650	Derecho	16/10/2014	0	4	7	9	13	40.3	8.8	26	18	0.848	22	15	460	
04+675	Izquierdo	13/10/2014	0	3	5	9	12	33.4	8.8	24	18	0.895	21	16	582	
04+700	Derecho	16/10/2014	0	4	6	10	13	38.3	8.8	26	18	0.861	22	16	454	
04+725	Izquierdo	13/10/2014	0	7	13	15	19	34.4	8.8	38	24	0.888	34	21	252	
04+750	Derecho	16/10/2014	0	4	7	11	14	40.5	8.8	28	20	0.847	24	17	461	
04+775	Izquierdo	13/10/2014	0	6	11	14	17	31.6	8.8	34	22	0.907	31	20	287	
04+800	Derecho	16/10/2014	0	3	6	8	11	39.6	8.8	22	16	0.853	19	14	611	
04+825	Izquierdo	13/10/2014	0	6	8	13	19	30.8	8.8	38	26	0.913	35	24	285	
04+850	Derecho	16/10/2014	0	5	9	14	18	38.8	8.8	36	26	0.858	31	22	364	
04+875	Izquierdo	13/10/2014	0	4	7	14	18	31.0	8.8	36	28	0.912	33	26	428	
04+900	Derecho	16/10/2014	0	7	12	16	22	40.7	8.8	44	30	0.846	37	25	264	
04+925	Izquierdo	13/10/2014	0	5	10	15	20	30.0	8.8	40	30	0.919	37	28	340	
04+950	Derecho	16/10/2014	0	4	8	13	16	40.9	8.8	32	24	0.845	27	20	462	
04+975	Izquierdo	13/10/2014	0	3	7	10	15	30.0	8.8	30	24	0.919	28	22	567	
05+000	Derecho	16/10/2014	0	4	9	15	18	41.0	8.8	36	28	0.844	30	24	463	

DATOS ESTADÍSTICOS

Deflexión Mínima	14.0 mm/100	10.5	191.3
Deflexión Máxima	61.7 mm/100	45.4	900.2
Deflexión Promedio	32.3 mm/100	24.0	417.2
Desviación Estándar	8.3 mm/100	6.1	137.3
Deflexión Característica	45.9 mm/100		
Deflexión Admisible	78.0 mm/100		


 Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

ANEXO F

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*
 Fecha: 23/09/2014

TRAMO	: Km 00+000 Al 00+420
HUELLA	: EXTERNA
CARRIL	: DERECHO
FECHA	: 23/09/2014
ENSAYO Nº	: 01

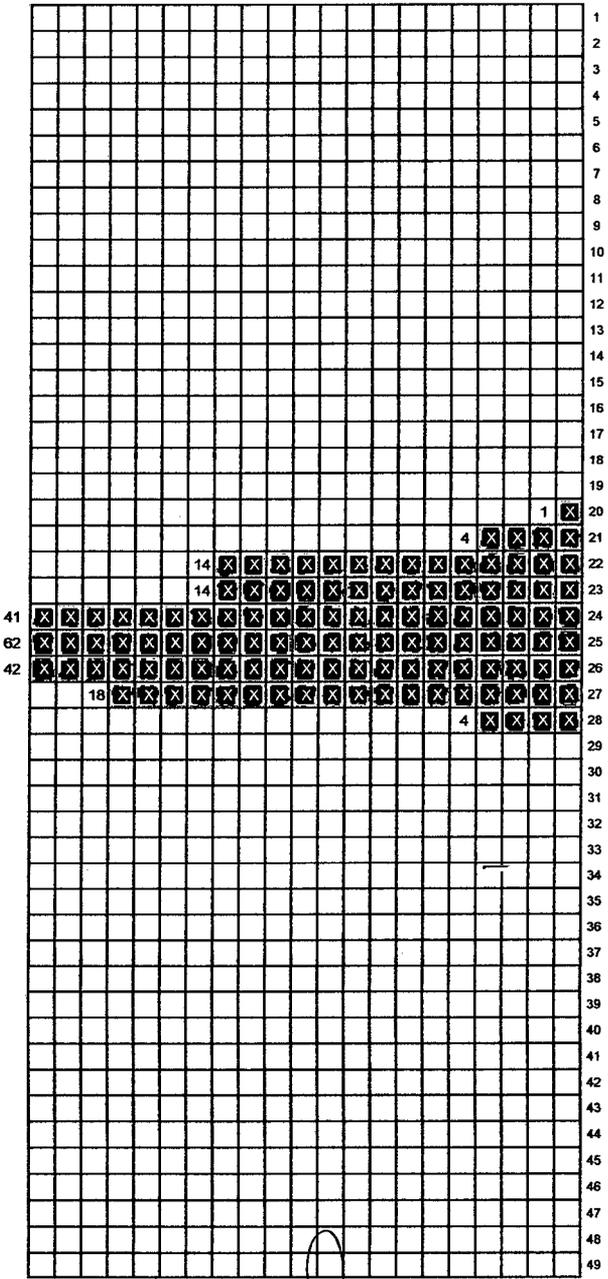
F =	1.00
D =	26.55 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)
	= 0.593+0.0471*D(D>40)
	= 1.29 IRI
	= 1.29 IRI Corregido

OBSERVACIONES : *Carpeta Asfáltica*

Lectura Inicial	= 25	Esesor Pastilla
Lectura Final	= 15	= 5 mm
Fc	= 1.00	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	25	27	26	25	25	28	21	22	22	1
2	20	27	25	25	26	26	25	24	27	24	2
3	25	26	27	26	26	22	25	25	23	25	3
4	25	26	25	26	26	25	25	26	25	24	4
5	25	26	25	25	26	24	22	28	26	24	5
6	24	24	25	26	25	26	26	26	25	23	6
7	22	24	27	26	25	24	25	25	27	27	7
8	25	25	27	23	24	25	24	25	24	25	8
9	25	24	25	25	26	24	27	27	23	23	9
10	26	26	27	26	25	25	21	24	25	27	10
11	25	26	26	28	25	24	26	27	26	25	11
12	27	26	24	23	26	25	26	26	26	26	12
13	25	26	25	24	25	24	26	24	27	26	13
14	25	24	26	24	25	25	25	24	24	28	14
15	24	21	27	26	24	25	25	24	24	26	15
16	22	22	25	24	24	22	24	24	25	25	16
17	25	22	24	25	23	25	25	22	22	22	17
18	24	21	22	26	26	24	23	23	23	23	18
19	25	23	24	25	24	23	23	25	26	22	19
20	25	27	27	24	25	24	24	26	24	25	20

MERLIN



Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

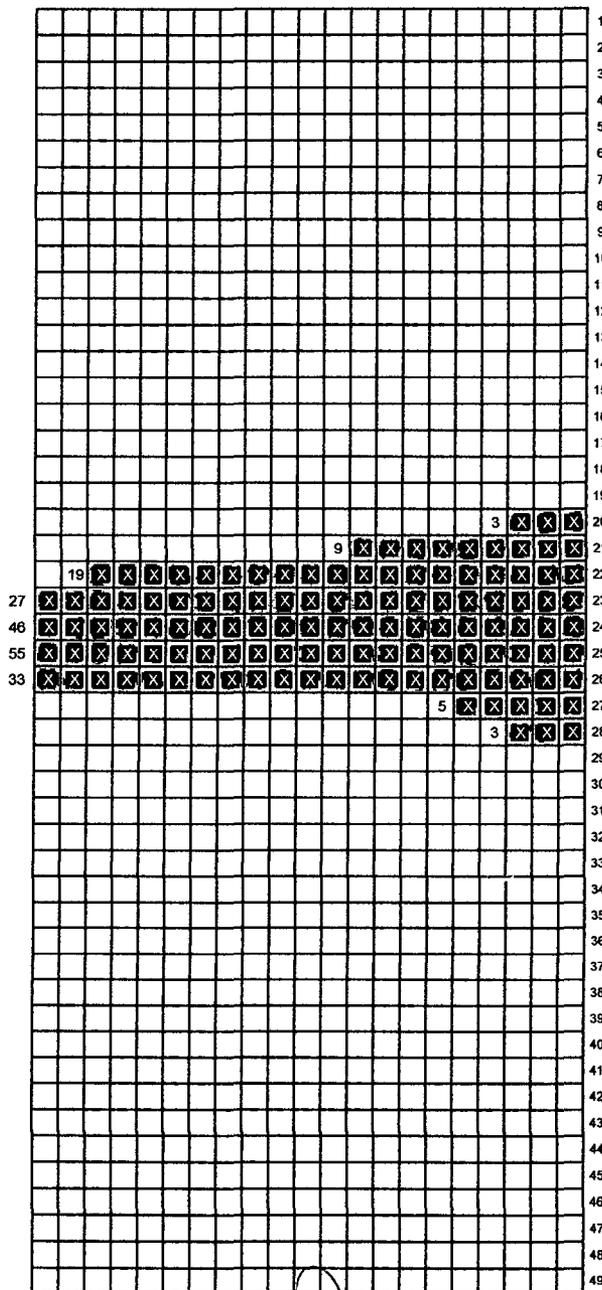
MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*

Fecha: 23/09/2014

TRAMO : Km 00+420 Al 00+840	
HUELLA : EXTERNA	
CARRIL : DERECHO	
FECHA : 23/09/2014	
ENSAYO N° : 02	
F =	1.00
D =	25.81 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40) = 0.593+0.0471*D(D>40) = 1.25 IRI = 1.25 IRI Corregido
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica
Lectura Inicial = 26	Esesor Pastilla
Lectura Final = 16	= 5 mm
Fc = 1.00	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
25 24 27 26 26 22 27 24 24 25	1
25 24 25 24 24 25 23 24 28 26	2
26 25 23 24 26 25 24 27 24 21	3
24 25 25 25 28 26 24 27 24 25	4
26 24 26 25 25 23 23 26 26 26	5
25 22 28 25 24 26 25 24 26 25	6
25 25 24 26 24 25 26 21 24 26	7
25 21 22 21 22 23 22 23 22 21	8
22 21 22 22 23 21 22 22 21 22	9
22 23 22 22 23 25 23 23 22 20	10
26 25 24 25 25 25 25 21 23 24	11
23 24 23 23 24 26 23 24 26 26	12
22 23 24 23 25 22 24 23 24 24	13
25 25 20 23 23 25 24 25 26 25	14
24 25 23 25 26 26 25 24 25 24	15
25 27 24 25 26 25 24 26 25 25	16
24 24 23 25 24 25 25 22 25 24	17
23 25 25 24 26 25 26 26 24 24	18
25 26 25 24 23 26 25 24 23 25	19
20 23 26 25 24 24 26 26 25 24	20

MERLIN




 Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

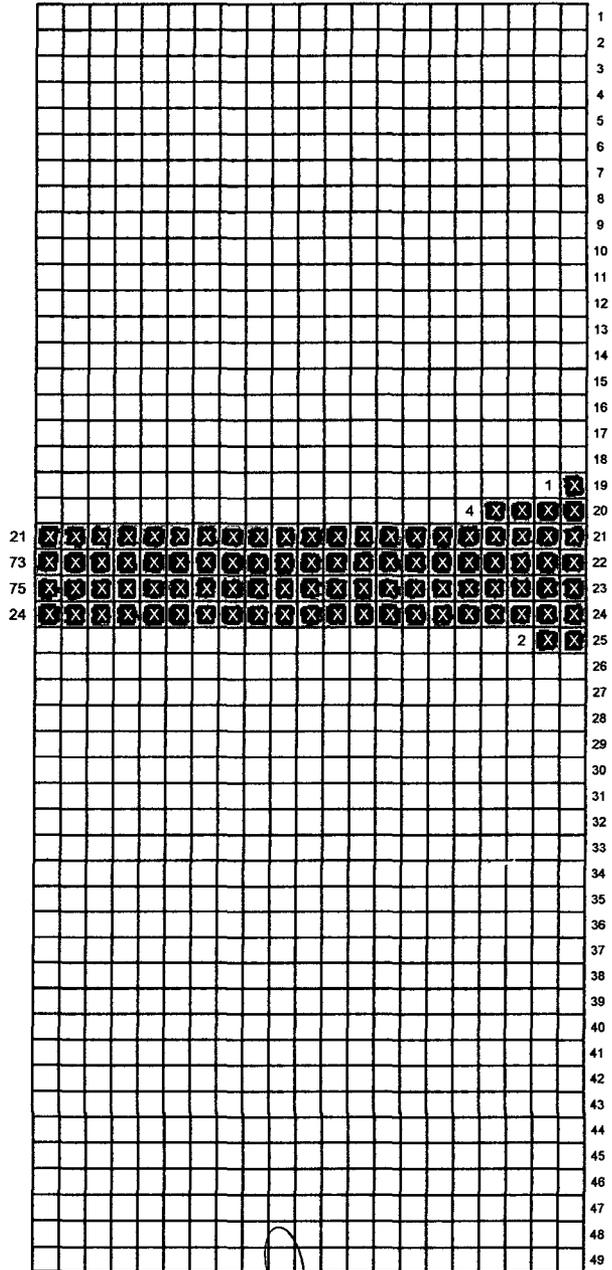
OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*

Fecha: 23/09/2014

TRAMO : Km 01+260 Al 01+680	
HUELLA : EXTERNA	
CARRIL : DERECHO	
FECHA : 23/09/2014	
ENSAYO Nº : 04	
F =	1.11
D =	19.58 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)
	= 0.593+0.0471*D (D>40)
	= 0.95 IRI
	= 1.05 IRI Corregido
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica
Lectura Inicial	= 25 Espesor Pastilla
Lectura Final	= 16 = 5 mm
Fc	= 1.11

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	20	23	22	22	23	23	23	24	23	23	1
2	21	22	24	22	23	24	22	22	22	24	2
3	21	23	24	24	22	22	21	23	24	22	3
4	21	21	23	21	23	24	23	22	22	22	4
5	22	22	23	21	23	24	24	23	20	21	5
6	22	23	23	23	21	22	22	22	23	22	6
7	25	21	22	21	22	23	22	23	22	21	7
8	22	21	22	22	23	21	22	22	21	22	8
9	22	23	22	22	23	25	23	23	22	24	9
10	22	24	23	23	21	22	22	22	23	21	10
11	23	22	23	23	22	22	23	23	24	21	11
12	22	22	23	22	23	22	23	24	23	23	12
13	23	23	22	23	23	22	22	22	22	22	13
14	24	23	23	22	22	22	22	24	22	22	14
15	23	23	22	24	22	24	23	22	23	24	15
16	23	24	24	22	20	22	23	22	23	23	16
17	19	23	22	22	23	23	23	23	23	23	17
18	21	23	22	22	22	22	23	22	23	23	18
19	23	23	23	23	21	24	24	22	23	23	19
20	23	24	22	23	23	22	21	23	23	20	20

MERLIN



.....
Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
 TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)

Fecha: 23/09/2014

TRAMO	: Km 01+680 Al 02+100
HUELLA	: EXTERNA
CARRIL	: DERECHO
FECHA	: 23/09/2014
ENSAYO N°	: 05

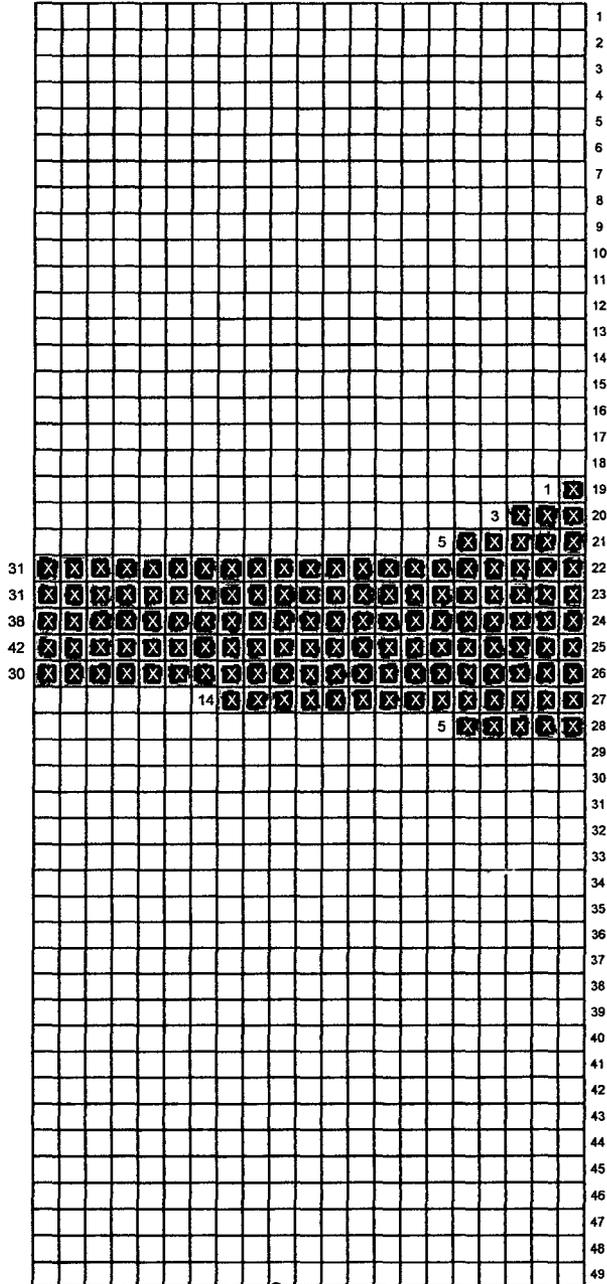
F =	0.91
D =	25.50 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)
	= 0.593+0.0471*D(D>40)
	= 1.24 IRI
	= 1.12 IRI Corregido

OBSERVACIONES : Carpeta Asfáltica

Lectura Inicial = 26 Espesor Pastilla
 Lectura Final = 15 = 5 mm
 Fc = 0.91

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	20	25	27	26	25	25	28	21	22	22	1
2	20	27	25	25	26	26	25	24	27	24	2
3	25	26	27	26	26	22	25	25	28	25	3
4	24	23	23	22	22	22	22	24	22	22	4
5	23	23	22	24	22	24	28	22	23	24	5
6	23	24	24	22	20	22	23	22	23	23	6
7	19	23	22	22	23	23	23	23	23	23	7
8	21	23	22	22	22	22	23	22	23	23	8
9	25	24	25	25	26	24	27	27	23	23	9
10	26	26	27	26	25	25	21	24	25	27	10
11	25	26	26	28	25	24	26	27	26	25	11
12	27	26	24	23	26	25	26	26	26	26	12
13	25	26	25	24	25	24	26	24	27	26	13
14	25	24	26	24	25	25	25	24	24	28	14
15	24	21	27	26	24	25	25	24	24	26	15
16	22	22	25	24	24	22	24	24	25	25	16
17	25	22	24	25	23	25	25	22	22	22	17
18	24	21	22	26	26	24	23	23	23	23	18
19	25	23	24	25	24	23	23	25	26	22	19
20	25	27	27	24	25	24	24	26	24	25	20

MERLIN




 Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*
 Fecha: 23/09/2014

TRAMO :	Km 02+100 Al 02+520
HUELLA :	EXTERNA
CARRIL :	DERECHO
FECHA :	23/09/2014
ENSAYO Nº :	06

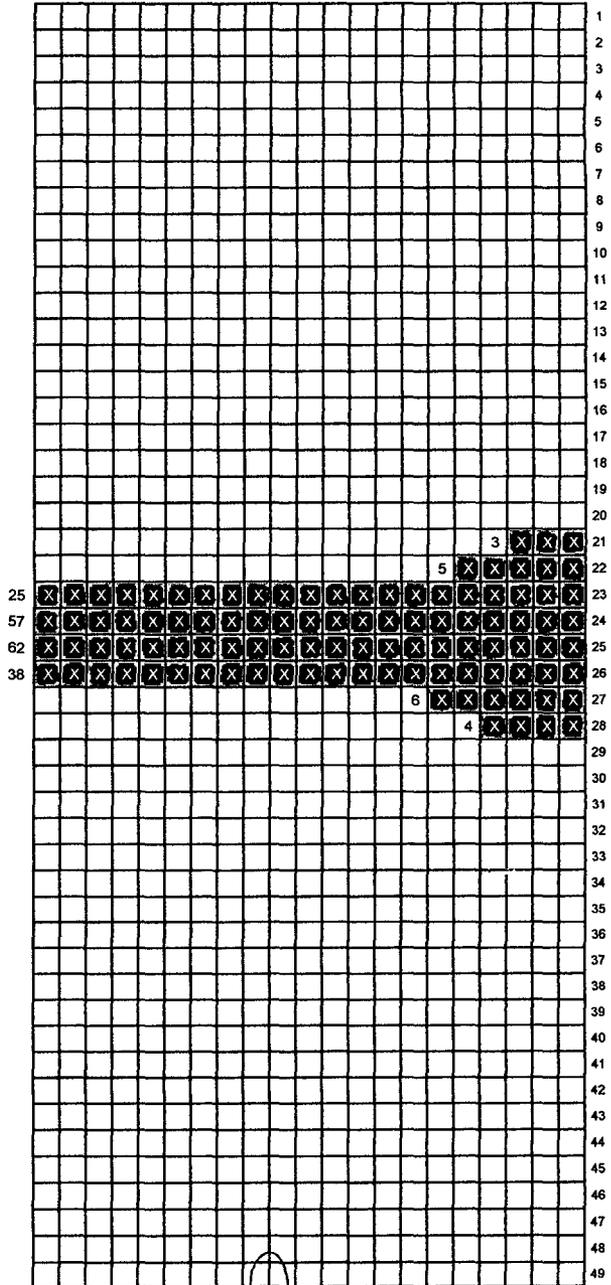
F =	1.11
D =	21.78 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)
	= 0.593+0.0471*D(D>40)
	= 1.06 IRI
	= 1.17 IRI Corregido

OBSERVACIONES : Carpeta Asfáltica

Lectura Inicial	= 25	Espesor Pastilla	
Lectura Final	= 16	= 5 mm	
Fc	= 1.11		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	24	24	26	26	22	27	24	24	27	1
2	25	24	25	24	24	25	23	24	28	26	2
3	26	25	23	24	26	25	24	27	24	21	3
4	24	25	25	27	28	26	24	24	24	25	4
5	26	24	26	25	25	23	23	26	26	26	5
6	25	22	28	25	24	26	25	24	26	25	6
7	25	25	24	26	24	25	28	21	24	26	7
8	25	25	25	24	28	26	25	25	25	26	8
9	23	24	23	26	24	25	24	25	25	26	9
10	25	23	23	24	24	25	23	26	25	25	10
11	26	25	24	25	27	25	25	21	23	24	11
12	23	24	23	23	24	26	23	24	26	26	12
13	22	23	24	23	25	22	24	23	24	24	13
14	25	25	24	23	23	25	24	25	26	25	14
15	24	25	23	27	26	26	25	24	25	24	15
16	25	24	24	25	26	25	24	26	25	25	16
17	24	24	23	25	24	25	25	22	25	24	17
18	23	25	25	24	26	25	26	26	24	24	18
19	25	26	25	24	23	26	25	24	23	25	19
20	24	23	26	25	24	24	28	26	25	24	20

MERLIN




Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

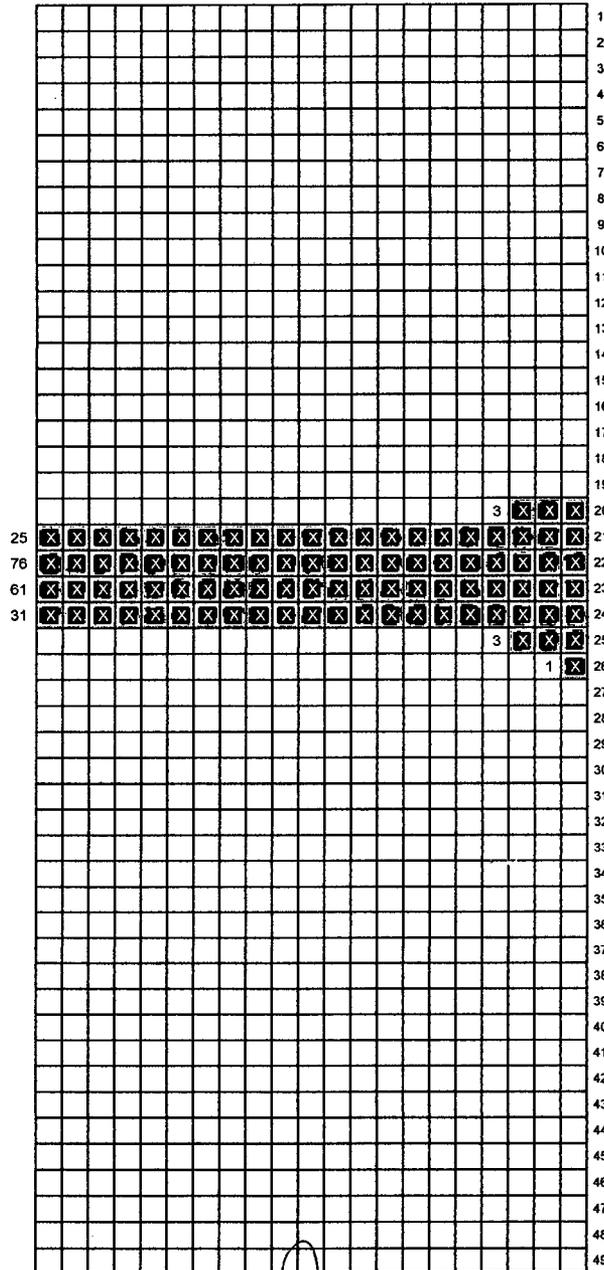
OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*

Fecha: 24/09/2014

TRAMO :	Km 02+520 Al 02+940
HUELLA :	EXTERNA
CARRIL :	DERECHO
FECHA :	24/09/2014
ENSAYO N° :	07
F =	1.11
D =	19.11 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)
	= 0.593+0.0471*D(D>40)
	= 0.93 IRI
	= 1.03 IRI Corregido
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica
Lectura Inicial = 26	Espesor Pastilla
Lectura Final = 17	= 5 mm
Fc = 1.11	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	24	21	21	21	23	20	22	23	22	22	1
2	22	22	22	23	23	23	24	24	23	22	2
3	22	20	24	23	22	21	22	23	22	22	3
4	22	22	22	22	23	22	22	22	22	24	4
5	23	22	22	21	21	23	23	22	23	22	5
6	23	21	24	23	22	22	23	22	22	21	6
7	22	22	22	24	23	22	23	22	23	22	7
8	23	23	22	21	22	23	22	21	22	23	8
9	24	24	23	22	24	23	23	24	21	22	9
10	22	23	22	23	22	23	24	23	22	24	10
11	24	24	24	23	22	23	23	24	22	23	11
12	22	21	23	22	24	22	23	24	26	23	12
13	22	23	24	24	25	25	23	22	23	22	13
14	21	23	22	22	23	23	23	24	23	23	14
15	21	22	24	22	23	24	22	22	22	24	15
16	21	23	24	24	22	22	21	23	24	22	16
17	21	21	23	21	23	24	23	22	22	22	17
18	22	22	23	21	23	24	24	23	20	21	18
19	22	23	23	23	21	22	22	22	23	22	19
20	25	21	22	21	22	23	22	23	22	21	20

MERLIN





Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

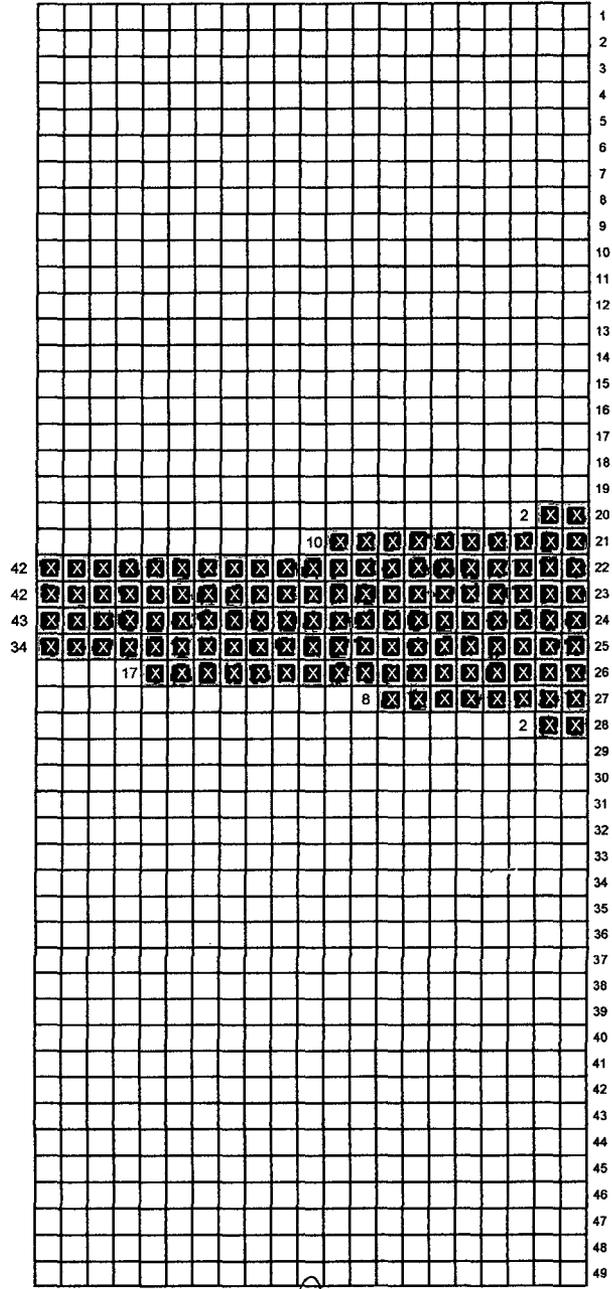
OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Canchis
 TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)

Fecha: 24/09/2014

TRAMO : Km 03+360 Al 03+780	
HUELLA : EXTERNA	
CARRIL : DERECHO	
FECHA : 24/09/2014	
ENSAYO N° : 09	
F =	1.00
D =	26.00 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)
	= 0.593+0.0471*D (D>40)
	= 1.26 IRI
	= 1.26 IRI Corregido
OBSERVACIONES : Carpeta Asfáltica	
Lectura Inicial	= 25 Espesor Pastilla
Lectura Final	= 15 = 5 mm
Fc	= 1.00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	25	27	26	25	25	28	21	22	22	1
20	27	25	25	26	26	25	24	27	24	2
25	26	27	26	26	22	25	25	23	25	3
23	21	24	23	22	22	23	22	22	21	4
22	22	22	24	23	22	23	22	23	22	5
23	23	22	21	22	23	22	21	22	23	6
24	24	23	22	24	23	23	24	21	22	7
22	23	22	23	22	23	24	23	22	24	8
24	24	24	23	22	23	23	24	22	23	9
22	21	23	22	24	22	23	24	26	23	10
22	23	24	24	25	25	23	22	23	22	11
21	23	22	22	23	23	23	24	23	23	12
25	26	25	24	25	24	26	24	27	26	13
25	24	26	24	25	25	25	24	24	28	14
24	21	27	26	24	25	25	24	24	26	15
22	22	25	24	24	22	24	24	25	25	16
25	22	24	25	23	25	25	22	22	22	17
24	21	22	26	26	24	23	23	23	23	18
25	23	24	25	24	23	23	25	26	22	19
25	27	27	24	25	24	24	26	24	25	20

MERLIN




 Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
 TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)

Fecha: 24/09/2014

TRAMO	: Km 03+780 Al 04+200
HUELLA	: EXTERNA
CARRIL	: DERECHO
FECHA	: 24/09/2014
ENSAYO N°	: 10

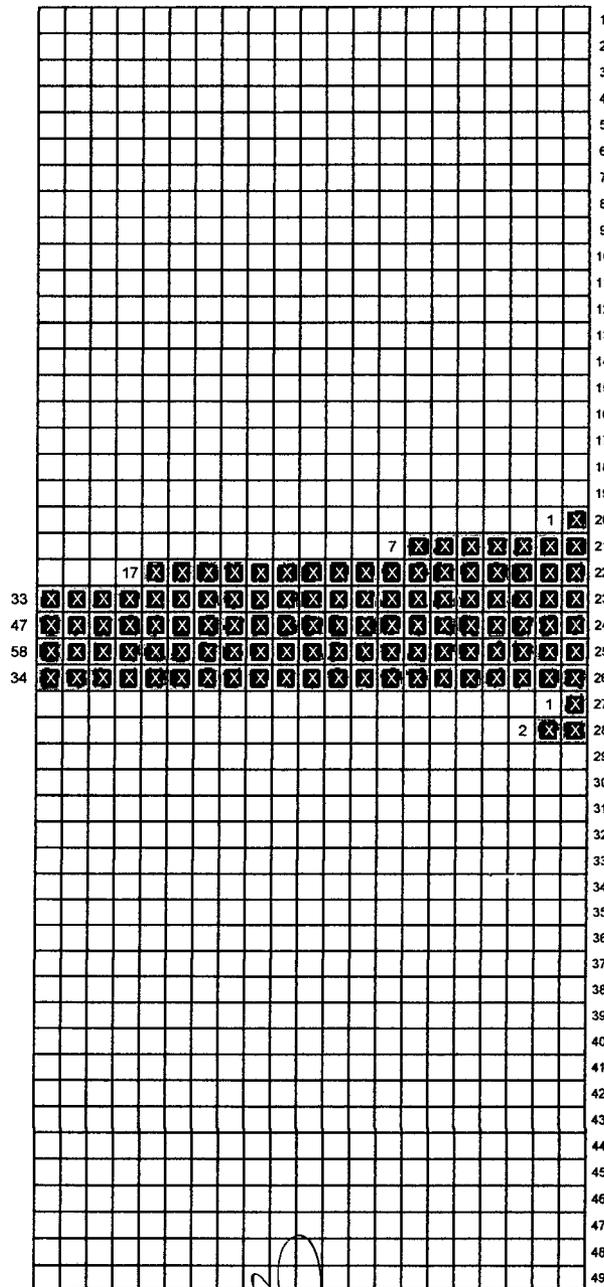
F =	1.00
D =	23.38 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)
	= 0.593+0.0471*D(D>40)
	= 1.13 IRI
	= 1.13 IRI Corregido

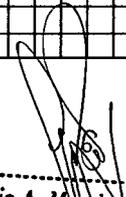
OBSERVACIONES : Carpeta Asfáltica

Lectura Inicial	= 26	Espesor Pastilla	
Lectura Final	= 16		= 5 mm
Fc	= 1.00		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	25	24	24	26	26	22	27	24	24	25	1
2	22	21	21	21	23	23	22	21	22	20	2
3	22	23	22	22	23	25	23	23	22	24	3
4	21	23	22	22	22	22	23	22	23	23	4
5	26	24	26	25	25	23	23	26	26	26	5
6	25	22	28	25	24	26	25	24	26	25	6
7	25	25	24	26	24	25	26	21	24	26	7
8	25	25	25	24	28	26	25	25	25	26	8
9	23	24	23	26	24	25	24	25	25	26	9
10	25	23	23	24	24	25	23	26	25	25	10
11	26	25	24	25	25	25	25	21	23	24	11
12	23	24	23	23	24	26	23	24	26	26	12
13	22	23	24	23	25	22	24	23	24	24	13
14	25	25	24	23	23	25	24	25	26	25	14
15	24	25	23	25	26	26	25	24	25	24	15
16	25	24	24	25	26	25	24	26	25	25	16
17	24	24	23	25	24	25	25	22	25	24	17
18	23	25	25	24	26	25	26	26	24	24	18
19	25	26	25	24	23	26	25	24	23	25	19
20	24	23	26	25	24	24	26	26	25	24	20

MERLIN




Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*

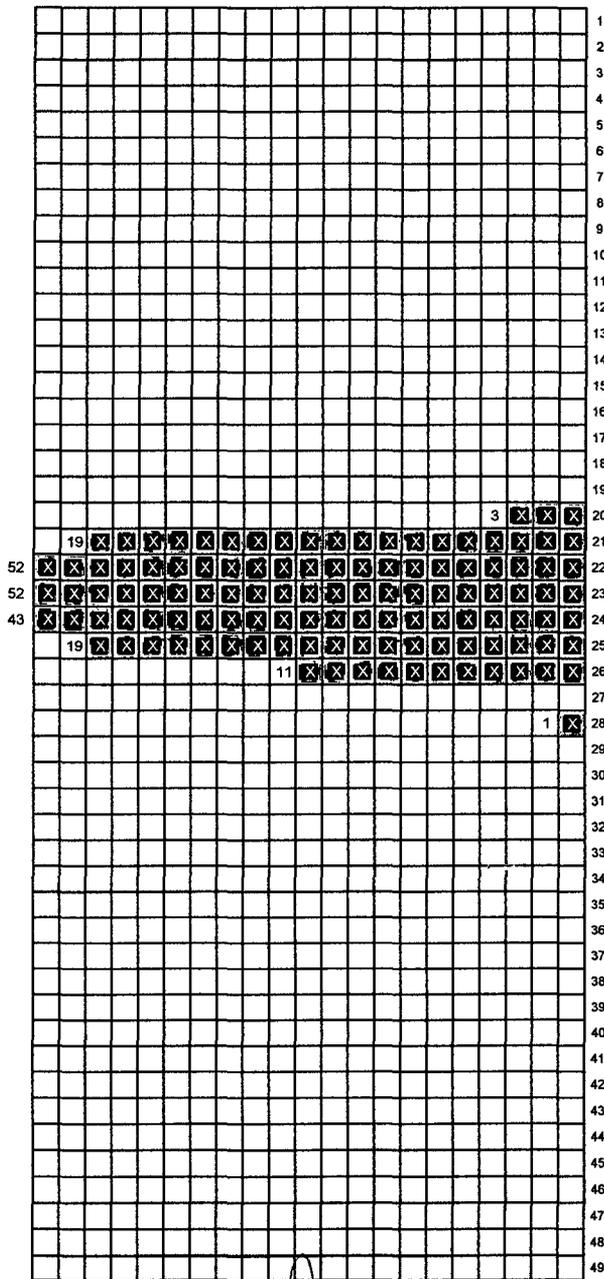
Fecha: 24/09/2014

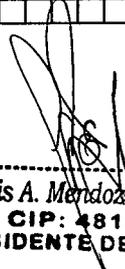
TRAMO	: Km 04+200 Al 04+620
HUELLA	: EXTERNA
CARRIL	: DERECHO
FECHA	: 24/09/2014
ENSAYO N°	: 11

F =	1.00
D =	24.07 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40) = 0.593+0.0471*D(D>40) = 1.17 IRI = 1.17 IRI Corregido
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica
Lectura Inicial	= 25 Espesor Pastilla
Lectura Final	= 15 = 5 mm
Fc	= 1.00

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	24	21	21	21	23	20	22	23	22	22	1
2	22	22	22	23	23	23	24	24	23	22	2
3	22	20	24	23	22	21	22	23	22	22	3
4	25	22	28	25	24	26	25	24	26	25	4
5	23	24	23	23	24	26	23	24	26	26	5
6	25	24	24	25	26	25	24	26	25	25	6
7	24	24	23	25	24	25	25	22	25	24	7
8	23	25	25	24	26	25	26	26	24	24	8
9	24	24	23	22	24	23	23	24	21	22	9
10	22	23	22	23	22	23	24	23	22	24	10
11	24	24	24	23	22	23	23	24	22	23	11
12	22	21	23	22	24	22	23	24	26	23	12
13	22	23	24	24	25	25	23	22	23	22	13
14	21	23	22	22	23	23	23	24	23	23	14
15	21	22	24	22	23	24	22	22	22	24	15
16	21	23	24	24	22	22	21	23	24	22	16
17	21	21	23	21	23	24	23	22	22	22	17
18	22	22	23	21	23	24	24	23	20	21	18
19	22	23	23	23	21	22	22	22	23	22	19
20	25	21	22	21	22	23	22	23	22	21	20

MERLIN




 Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

ANEXO G

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

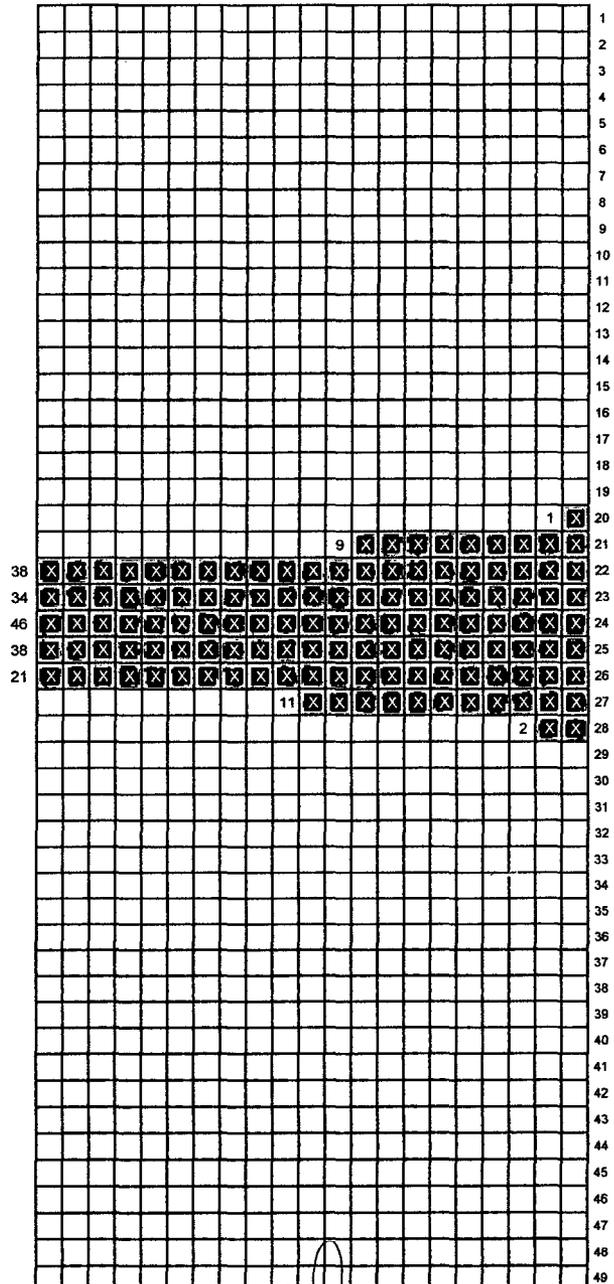
OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
 TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)

Fecha: 25/09/2014

MERLIN

TRAMO	:	Km 05+040 Al 04+620
HUELLA	:	EXTERNA
CARRIL	:	IZQUIERDO
FECHA	:	25/09/2014
ENSAYO N°	:	01
F = 1.00		
D = 26.36 mm		
RUGOSIDAD = 0.0485 * D (D<40)		
= 0.593+0.0471*D (D>40)		
= 1.28 IRI		
= 1.28 IRI Corregido		
OBSERVACIONES	:	Carpeta Asfáltica
Lectura Inicial	=	25 Espesor Pastilla
Lectura Final	=	15 = 5 mm
Fc	=	1.00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	25	27	26	25	25	28	27	22	22	1
25	26	25	24	25	24	26	24	27	26	2
22	22	25	24	24	22	24	24	25	25	3
25	23	24	25	24	23	23	25	26	22	4
22	23	24	24	25	25	23	22	23	22	5
21	23	22	22	23	23	23	24	23	23	6
27	22	24	22	23	24	22	22	22	24	7
21	23	24	24	22	22	21	23	24	22	8
27	21	23	21	23	24	23	22	22	22	9
22	22	23	21	23	24	24	23	20	21	10
22	23	23	23	21	22	22	22	23	22	11
27	26	24	23	26	25	26	26	26	26	12
25	26	25	24	25	24	26	24	27	26	13
25	24	26	24	25	25	25	24	24	28	14
24	27	27	26	24	25	25	24	24	26	15
22	22	25	24	24	22	24	24	25	25	16
25	22	24	25	23	25	25	22	22	22	17
24	21	22	26	26	24	23	23	23	23	18
25	23	24	25	24	23	23	25	26	22	19
25	27	27	24	25	24	24	26	24	25	20



Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

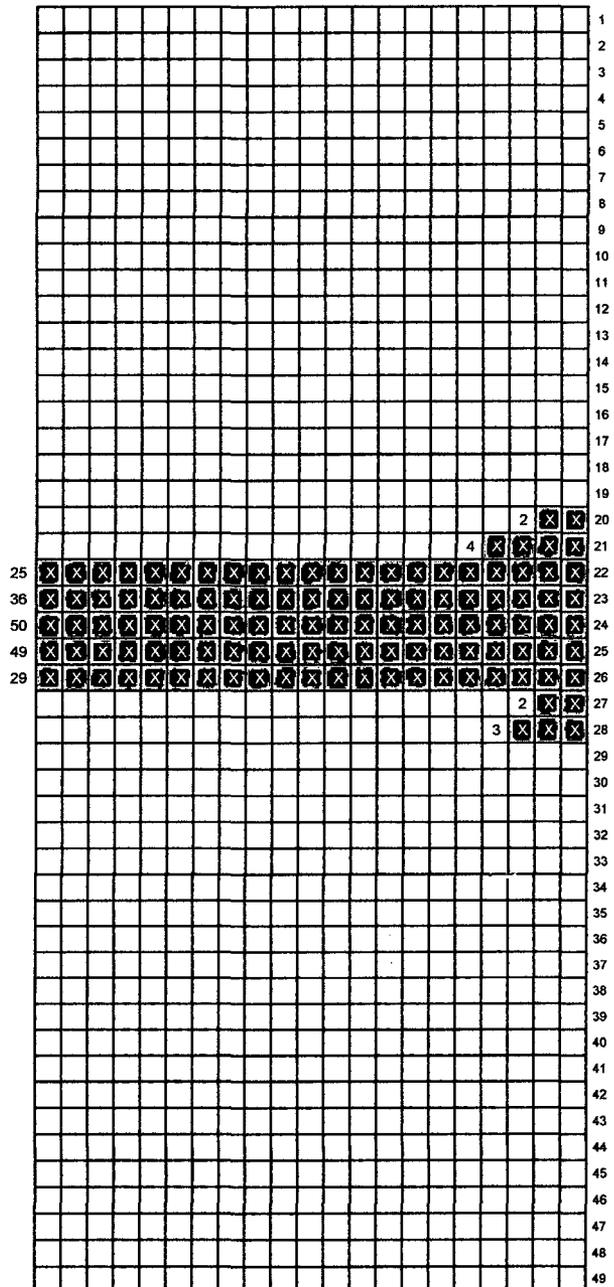
MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
 TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)

Fecha: 25/09/2014

TRAMO : Km 04+620 Al 04+200										
HUELLA : EXTERNA										
CARRIL : IZQUIERDO										
FECHA : 25/09/2014										
ENSAYO N° : 02										
F =	1.00									
D =	23.34 mm									
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)									
	= 0.593+0.0471*D (D>40)									
	= 1.13 IRI									
	= 1.13 IRI Corregido									
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica									
Lectura Inicial	= 26 Espesor Pastilla									
Lectura Final	= 16 = 5 mm									
Fc	= 1.00									
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10										
25	24	24	26	26	22	27	24	24	25	1
25	24	25	24	24	25	23	24	28	26	2
26	25	23	24	26	25	24	27	24	21	3
24	25	25	25	28	26	24	24	24	25	4
26	24	26	25	25	23	23	26	26	26	5
25	22	28	25	24	26	25	24	26	25	6
25	25	24	26	24	25	26	21	24	26	7
22	23	22	22	23	25	23	23	22	24	8
23	23	22	23	23	22	22	22	22	22	9
23	24	24	22	20	22	23	22	23	23	10
21	23	22	22	22	22	23	22	23	23	11
23	24	22	23	23	22	21	23	23	20	12
22	23	24	23	25	22	24	23	24	24	13
25	25	24	23	23	25	24	25	26	25	14
24	25	23	25	26	26	25	24	25	24	15
25	24	24	25	26	25	24	26	25	25	16
24	24	23	25	24	25	25	22	25	24	17
23	25	25	24	26	25	26	26	24	24	18
25	26	25	24	23	26	25	24	23	25	19
24	23	26	25	24	24	26	26	25	24	20

MERLIN




 Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

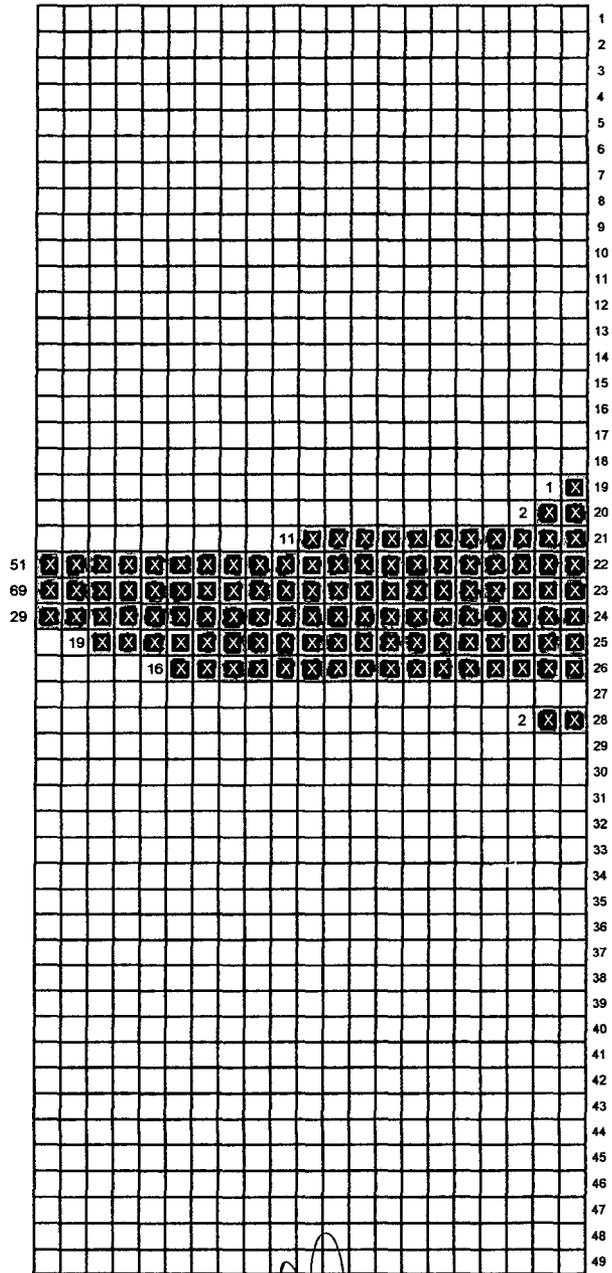
MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
 TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)

Fecha: 25/09/2014

TRAMO : Km 03+780 Al 03+360										
HUELLA : EXTERNA										
CARRIL : IZQUIERDO										
FECHA : 25/09/2014										
ENSAYO N° : 04										
F =	0.91									
D =	22.11 mm									
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)									
	= 0.593+0.0471*D (D>40)									
	= 1.07 IRI									
	= 0.97 IRI Corregido									
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica									
Lectura Inicial	= 25 Espesor Pastilla									
Lectura Final	= 14 = 5 mm									
Fc	= 0.91									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
21	24	25	24	24	25	23	24	28	26	1
26	24	26	25	25	23	23	26	26	26	2
25	25	25	24	28	26	25	25	25	26	3
23	24	23	23	24	26	23	24	26	26	4
24	25	23	25	26	26	25	24	25	24	5
23	25	25	24	26	25	26	26	24	24	6
23	22	22	23	23	23	21	25	23	23	7
22	21	22	22	23	21	22	22	21	22	8
22	23	22	22	23	25	23	23	22	24	9
22	24	23	23	21	22	22	22	23	21	10
23	22	23	23	22	22	23	23	24	21	11
22	22	23	22	23	22	23	24	23	23	12
23	23	22	23	23	22	22	22	22	22	13
24	23	23	22	22	22	22	24	22	22	14
23	23	22	24	22	24	23	22	23	24	15
23	24	24	22	20	22	23	22	23	23	16
19	23	22	22	23	23	23	23	23	23	17
21	23	22	22	22	22	23	22	23	23	18
23	23	23	23	21	24	24	22	23	23	19
23	24	22	23	23	22	21	23	23	20	20

MERLIN




Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

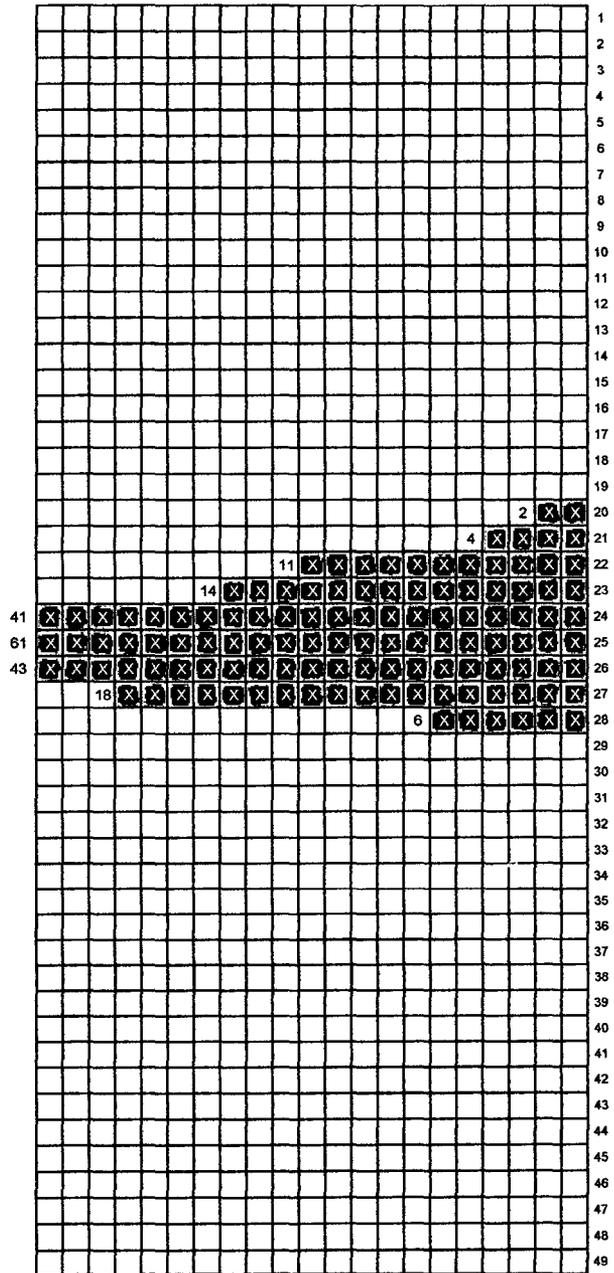
OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
 TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Via de Evitamiento)

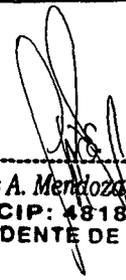
Fecha: 25/09/2014

TRAMO : Km 03+360 Al 02+940	
HUELLA : EXTERNA	
CARRIL : IZQUIERDO	
FECHA : 25/09/2014	
ENSAYO N° : 05	
F = 1.00	
D = 27.07 mm	
RUGOSIDAD = 0.0485 * D (D<40)	
= 0.593+0.0471*D (D>40)	
= 1.31 IRI	
= 1.31 IRI Corregido	
OBSERVACIONES : Carpeta Asfáltica	
Lectura Inicial = 25	Espesor Pastilla
Lectura Final = 15	= 5 mm
Fc = 1.00	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	25	27	26	25	25	28	21	22	26	1
20	27	25	25	26	26	25	24	27	24	2
25	26	27	26	26	22	25	25	23	25	3
25	26	25	28	28	25	25	26	25	24	4
25	26	25	25	26	24	22	28	26	24	5
24	24	25	26	25	26	26	26	25	23	6
22	24	27	26	25	24	25	25	27	27	7
25	25	27	23	24	25	24	25	24	25	8
25	24	25	25	28	24	27	27	23	23	9
26	26	27	26	25	25	21	24	25	27	10
25	26	26	28	25	24	26	27	26	25	11
27	26	24	23	26	25	26	26	26	26	12
25	26	25	24	25	24	26	24	27	26	13
25	24	26	24	25	25	25	24	24	28	14
24	21	27	26	24	25	25	24	24	26	15
28	22	25	24	24	22	24	24	25	25	16
25	22	24	25	23	25	25	28	22	22	17
24	21	22	26	26	24	23	23	23	23	18
25	23	24	25	24	23	23	25	26	22	19
25	27	27	24	25	24	24	26	24	25	20

MERLIN



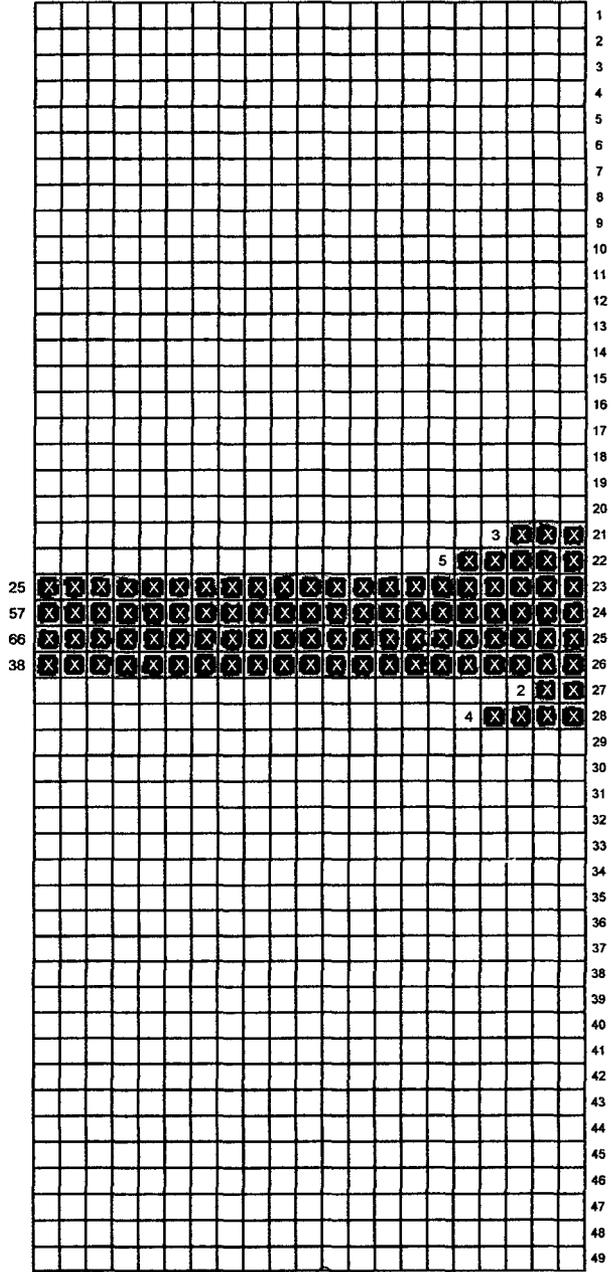

 Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

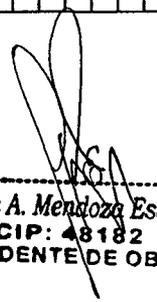
MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)
Fecha: 25/09/2014

TRAMO :	Km 02+940 Al 02+520									
HUELLA :	EXTERNA									
CARRIL :	IZQUIERDO									
FECHA :	25/09/2014									
ENSAYO N° :	06									
F =	1.11									
D =	21.19 mm									
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40) = 0.593+0.0471*D(D>40) = 1.03 IRI = 1.14 IRI Corregido									
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica									
Lectura Inicial	= 25 Espesor Pastilla									
Lectura Final	= 16 = 5 mm									
Fc	= 1.11									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	24	24	26	26	22	27	24	24	25	1
25	24	25	24	24	25	23	24	28	26	2
26	25	23	24	26	25	24	27	24	21	3
24	25	25	25	28	26	24	24	24	25	4
26	24	26	25	25	23	23	26	26	26	5
25	22	28	25	24	26	25	24	26	25	6
25	25	24	26	24	25	26	21	24	26	7
25	25	25	24	28	26	25	25	25	26	8
23	24	23	26	24	25	24	25	25	26	9
25	23	23	24	24	25	23	26	25	25	10
26	25	24	25	25	25	25	21	23	24	11
23	24	23	23	24	26	23	24	26	26	12
22	23	24	23	25	22	24	23	24	24	13
25	25	24	23	23	25	24	25	26	25	14
24	25	23	25	26	26	25	24	25	24	15
25	24	24	25	26	25	24	26	25	25	16
24	24	23	25	24	25	25	22	25	24	17
23	25	25	24	26	25	26	26	24	24	18
25	26	25	24	23	26	25	24	23	25	19
24	23	26	25	24	24	26	26	25	24	20

MERLIN




Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

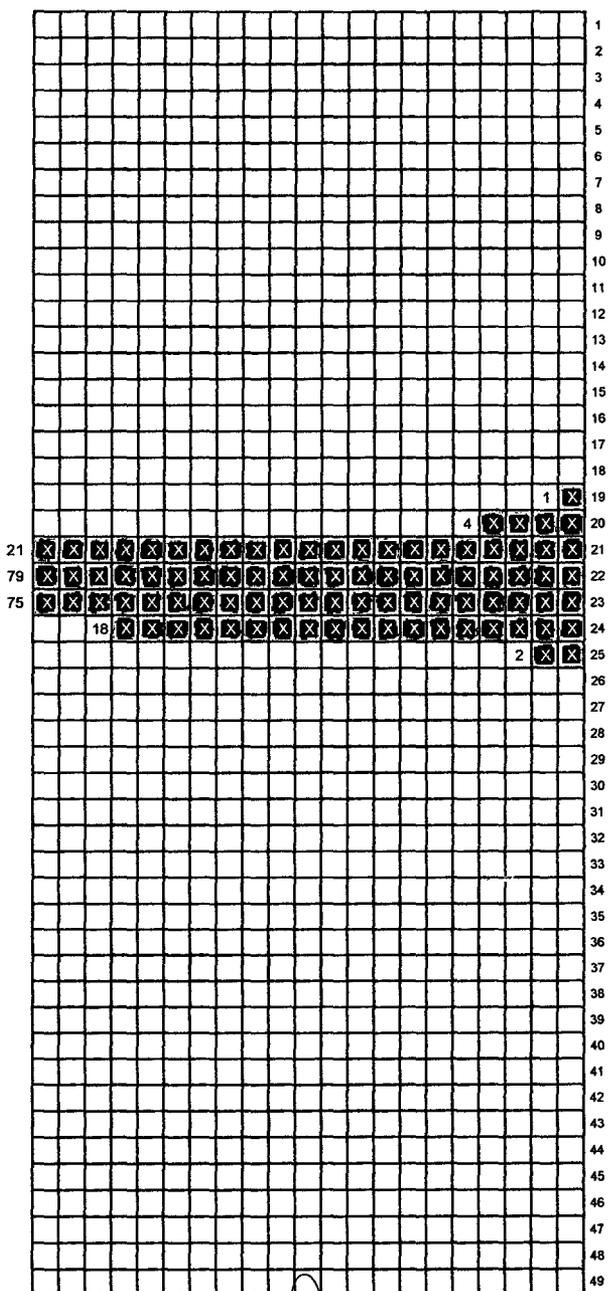
MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Via de Evitamiento)*
 Fecha: 26/09/2014

TRAMO : Km 02+100 Al 01+680	
HUELLA : EXTERNA	
CARRIL : IZQUIERDO	
FECHA : 26/09/2014	
ENSAYO N° : 08	
F = 1.11	
D = 19.58 mm	
RUGOSIDAD = 0.0485 * D (D<40)	
= 0.593+0.0471*D(D>40)	
= 0.95 IRI	
= 1.05 IRI Corregido	
OBSERVACIONES : Carpeta Asfáltica	
Lectura Inicial = 25	Espesor Pastilla
Lectura Final = 16	= 5 mm
Fc = 1.11	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	21	23	24	22	22	21	22	24	23	24	1
2	23	23	23	23	22	23	23	22	23	22	2
3	22	21	21	21	23	23	22	21	22	20	3
4	21	22	22	22	22	24	22	21	23	23	4
5	22	22	22	21	22	21	22	20	22	23	5
6	22	22	22	22	21	23	22	22	22	22	6
7	23	22	22	23	23	23	21	25	23	23	7
8	22	21	22	22	23	21	22	22	21	22	8
9	22	23	22	22	23	25	23	23	22	24	9
10	22	24	23	23	21	22	22	22	23	21	10
11	23	22	23	23	22	22	23	23	24	21	11
12	22	22	23	22	23	22	23	24	23	23	12
13	23	23	22	23	23	22	22	22	22	22	13
14	24	23	23	22	22	22	22	24	22	22	14
15	23	23	22	24	22	24	23	22	23	24	15
16	23	24	24	22	20	22	23	22	23	23	16
17	19	23	22	22	23	23	23	23	23	23	17
18	21	23	22	22	22	22	23	22	23	23	18
19	23	23	23	23	21	24	24	22	23	23	19
20	23	24	22	23	23	22	21	23	23	20	20

MERLIN




Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

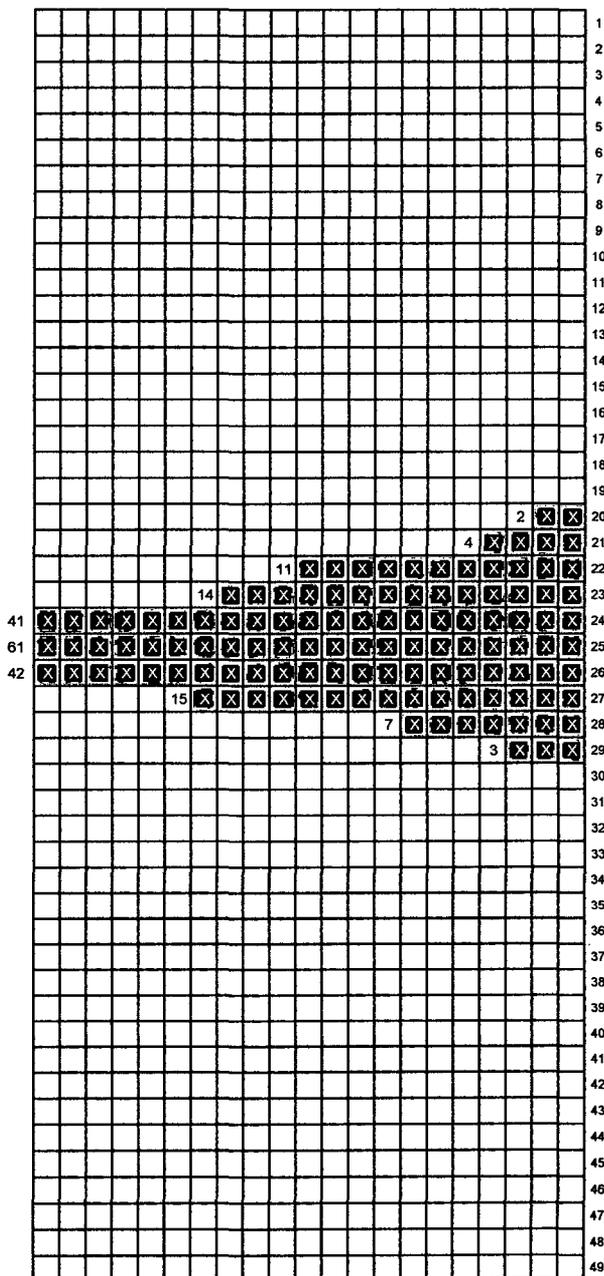
MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis
TRAMO : Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)

Fecha: 26/09/2014

TRAMO :	Km 01+680 Al 01+260									
HUELLA :	EXTERNA									
CARRIL :	IZQUIERDO									
FECHA :	26/09/2014									
ENSAYO Nº :	09									
F =	0.91									
D =	25.62 mm									
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)									
	= 0.593+0.0471*D(D>40)									
	= 1.24 IRI									
	= 1.13 IRI Corregido									
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica									
Lectura Inicial	= 25 Espesor Pastilla									
Lectura Final	= 14 = 5 mm									
Fc	= 0.91									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	25	29	26	25	25	28	21	22	22	1
20	29	25	25	26	26	25	24	27	24	2
25	26	27	26	26	28	25	25	23	25	3
25	26	25	26	26	25	25	26	25	24	4
25	26	25	25	26	24	22	28	28	24	5
24	24	25	28	25	26	26	26	25	23	6
22	24	27	28	25	24	25	25	27	27	7
25	25	29	23	24	25	24	25	24	25	8
25	24	25	25	26	24	27	27	23	23	9
26	26	27	26	25	25	21	24	25	27	10
25	26	26	28	25	24	26	27	26	25	11
27	26	24	23	26	25	26	26	26	26	12
25	26	25	24	25	24	26	24	27	26	13
25	24	26	24	25	25	25	24	24	28	14
24	21	27	28	24	25	25	24	24	26	15
22	22	25	24	24	22	24	24	25	25	16
25	22	24	25	23	25	25	28	22	22	17
24	21	28	28	26	24	23	23	23	23	18
25	23	24	25	24	23	23	25	26	22	19
25	27	27	24	25	24	24	26	24	25	20

MERLIN




Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

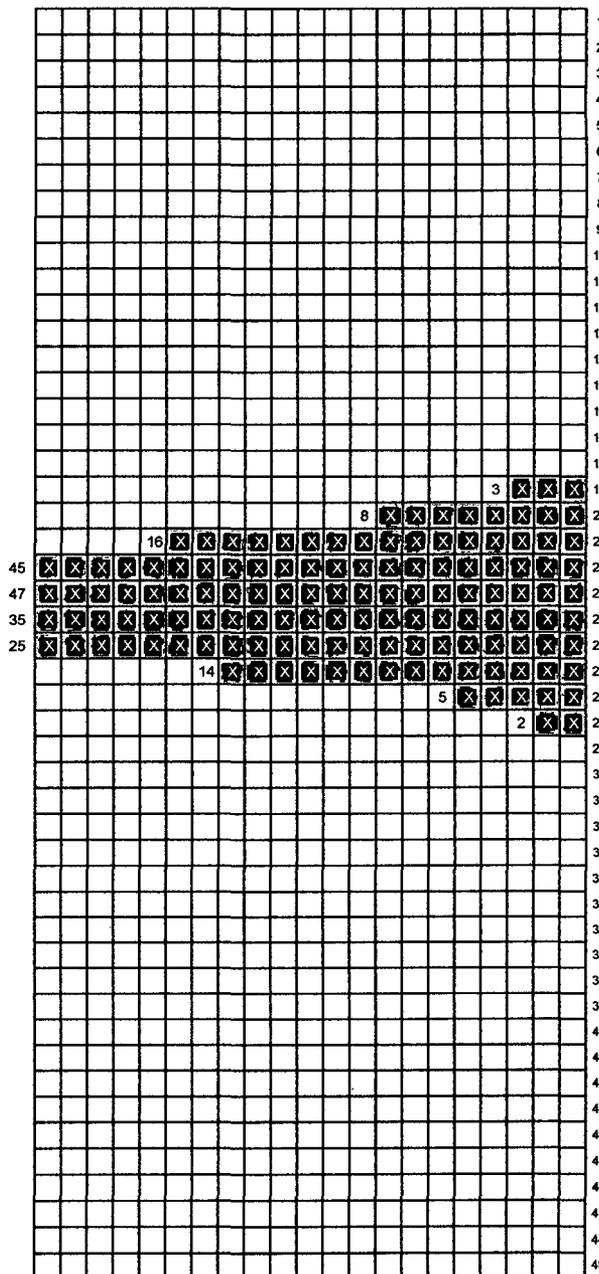
MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*

Fecha: 26/09/2014

TRAMO :	Km 01+260 Al 00+840
HUELLA :	EXTERNA
CARRIL :	IZQUIERDO
FECHA :	26/09/2014
ENSAYO Nº :	10
F =	1.00
D =	29.55 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40) = 0.593+0.0471*D(D>40) = 1.43 IRI = 1.43 IRI Corregido
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica
Lectura Inicial = 25	Espeor Pastilla = 5 mm
Lectura Final = 15	
Fc = 1.00	

MERLIN



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25	24	24	28	26	20	27	24	24	25	1
25	24	25	24	24	25	23	24	28	26	2
26	25	23	24	26	25	24	27	24	21	3
27	22	23	21	23	22	21	19	22	22	4
22	21	21	24	23	23	23	21	21	22	5
22	22	23	20	21	23	22	21	27	23	6
23	22	23	20	21	22	21	23	22	22	7
22	23	24	22	27	22	22	23	22	22	8
23	23	23	22	22	23	22	20	23	23	9
19	23	22	24	23	20	23	22	24	23	10
22	19	24	22	23	23	23	22	22	23	11
23	20	22	20	22	21	20	23	22	22	12
22	23	21	21	22	22	22	24	22	23	13
22	21	22	24	22	22	22	22	23	22	14
23	23	23	21	23	23	24	23	23	23	15
25	24	24	25	26	25	24	26	25	25	16
24	24	23	25	24	25	25	22	25	24	17
23	25	25	24	26	25	26	26	24	24	18
25	26	25	24	23	26	25	24	23	25	19
24	23	26	25	24	24	26	26	25	24	20


Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

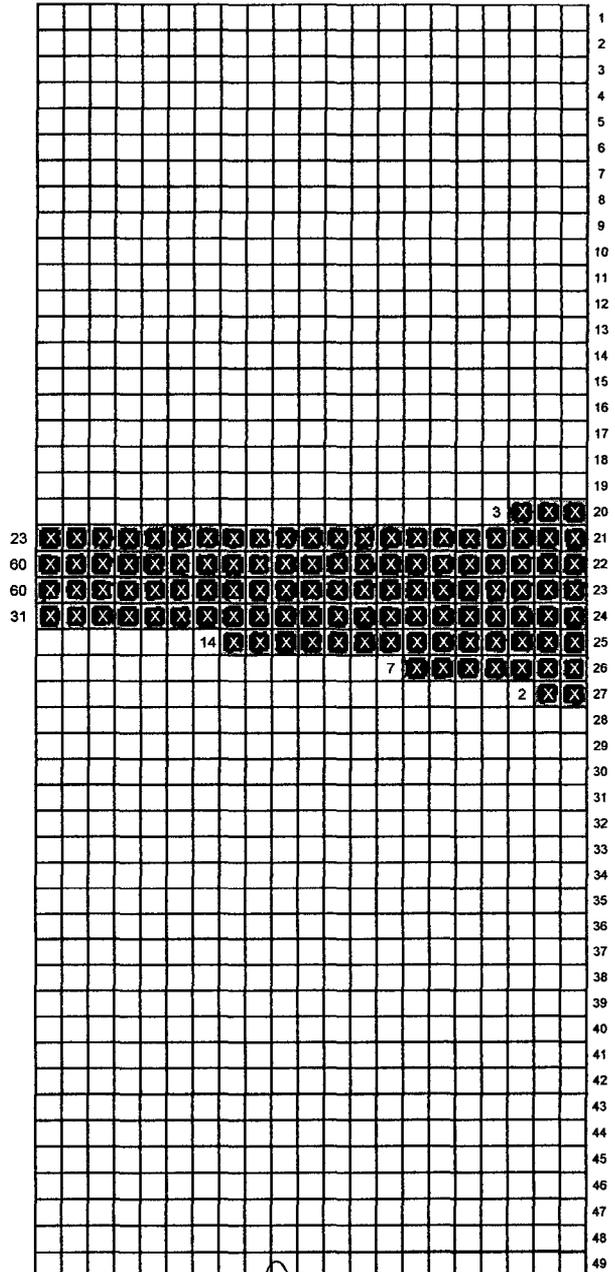
OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Rio Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*

Fecha: 26/09/2014

TRAMO :	Km 00+840 Al 00+420
HUELLA :	EXTERNA
CARRIL :	IZQUIERDO
FECHA :	26/09/2014
ENSAYO N° :	11
F =	0.91
D =	21.02 mm
RUGOSIDAD	= 0.0485 * D (D<40)
	= 0.593+0.0471*D(D>40)
	= 1.02 IRI
	= 0.93 IRI Corregido
OBSERVACIONES :	Carpeta Asfáltica
Lectura Inicial	= 25 Espesor Pastilla
Lectura Final	= 14 = 5 mm
Fc	= 0.91

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	21	27	27	23	20	25	23	22	25
22	25	22	23	23	23	24	24	23	25
25	20	24	23	22	21	22	23	22	25
22	25	22	25	23	22	25	22	25	24
26	22	22	21	21	23	23	22	23	22
23	21	24	23	22	22	23	22	22	21
22	25	22	24	23	22	23	22	23	22
23	23	22	21	22	23	26	21	22	23
24	24	23	22	24	23	23	24	21	22
22	23	22	23	22	23	24	23	22	24
24	24	24	23	22	23	23	24	22	23
22	21	23	22	24	22	23	24	26	23
22	23	24	24	25	25	23	22	23	22
21	23	22	22	23	23	23	24	23	23
21	22	24	26	23	24	22	22	22	24
21	23	24	24	22	22	21	23	24	22
21	21	23	21	23	24	23	22	26	22
22	26	23	21	23	24	24	23	20	21
22	23	23	23	21	22	22	22	23	22
25	21	22	21	22	23	26	23	22	21

MERLIN



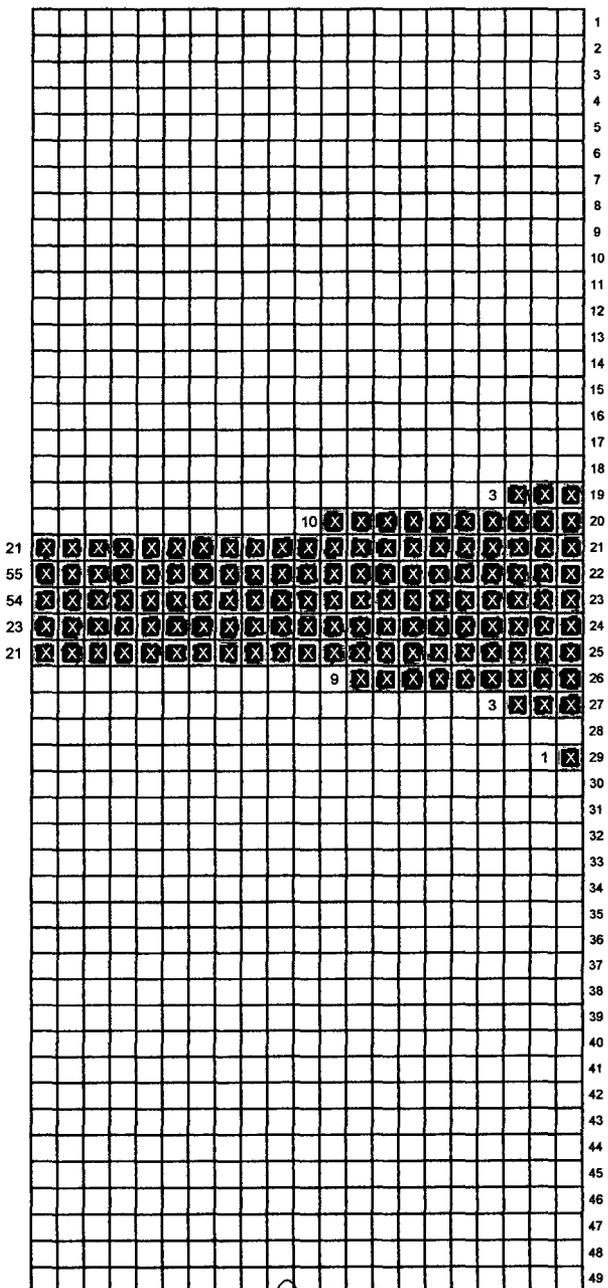

Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

MEDICION DE LA RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO - EQUIPO MERLIN

OBRA : *Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Canchis*
 TRAMO : *Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)*
 Fecha: 26/09/2014

TRAMO : Km 00+420 Al 00+000										
HUELLA : EXTERNA										
CARRIL : IZQUIERDO										
FECHA : 26/09/2014										
ENSAYO N° : 12										
F = 1.00										
D = 28.17 mm										
RUGOSIDAD = 0.0485 * D (D<40)										
= 0.593+0.0471*D (D>40)										
= 1.37 IRI										
= 1.37 IRI Corregido										
OBSERVACIONES : Carpeta Asfáltica										
Lectura Inicial = 25 Espesor Pastilla										
Lectura Final = 15 = 5 mm										
Fc = 1.00										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
21	26	27	25	25	21	26	24	23	24	1
23	20	23	23	22	20	23	22	23	22	2
25	21	21	21	23	23	25	21	22	20	3
21	25	22	22	25	24	22	21	23	26	4
26	22	19	21	22	21	22	20	22	23	5
22	25	22	22	21	23	22	25	22	25	6
23	25	22	23	23	23	21	25	23	23	7
22	21	22	22	25	21	22	22	21	22	8
25	23	22	22	23	25	23	23	22	27	9
22	24	23	25	21	19	22	22	23	21	10
23	24	25	23	22	24	23	25	24	21	11
24	22	23	22	26	22	23	24	23	26	12
23	23	22	23	25	25	26	22	24	22	13
24	20	26	22	24	22	22	24	22	22	14
23	23	22	24	22	27	23	22	24	24	15
23	24	24	22	20	22	23	22	23	23	16
19	25	29	25	23	20	23	20	24	20	17
21	23	22	22	22	22	23	22	23	23	18
23	23	23	23	21	24	24	22	23	24	19
23	24	22	26	23	22	21	23	23	20	20

MERLIN



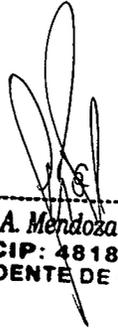
.....
Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
 CIP: 48182
 RESIDENTE DE OBRA

ANEXO H

RESUMEN DE LA EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO TERMINADO
MEDICION DE LA RUGOSIDAD
(EQUIPO MERLIN TRRL)

Obra: Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Chamaya - Jaén - San Ignacio - Río Canchis
Tramo: Pericos - San Ignacio (Incluye Vía de Evitamiento)
Mes: SEPTIEMBRE

N°	PROGRESIVA		CAPA	CARRIL DERECHO					CARRIL IZQUIERDO					IRI PROMEDIO
	Inicio	Final		Rango "D"	IRI	Fc	IRI Corregido	SERVICIALIZAD PSI	Rango "D"	IRI	Fc	IRI Corregido	SERVICIALIZAD PSI	
1	0+000	0+420	Asfalto	26.55	1.29	1.00	1.29	3.96	26.36	1.28	1.00	1.28	3.96	
2	0+420	0+840	Asfalto	25.81	1.25	1.00	1.25	3.98	23.34	1.13	1.00	1.13	4.07	
3	0+840	1+260	Asfalto	18.71	1.01	1.11	1.12	4.08	19.11	1.03	1.11	1.14	4.15	
4	1+260	1+680	Asfalto	19.58	1.05	1.11	1.17	4.04	22.11	0.97	0.91	0.89	4.19	
5	1+680	2+100	Asfalto	25.50	1.12	0.91	1.02	4.15	27.07	1.31	1.00	1.31	3.94	
6	2+100	2+520	Asfalto	21.78	1.17	1.11	1.30	3.94	21.19	1.14	1.11	1.27	4.06	
7	2+520	2+940	Asfalto	19.11	1.03	1.11	1.14	4.06	22.45	1.09	1.00	1.09	4.10	
8	2+940	3+360	Asfalto	23.33	1.13	1.00	1.13	4.07	19.58	1.05	1.11	1.17	4.13	
9	3+360	3+780	Asfalto	26.00	1.26	1.00	1.26	3.98	25.62	1.13	0.91	1.03	4.07	
10	3+780	4+200	Asfalto	23.38	1.13	1.00	1.13	4.07	29.55	1.43	1.00	1.43	3.85	
11	4+200	4+620	Asfalto	24.07	1.17	1.00	1.17	4.04	21.02	0.93	0.91	0.84	4.22	
12	4+620	5+040	Asfalto	19.58	1.05	1.11	1.17	4.04	28.17	1.37	1.00	1.37	3.90	



Ing. Luis A. Mendoza Escobedo
CIP: 48182
RESIDENTE DE OBRA

DATOS ESTADISTICOS CARRIL DERECHO

Media	1.18		4.03
Desviación Estandar	0.08		0.06
Coefficiente de Variación	14.5		67.4
IRIc	1.31		
PSI			4.13
Maximo	1.30		4.15
Mínimo	1.02		3.94

CARRIL IZQUIERDO

	1.16		4.05
	0.18		0.12
	6.4		34.8
	1.46		
			4.25
	1.43		4.22
	0.84		3.85

Especif.:	2.00	SI CUMPLE	Especif.:	2.00	SI CUMPLE
-----------	------	-----------	-----------	------	-----------

ANEXO I

Calculo de la deflexion admisible

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{N} \right)^{0.25}$$

Donde:

Dadm : Deflexion Admisible

N : Numero de repeticiones de eje equivalentes en millones

N= ESAL= 3.06E+06

Reemplazando valores tenemos que:

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{3,06E + 06} \right)^{0.25}$$

$$D_{adm} = 78 \text{ mm/100}$$

NOTA :

N= 3.06E+06 (Dato extraido del expediente técnico: Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Chamaya-Jaén-San Ignacio-Rio Canchis-Tramo: Pericos San Ignacio) incluye Via de Evitamiento

ANEXO J

