



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-142-17

SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PROYECTO

MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL N° 613.

SECCIÓN SABALITO-LAS MELLIZAS

Licitación Pública No. 2008LN-000001-DI

Preparado por:

**Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR**



Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica
Enero, 2018



Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Seguimiento y Evaluación del Desempeño del Proyecto: “Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 613. Sección Sabalito-Las Mellizas” Licitación Pública No. 2008LN-000001-DI

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI

Empresa contratista: Constructora Hernán Solís

Monto original del contrato: ₡6.521.011.452,00 (sin considerar aumentos posteriores al contrato)

Plazo original de ejecución: 320 días efectivos

Longitud del proyecto: 22,810 Km. (kilómetros)

Coordinador General de Programa de Infraestructura de Transporte, PITRA-LanammeUCR:

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica PITRA-LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:

Ing. Mauricio Salas Chaves, Auditor Técnico Adjunto

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo, Auditor Técnico Líder

Asesor Legal :

Lic. Miguel Chacón Alvarado

Lic. Owen Gooden Morales

Alcance del informe:

A partir de la realización de mediciones en campo y laboratorio y los respectivos análisis de los resultados, se evalúan los parámetros de desempeño del proyecto, a saber IRI, FWD, GRIP, con el objetivo de determinar el estado funcional y estructural del proyecto a lo largo del tiempo. La condición superficial (IRI) así como el análisis estructural y la condición de fricción medida con el Griptester se realiza a nivel de la estructura completa, durante el periodo de la auditoría técnica (Enero a Abril de 2017)



Figura 1. Imágenes del proyecto



TABLA DE CONTENIDOS

1.	FUNDAMENTACIÓN.....	7
2.	OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	7
3.	OBJETIVOS DEL INFORME.....	7
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	7
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
4.	ALCANCE DEL INFORME.....	8
5.	METODOLOGÍA.....	8
6.	DOCUMENTOS DE PREVALENCIA.....	16
7.	ANTECEDENTES.....	17
8.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	25
9.	AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA.....	26
10.	RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	27
10.1	SOBRE EL ESTADO DEL PROYECTO.....	27
10.2	SOBRE EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI).....	31
10.3	SOBRE LA CONDICIÓN DE FRICCIÓN DEL PROYECTO.....	38
10.4	SOBRE EL ANÁLISIS DE DEFLEXIONES.....	40
11.	CONCLUSIONES.....	45
12.	RECOMENDACIONES.....	46
13.	REFERENCIAS.....	49

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 4 de 49
-------------------------	---------------	----------------



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de clasificación del PCI	11
Tabla 2. Especificaciones Internacionales de Índice de Regularidad Internacional (IRI).....	14
Tabla 3. Descripción de niveles de alerta del coeficiente de fricción*	16
Tabla 4. Resumen de correspondencia durante el proceso de auditoría técnica.....	17
Tabla 5. Descripción de las actividades de Auditoría Técnica durante el desarrollo de las auditorías.	18
Tabla 6. Resumen de los hallazgos y observaciones de los informes de Auditoría Técnica del proyecto Sabalito-Las Mellizas	19
Tabla 7. Registro de correspondencia durante el proceso de auditoría al proyecto..	22
Tabla 8. Calificación de PCI para el proyecto usando los dos escenarios posibles. .	30
Tabla 9. Comparación de PCI para el proyecto usando los dos escenarios posibles.	30
Tabla 10. Resumen de tramos medidos.....	31
Tabla 11. Valores individuales (mínimo, máximo y promedio) de IRI obtenidos cada 200 m, para la sección en estudio. Año 2017	32
Tabla 12. Porcentaje de deterioro del IRI obtenido cada 200 m con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10 del año 2010.....	32
Tabla 13. Valores individuales (mínimo, máximo y promedio) de IRI obtenidos cada 100 m, para la sección en estudio. Año 2017.....	33
Tabla 14. Porcentaje de deterioro del IRI obtenido cada 100 m con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10 del año 2010.....	33
Tabla 15. Valores individuales (mínimo, máximo y promedio) de IRI obtenidos cada 50 m, para la sección en estudio. Año 2017.....	34
Tabla 16. Porcentaje de deterioro del IRI obtenido cada 50 m con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10 del año 2010.....	34
Tabla 17. Valores individuales (mínimo, máximo y promedio) de IRI obtenidos cada 10 m, para la sección en estudio. Año 2017.....	35
Tabla 18. Porcentaje de deterioro del IRI obtenido cada 10 m con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10 del año 2010.....	35
Tabla 19. Porcentaje de PSI obtenido con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10. Año 2010.	37
Tabla 20. Valores de PSI, para la sección en estudio. Año 2017.....	37
Tabla 21. Calsificación del índice de serviciabilidad.....	37
Tabla 23. Rangos de deflexión según TPD.....	42



ÍNDICE DE GRÁFICO

Figura 1. Imágenes del proyecto	3
Figura 2. Cuenco de deflexiones producido por el equipo FWD	10
Figura 3. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías	13
Figura 4. Sello de grietas transversales. Estacionamiento 23+760 (Fecha: 23-5-17) 28	
Figura 5. Ejemplo de desgaste superficial (severidad alta). Estacionamiento 30+350, (Fecha: 23-5-17)	28
Figura 6. Ejemplo de deterioros en la calzada por inestabilidad de Taludes (10/11/2016)	29
Figura 7. Modelo de PSI en función del IRI desarrollado	36
Figura 8. Variación del Coeficiente de Fricción en el sentido Sabalito-Las Mellizas. Fecha de medición: 15/03/2017. Fuente: Informe de ensayo I-0394-17.....	38
Figura 9. Variación del Coeficiente de Fricción en el sentido Las Mellizas- Sabalito. Fecha de medición: 15/03/2017. Fuente: Informe de ensayo I-0394-17.....	39
Figura 10. Sección de análisis de deflectometría, proyecto Sabalito-Las Mellizas....	41
Figura 11. Estructura de pavimento en el sitio	41
Figura 12. Histograma de deflexiones sentido Sabalito – Las Mellizas.....	43
Figura 13. Histograma de deflexiones sentido Las Mellizas – Sabalito.....	43
Figura 14. Comparación de deflexiones a lo largo del tramo de estudio para ambos sentidos de circulación en el proyecto Sabalito-Las Mellizas.	44
Figura 15. Comparación de deflexiones medidas en diferentes periodos en el proyecto Sabalito-Las Mellizas.	45



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.
SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL PROYECTO: “MEJORAMIENTO DE LA
RUTA NACIONAL N° 613. SECCIÓN SABALITO-LAS MELLIZAS” LICITACIÓN PÚBLICA No.
2008LN-000001-DI

1. FUNDAMENTACIÓN

La Auditoría Técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de Auditoría Técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.”

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, Ley N° 8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo, la finalidad de estas auditorías consiste en que la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato.

3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente informe de Auditoría Técnica es realizar un seguimiento y evaluación del comportamiento estructural y funcional del pavimento del proyecto sobre la Ruta Nacional N° 613, sección: Sabalito-Las Mellizas.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 7 de 49
-------------------------	---------------	----------------



3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la condición superficial del pavimento, mediante el uso del índice de regularidad superficial (IRI) en secciones del proyecto a nivel de la superficie de ruedo, y comparar los resultados obtenidos con la especificación de referencia utilizada en este caso, CR-2010 sección 401.16.
- Determinar la condición estructural del pavimento del proyecto, realizando el ensayo de deflectometría de impacto.
- Determinar las condiciones de fricción en la carpeta asfáltica por medio de la medición del Grip Number (GRIP), con el fin de identificar los niveles de rozamiento y su relación con la seguridad vial.
- Determinar el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para de manera objetiva evaluar y calificar el estado del proyecto después de su puesta en operación y compararlo con el valor determinado en el año 2011 por la Unidad de Auditoría Técnica.

4. ALCANCE DEL INFORME

A partir de la realización de mediciones en campo y laboratorio y los respectivos análisis de los resultados, se evalúan los parámetros de desempeño del proyecto, a saber IRI, FWD, GRIP, con el objetivo de determinar el estado funcional y estructural del proyecto a lo largo del tiempo. La condición superficial (IRI) así como el análisis estructural y la condición de fricción medida con el Griptester. Adicionalmente, se complementa la evaluación del pavimento con la aplicación de la metodología de PCI para asignarle una nota al pavimento de acuerdo a su estado actual.

5. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto. La auditoría técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, la cual, le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual y que debe ser ejecutada como una labor de carácter rutinario en el proyecto. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad y supervisión que es de entera responsabilidad de la Administración. Es función del MOPT-CONAVI, analizar con las partes involucradas las consecuencias expuestas en los hallazgos incluidos en los informes de la Auditoría Técnica.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 8 de 49
-------------------------	---------------	----------------



Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante la solicitud y revisión de la documentación del proyecto, así como la verificación en sitio de las condiciones indicadas anteriormente durante el proceso constructivo mediante visitas y ensayos de campo.

Las actividades que fueron desarrolladas por el equipo de Auditoría Técnica consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo y hacer una revisión de los documentos contractuales relacionados con el proyecto, así como programar ensayos para medición del desempeño del pavimento.

Evaluación estructural del pavimento

La evaluación estructural del pavimento consta de varias etapas que permiten garantizar un acertado diagnóstico del desempeño actual y futuro del proyecto, el cual se basa en las deflexiones que experimenta el pavimento al ser sometido al peso de los vehículos. Dichas deflexiones son un indicador muy importante del comportamiento de los pavimentos y se asocian directamente con la ocurrencia de agrietamientos por fatiga y deformaciones permanentes en la capa de rodamiento, tales como roderas; lo cual reduce la vida útil del pavimento.

Existen actualmente diversas técnicas para obtener dichas deflexiones, las cuales se basan en la teoría del pavimento como una estructura multicapa, cuyo comportamiento sigue la teoría de elasticidad. El equipo utilizado en el LanammeUCR para la evaluación de deflexiones en pavimentos, conocido como FWD por sus siglas en inglés (Falling Weight Deflectometer) o simplemente deflectómetro de impacto, utiliza esta metodología.

El deflectómetro de impacto es un equipo de alta tecnología que mide el hundimiento o deflexión instantánea que experimenta el pavimento en un punto, debido al golpe de un peso lanzado desde un mecanismo diseñado específicamente con este propósito, de tal manera que produzca una fuerza de reacción en el pavimento de 40 kN (566 MPa).

Esta carga cae sobre un plato circular cuya área de contacto es similar a la de una llanta de vehículo (300 mm de diámetro en este caso); las deflexiones obtenidas son registradas por 9 sensores, el primero directamente en el plato de carga, y los demás dispuestos en un arreglo lineal con una longitud máxima de 180 centímetros. Con esta disposición es posible obtener además la forma y tamaño del cuenco de deflexiones (Figura 2), el cual se relaciona con aspectos como el espesor y rigidez del pavimento, las características de los materiales de las capas subyacentes y la magnitud de la carga aplicada. Es posible, con un procedimiento de cálculo inverso (retrocálculo), determinar los módulos de elasticidad de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento, así como su vida útil remanente.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 9 de 49
-------------------------	---------------	----------------

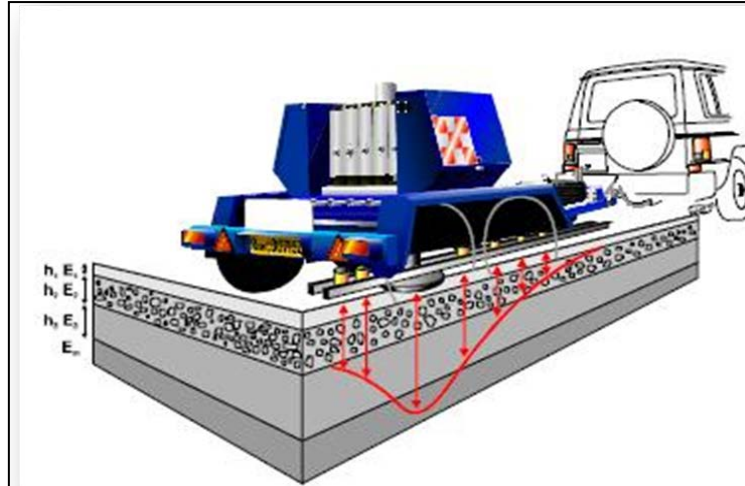


Figura 2. Cuenco de deflexiones producido por el equipo FWD

En la primera etapa de la evaluación estructural se realizan las mediciones a cada 50 metros intercaladas entre ambos carriles. Posteriormente, se realiza un retrocálculo de módulos que es esencialmente una evaluación mecanicista de la deflexión superficial del pavimento generada por el deflectómetro de impacto. El retrocálculo toma una deflexión medida en la superficie e intenta ajustarla con una deflexión teórica generada a partir de una estructura de pavimento con idénticas rigideces de capa (módulos).

Estas deflexiones teóricas son comparadas con las deflexiones medidas y los módulos asumidos son ajustados en un proceso iterativo hasta que las deflexiones teóricas y las medidas se igualen (en un rango aceptable).

La evaluación de deflexiones en la estructura del pavimento se realizó con el FWD los días del 04 de abril al 06 de abril del 2017.

Índice de Condición del Pavimento (PCI)

La metodología aplicada para la determinación del Índice de Condición del Pavimento en el proyecto Sabalito-Las Mellizas, está basada en la norma ASTM D6433-03 (Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys).

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

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tomara en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad, tiene sobre la condición del pavimento.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 10 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En Tabla 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 1. Rangos de clasificación del PCI

Rango	Clasificación	
	ASTM D6433-03	MAV-2014
100-85	Excelente	Bueno
85-70	Muy Bueno	Satisfactorio
70-55	Bueno	Malo
55-40	Regular	Pobre
40-25	Malo	Muy Pobre
25-10	Muy Malo	Serio
10-0	Fallado	Fallado

Fuente: Norma ASTM D6433-03 & Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica, 2014.

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

Los días 22 y 23 de mayo del 2017 se procedió a realizar un levantamiento del proyecto mediante un registro obtenido manualmente por una cuadrilla de ingenieros auditores, con el fin de evaluar mediante la metodología de Índice de Condición de Pavimento el estado de la vía principal.

Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

En la norma de ensayo ASTM E867-06 "Terminología Estándar relativa a Vehículos para Sistemas de Pavimentos" (Standard Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems), se define el concepto de Rugosidad ("Roughness") como: "desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal y el perfil transversal."

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 11 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



El índice es denominado Índice de Regularidad Internacional o IRI, por sus siglas, pero a nivel práctico se utiliza el MRI, que es el promedio de los datos de IRI de la huella izquierda y la huella derecha (mediciones realizadas por el láser izquierdo y derecho). A lo largo del informe se hace referencia al IRI como nombre genérico, pero es importante recalcar que la medición aplicada es el promedio denominado como MRI (m/km).

De acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades, la medición de IRI se expresa en metros por kilómetro (m/km). Estas unidades indican la sumatoria del movimiento vertical de una masa suspendida sobre un amortiguador y suspensión (con características determinadas), producto de las irregularidades de la superficie del pavimento (perfil longitudinal), las cuales se expresan en metros por kilómetro.

El cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de regularidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático.

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) como indicador estadístico de la irregularidad superficial de pavimento representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, $IRI = 0$) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida.

El perfil ideal de una carretera recién construida tiene un estado cero, pero se define por su IRI inicial mayor a cero, debido principalmente a que alcanzar valores de $IRI = 0$ es sumamente difícil desde el punto de vista constructivo. Una vez puesta en servicio, la regularidad del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito.

La longitud del tramo a medir es importante para la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Es necesario establecer un intervalo de longitud, ya que intervalos de longitudes mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos, obteniendo de una manera inadecuada valores de Índice de Regularidad Internacional (IRI) satisfactorios. Por otra parte, la utilización de intervalos de longitudes menores para la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) puede detectar niveles altos de regularidad, contribuyendo a obtener pavimentos con mejores niveles de seguridad y confort.

Consideraciones e implicaciones de la medición del Índice de Regularidad Superficial.

Las consideraciones más importantes sobre el Índice de Regularidad Internacional Superficial son:

El IRI se determina mediante un cálculo matemático realizado con las ordenadas o cotas de una línea de perfil longitudinal cuyo resultado es independiente de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil.

Es importante considerar para el cálculo del IRI la representatividad de las ordenadas que se introducen, es decir, la confiabilidad de la técnica o equipo con el que se obtiene el perfil y la frecuencia del muestreo utilizado.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 12 de 49
-------------------------	---------------	-----------------

El cálculo matemático del IRI relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo, dividida entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/h, y se expresa en mm/m o m/km. Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 (cero) representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20. A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala de medición de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías (ver Figura 3).

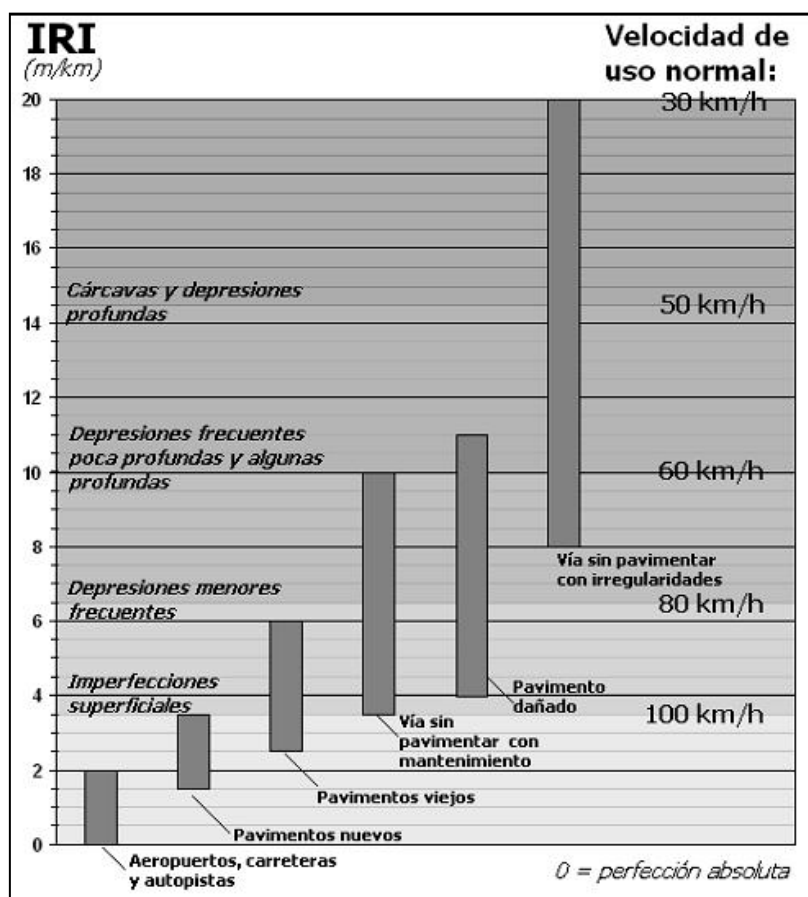


Figura 3. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías

Fuente: Unidad de Investigación, LanammeUCR. "Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI", Costa Rica, 2008.

Especificaciones de IRI empleadas en otros países

Actualmente, a nivel internacional se están llevando a cabo proyectos para afinar aún más el valor del Índice de Regularidad Internacional inicial en la construcción de pavimentos. Las investigaciones tienen como objetivo proponer nuevos valores iniciales del Índice de Regularidad Internacional para la recepción de pavimentos, proponer acciones de mantenimiento efectivas y recomendar especificaciones para controlar el Índice de Regularidad Internacional durante el proceso constructivo.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 13 de 49
-------------------------	---------------	-----------------

En el contexto latinoamericano países como Chile y México, utilizan el valor de Índice de Regularidad Internacional como uno de los parámetros de aceptación de proyectos de obra vial. En el contexto centroamericano, El Salvador especifica que el valor de Índice de Regularidad Internacional medido en tramos de 100m, no debe sobrepasar los 2,5 m/km. para pavimentos de concreto hidráulico de vías interurbanas.

A continuación se presentan en la Tabla 2, algunas de las especificaciones de Índice de Regularidad Internacional empleadas en otros países, así como el intervalo de medición empleado en cada uno.

Tabla 2. Especificaciones Internacionales de Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Lugar	Procedimiento general	Requerimientos de IRI según tipo de pavimento o superficie		
		Asfalto	Hidráulico	Tratamiento superficial
Ministerio de Obras Públicas de Chile	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos con un intervalo de medición de 200 m	Promedio de 5 tramos consecutivos ≤ 2.0 m/km Promedio Individual ≤ 2.8 m/km		Promedio de 5 tramos consecutivos ≤ 3.0 m/km Promedio Individual ≤ 4.0 m/km
	Recepción de Obra Nueva			
	No se indica el intervalo de medición	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 1.9 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 2.3 m/km, en el 99% de los datos	IRI ≤ 2.0 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.5 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 2.8 m/km, en el 99% de los datos	IRI ≤ 2.4 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.9 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 3.4 m/km, en el 99% de los datos
CR-2002	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos con un intervalo de medición de 200 m	Promedio de 5 tramos consecutivos ≤ 2.0 m/km Promedio Individual ≤ 3.0 m/km		----
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos con un intervalo de medición de 100 m	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2.0 m/km, en el 80% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2.5 m/km, en el 100% de los tramos del proyecto		
WisDOT, Wisconsin Estados Unidos	IRI obtenido en tramos de 1.609 km (1 milla)	IRI m / km	Tiempo	
		< 1.1 < 1.17 < 1.29 < 1.33 < 1.37 < 1.45	Pav. Nuevo 1 Año 2 Años 3 Años 4 Años 5 Años	----
Suecia	IRI obtenido en tramos de 20 m IRI obtenido en tramos de 200 m	IRI ≤ 1.4 m/km IRI ≤ 2.4 m/km		----
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Caminos Rurales			
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 3.0 m/km	----	----
	Vías Interurbana			
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 2.0 m/km	IRI ≤ 2.5 m/km	----
Quebec, Canadá	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 1.2 m/km, en el 70% de los datos IRI ≤ 1.4 m/km, en el 100% de los datos	----	----
Eslovenia	Carreteras de alto tránsito			
	IRI obtenido en tramos de 20 m IRI obtenido en tramos de 100 m	2.0 $\leq$ IRI $\leq$ 2.6 m/km 1.2 $\leq$ IRI $\leq$ 1.8 m/km	----	----
	Carreteras de bajo tránsito			
	IRI obtenido en tramos de 20 m IRI obtenido en tramos de 100 m	4.0 $\leq$ IRI $\leq$ 4.6 m/km 3.0 $\leq$ IRI $\leq$ 3.8 m/km	----	----
Portugal	No se indica el intervalo de medición	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.5 m/km, en el 80% de los datos IRI ≤ 3.0 m/km, en el 90% de los datos	IRI ≤ 2.0 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.5 m/km, en el 75% de los datos IRI ≤ 3.0 m/km, en el 100% de los datos	----

Fuente: Informe UI-03-08, Unidad de Investigación, LanammeUCR. "Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI", Costa Rica, 2008.



La medición de IRI se realizó en el proyecto los días 14 y 21 de marzo del 2017, en condiciones despejadas, para ambos sentidos de circulación.

Evaluación de la condición de fricción del pavimento

El elemento de fricción de una carretera se define como el nivel de agarre o rozamiento que experimenta la llanta del vehículo con la carretera, esto quiere decir que a mayor nivel de rozamiento, mayor es la fuerza que trata de oponerse al deslizamiento del vehículo en la superficie de rodamiento. Lo anterior constituye a la fricción como un elemento de relevancia en el nivel de seguridad vial que ofrecerá una carretera, así por ejemplo diversos estudios a nivel internacional relacionan bajos niveles de rozamiento de un tramo vial con índices elevados de ocurrencia de accidentes.

Desde la perspectiva de la Ingeniería de Seguridad Vial, el nivel de fricción que ofrece la carretera está relacionado con el desempeño del vehículo durante su recorrido por el trazado. Específicamente, el efecto del nivel de fricción se acentúa en las secciones de curva y durante el frenado. Esta situación se hace más crítica bajo condiciones de lluvia o con la carretera húmeda, dado que el agua en la superficie de rueda actúa como un lubricante entre la llanta y el pavimento afectando la estabilidad del vehículo en las curvas y aumentando la distancia mínima de frenado.

La resistencia al deslizamiento cambia con el tiempo. Típicamente, se incrementa en los primeros dos años posteriores a la construcción cuando el ligante asfáltico que cubre los agregados se va desgastando como consecuencia del tránsito, posteriormente decrece durante la vida útil remanente del pavimento debido al efecto de pulimiento o desgaste que experimenta el agregado con el paso del tránsito.

Asimismo, la fricción de la superficie de un pavimento es un parámetro que varía significativamente por cambios estacionales del clima como lo han demostrado a múltiples investigaciones a nivel internacional.

Así por ejemplo, de acuerdo con "The Little book of Tire Pavement Friction" (2012), dentro de los factores operacionales que afectan la medición de la fricción, se indica que durante los meses de verano, la resistencia al deslizamiento es menor que en otros momentos del año, "este efecto puede deberse a la acumulación de partículas pulidas del pavimento que decrecen la microtextura y macrotextura o puede deberse también a contaminación provocada por los vehículos debido a derrames de aceite o grasa".

Por otra parte, según el Instituto Mexicano del Transporte en su publicación técnica No. 340 "Mejoramiento de la resistencia al deslizamiento por medio de mezclas de agregado" (2010), indica que "generalmente hay una disminución del coeficiente de fricción en el pavimento debido a cambios estacionales. En el verano se presentan los niveles más bajos de fricción, debido a que el clima seco permite la acumulación de partículas finas y polvo que aceleran el pulido de la superficie del pavimento. En invierno, la lluvia lava las partículas finas y esto da como resultado una microtextura y macrotextura más alta y consecuentemente la superficie del pavimento presenta una fricción alta" (Masad et. al., 2009).

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 15 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



La resistencia al deslizamiento es un valor obtenido en sitio mediante algún instrumento, como por ejemplo el Griptester, que indica un coeficiente adimensional (Grip Number) representativo de las fuerzas de fricción que moviliza el neumático que emplea el equipo.

El coeficiente de fricción o Grip Number es medido y clasificado por el LanammeUCR en las evaluaciones bienales de la Red Vial Nacional (RVN) de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de niveles de alerta del coeficiente de fricción*

Nombre	Dirección	Distancia (m)	Nivel	Valor mínimo
Autopista	Permanente	0	A (50)	0,48
Doble calzada	Permanente	0	B (50)	0,48
Calzada única	Permanente	0	C (50)	0,54
Intersección 2 calzadas	Hacia atrás	50	D (50)	0,54
Intersección 1 calzada	Hacia atrás	50	E (50)	0,60
Intersecciones principales	Hacia atrás	100	F (50)	0,60
Pendientes 5-10%	Permanente	0	G1 (50)	0,60
Pendientes > 10%	Permanente	0	G2 (50)	0,66
Curvas <250 m	Permanente	0	H1 (50)	0,60

* Nota: Nivel definidos por el fabricante del equipo, Griptester465

Norma: IT-LC-02 (BS: 7941-2) Determinación del coeficiente de fricción "GripNumber.

De acuerdo con esta clasificación, los pavimentos con valores de Grip Number por debajo de 0,54 presentarán una baja resistencia a la fricción y su condición deslizante representa un alto riesgo para la seguridad vial de los usuarios.

La medición de este parámetro se realizó el día 15 de marzo del 2017, en ambos carriles de circulación, cada 5m.

6. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

La elaboración y análisis de este informe de Auditoría Técnica se basan en la normativa designada en el Cartel de Licitación del proyecto. Por lo tanto, se utiliza como especificación general el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2002. Además de las especificaciones especiales que se incorporan en el Cartel de Licitación y las Adendas al Contrato.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 16 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



7. ANTECEDENTES

A continuación se describe los procesos y comunicaciones que se mantuvieron con la Administración durante el desarrollo de este informe de auditoría técnica externa.

Tabla 4. Resumen de correspondencia durante el proceso de auditoría técnica

Número de Oficio	Fecha	Asunto	Respuesta de la Administración
LM-AT-189-16	22/11/2016	Solicitud de información	GCTI-22-17-0199 (Carp. 1388) 15/03/2017
LM-AT-038-17	22/03/2016	Recordatorio de Solicitud de información	
LM-IC-D-0385-17	16/05/2017	Recordatorio de Solicitud de información	DM-2017-2443 31/05/2017

En esta sección también se describen los documentos oficiales emitidos por esta Auditoría Técnica desde el año 2010 cuando inició el proceso en este proyecto:

- LM-AT-049-10 "Evaluación del desempeño de la Base Estabilizada, Capa de Ruedo, Seguridad Vial y Gestión Administrativa Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional No.613, sección: Sabalito-Las Mellizas Parte I", en el que se evaluó la gestión técnica en lo referente a la condición observada de la base estabilizada y la carpeta asfáltica colocada en el proyecto, así como aspectos relacionados con la gestión administrativa en lo referente a contrataciones de apoyo para el control por parte de la administración y la seguridad vial.
- LM-AT-159-10: "Evaluación del Índice de Regularidad Superficial (IRI) en la superficie de ruedo del proyecto Sabalito-Las Mellizas". Se realiza una evaluación de la regularidad de la superficie de ruedo, la cual tiene implicaciones en el confort y transitabilidad de la ruta como en el desempeño y la durabilidad del pavimento a lo largo del tiempo.
- LM-AT-183-10: "Evaluación de la calidad del material de Subbase y Agregado para Base Estabilizada en el proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No 163, sección: Sabalito-Las Mellizas. En este informe se muestran los resultados de ensayos de laboratorio donde se determina la calidad de los materiales utilizados en base y subbase.
- LM-PI-AT-158-11: "Evaluación del desempeño estructural del proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No 163, sección: Sabalito-Las Mellizas" En este informe se realiza una evaluación estructural mediante el deflectómetro de impacto con el fin de identificar zonas débiles y áreas potenciales de falla por fatiga, estimación de la vida remante de la estructura de pavimento, así como evaluación del desempeño actual y futuro de la obra (PCI).

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 17 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



También se realizó una comparecencia en la Contraloría General de la República a manera de seguimiento del informe LM-PI-AT-158-11, donde se citó a las Ing. Wendy Sequeira, Ing. Raquel Arriola e Ing. Ana Hidalgo por parte del equipo de la Unidad de Auditoría Técnica.

Adicionalmente, como parte de las labores de Auditoría Técnica y de seguimiento para evaluar el estado del proyecto se realiza una visita. Los resultados de esta gira técnica se reportan a la Administración mediante el oficio LM-AT- 189-16 del 29 de noviembre del 2016, se recibe en respuesta el oficio GCTI-22-17-0199 donde se comunica a la Auditoría Técnica que el proyecto no cuenta con cierre y que de momento se realizan giras e inspecciones para determinar el estado del proyecto. Debido a que esta información no es recibida por esta auditoría en tiempo y forma se genera el oficio LM-AT-038-17 del 02 de marzo del 2017, debido a que tampoco se recibe información por parte del auditado se emite el oficio LM-IC-D-0385-17 el 19 de mayo del 2017 dirigido al Ministro Ing. Carlos Villalta, el cual tiene como respuesta el oficio DM-2017-2443 del 31 de mayo del 2017, donde hace referencia al oficio GCTI-22-17-0199 (Carp. 1388)

Dentro de las actividades que se ha desarrollado durante el proceso de auditoría del proyecto se pueden mencionar:

Tabla 5. Descripción de las actividades de Auditoría Técnica durante el desarrollo de las auditorías.

Actividades	2010-2011	2016-2017
Giras Técnicas	✓	✓
Informes de Auditoría Técnica	✓	✓
Muestreos de material granular	✓	
Muestreos de base estabilizada con cemento	✓	
Muestreo agregado y de mezcla asfáltica	✓	
Evaluación de Seguridad Vial	LM-PI-AT-049-10	
Evaluación del PCI	✓	✓
Conteo Vehicular	✓	
Evaluación de IRI	✓	✓
Ensayo de Deflectometría de impacto	✓	✓
Ensayo y análisis de fricción		✓
Análisis estructural del pavimento	✓	

✓ : Actividad realizada en ese año

A continuación se presenta un resumen de los principales hallazgos y observaciones encontrados por la Unidad de Auditoría Técnica en los años 2010 y 2011, esto se muestra con el objetivo de establecer un marco de referencia del estado del proyecto en ese momento.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 18 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



Tabla 6. Resumen de los hallazgos y observaciones de los informes de Auditoría Técnica del proyecto Sabalito-Las Mellizas

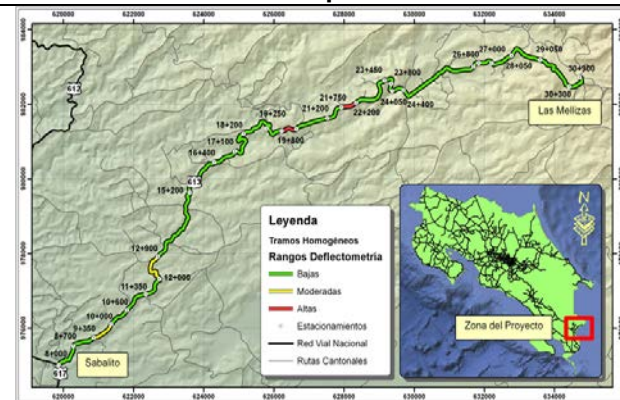
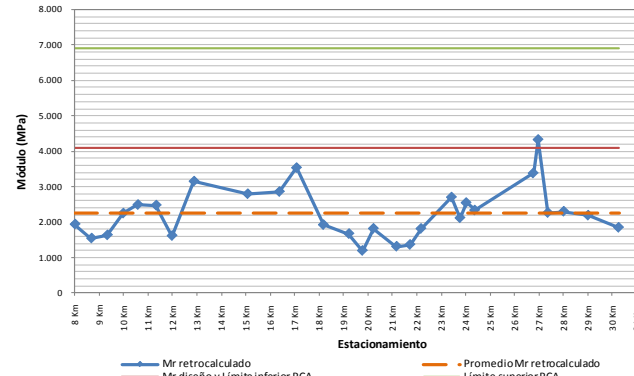
Informes	Hallazgo u Observación	Descripción	Fotografía o referencia
LM-AT-049-10: "Evaluación del desempeño de la Base Estabilizada, Capa de Ruedo, Seguridad Vial y Gestión Administrativa Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional No.613, sección: Sabalito-Las Mellizas Parte I"	La carpeta asfáltica ha presentado deterioros prematuros a lo largo de 14 km. del proyecto	Del 29/07/2010 al 01/10/2010 se evidenciaron huecos y desprendimiento de agregado en la carpeta, segregación de la MAC y Exudación.	 Fotografía N° 2
	La base estabilizada presentó deterioros prematuros a lo largo del proyecto Estacionamientos de referencia 9+610,10+622,22+800,23+852	Agrietamientos en la capa de base estabilizada con cemento, huecos en la línea de centro y otros puntos a lo ancho de ambos carriles, desprendimiento de agregados de la base estabilizada, irregularidades en la conformación de la superficie de la base estabilizada durante el proceso constructivo.	 Fotografía N° 20  Fotografía N° 21
	La base estabilizada presentó valores de resistencia a la compresión simple a los 7 días superiores al valor mínimo y promedio establecidas en la especificación, evidenciados a partir de los resultados obtenidos por el laboratorio de control de calidad LGC del contratista y por el LanammeUCR:	Valores evidenciados a partir de los resultados obtenidos por el laboratorio de control de calidad LGC del contratista y por el LanammeUCR.	Promedio: 47,26 kg/cm ² Desviación: 23,7
	El proyecto inició sin las contrataciones de verificación, inspección y topografía, requeridas para la ejecución de las obras.		
	Se observó una señalización temporal de obra insuficiente de conformidad con la normativa contractual.		



Informe	Hallazgo u Observación	Descripción	Fotografía o referencia																			
LM-AT-159-10: Evaluación del IRI	Valores de IRI PROMEDIO del proyecto son mayores a los valores especificados en el CR-2010.	Resumen de Resultados de IRI (m/km.) en el Proyecto: Sabalito-Las Mellizas <table> <tr> <th rowspan="2">Proyecto</th><th rowspan="2">Base Medición</th><th colspan="2">Sentido</th></tr> <tr> <th>Sabalito- Las Mellizas</th><th>Las Mellizas-Sabalito</th></tr> <tr> <td rowspan="4">Sabalito- Las Mellizas</td><td>@ 200 m</td><td>2,1 a 4,6</td><td>2,0 a 5,1</td></tr> <tr> <td>@ 100 m</td><td>1,9 a 5,2</td><td>1,8 a 5,8</td></tr> <tr> <td>@ 50 m</td><td>1,8 a 6,1</td><td>1,7 a 7,5</td></tr> <tr> <td>@ 10 m</td><td>1,1 a 7,9</td><td>1,1 a 9,8</td></tr> </table>	Proyecto	Base Medición	Sentido		Sabalito- Las Mellizas	Las Mellizas-Sabalito	Sabalito- Las Mellizas	@ 200 m	2,1 a 4,6	2,0 a 5,1	@ 100 m	1,9 a 5,2	1,8 a 5,8	@ 50 m	1,8 a 6,1	1,7 a 7,5	@ 10 m	1,1 a 7,9	1,1 a 9,8	
Proyecto	Base Medición	Sentido																				
		Sabalito- Las Mellizas	Las Mellizas-Sabalito																			
Sabalito- Las Mellizas	@ 200 m	2,1 a 4,6	2,0 a 5,1																			
	@ 100 m	1,9 a 5,2	1,8 a 5,8																			
	@ 50 m	1,8 a 6,1	1,7 a 7,5																			
	@ 10 m	1,1 a 7,9	1,1 a 9,8																			
LM-AT-183-10: Calidad del material de Subbase y Agregado para Base Estabilizada	En general los resultados para el material granular de Subbase y Base estabilizada cumplen con las especificaciones	- Los resultados de granulometría para 11 muestras ensayadas cumplen satisfactoriamente la Especificación para la Graduación D. - Para dos de las muestras de subbase correspondientes a los estacionamientos 13+080 y 13+890, se presentó incumplimiento en el tamaño granulométrico de 75um (malla N°200) para los resultados obtenidos en el ensayo de granulometría. - Los resultados del ensayo de CBR (0.1 pulg>30) para las muestras de subbase presentan una variabilidad significativa mayor que la permitida para un factor de calidad del 100%. - Se puede afirmar que los resultados del ensayo de disgregabilidad para el material de subbase presentan una variabilidad aceptable. - Los resultados de equivalente de arena para las 5 muestras ensayadas cumplen satisfactoriamente la especificación establecida. - Los resultados del ensayo de índice de durabilidad muestran una variabilidad aceptable, por lo que alcanzan satisfactoriamente el nivel de calidad establecido para un factor de calidad de 100%. - Los resultados de granulometría para el material granular utilizado para la base estabilizada en la malla de 50,8 mm (2") presentaron una variabilidad mayor que la establecida para un factor de calidad de 100%.																				

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 20 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



Informe	Hallazgo u Observación	Descripción
LM-PI-AT-158-11: Evaluación del desempeño estructural del proyecto	El 90% de la ruta nacional N°613, sección Sabalito-Las Mellizas, se encuentra en buena condición estructural según la clasificación mediante las deflexiones medidas con el FWD.	
	Los módulos retrocalculados de la base estabilizada muestran valores inferiores a los típicos.	
	La estructura de pavimento colocada en el proyecto Sabalito-Las Mellizas muestra un desempeño satisfactorio en cuanto a resistencia al agrietamiento por fatiga para el período de diseño a excepción de los tramos 19+775 y 20+225 (tramo 14) y 21+750 y 22+200 (tramo 17).	
	La elección de la alternativa de diseño para la construcción de la estructura del pavimento, en términos de inversión no fue la más eficiente que se requería para soportar las cargas en el periodo de diseño.	
	A partir de la aplicación de la metodología para el cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI) para el proyecto de mejoramiento de la sección Sabalito-Las Mellizas, se obtuvo un PCI global de 83, clasificado como muy bueno, sin embargo existen tramos puntuales que pueden comprometer el desempeño de la carretera.	

Fuente: Informe de Auditoría Técnica LM-AT-049-10, LM-AT-159-10, LM-AT-183-10 y LM-AT-158-11

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 21 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



Durante el proceso de auditoría técnica 2010-2011 se mantuvo una comunicación constante con el Auditado, adicionalmente se siguió un proceso de comparecencia en la Contraloría General de la Republica, donde los auditores técnicos del proyecto fueron solicitados como testigos. A continuación se muestra en la siguiente tabla un extracto de la correspondencia y oficios que se tramitaron durante el desarrollo de la Auditoría Técnica.

Tabla 7. Registro de correspondencia durante el proceso de auditoría al proyecto

Oficio	Fecha	De / Para	Asunto
LM-AT-173-2010	25/11/2010	Ing. Jenny Chaverri, Coordinadora UAT Ings Carlos Pereira, Orlando Vargas y Álvaro Ulloa CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras	Comunicación de plazo final para el descargo del informe LM-PI-AT-049-10
GCTI-10-1402	25/11/2010	Ing. Orlando Vargas, Gerencia de Construcción de Obras, CONAVI Ing. Jenny Chaverri, Coordinadora UAT	Citación para reunión en el proyecto a raíz de los hallazgos y observaciones del informe LM-PI-AT-049-10
LM-AT-174-10	19/11/2010	Ing. Guillermo Loria, PITRA-LanammeUCR Ing. Orlando Vargas, Gerencia de Construcción de Obras, CONAVI	Valorar la solicitud del oficio GCTI-10-1402 y solicitar la información del descargo que no ha sido entregada en tiempo y forma.
LM-AT-180-2010	01/12/2010	Ing. Jenny Chaverri, Coordinadora UAT Ings Orlando Vargas y Álvaro Ulloa CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras	Reiterara las razones del oficio LM-AT-174-10
LM-AT-04-11	11/01/2011	Ing. Jenny Chaverri, Coordinadora UAT Ings Carlos Pereira, Orlando Vargas y Álvaro Ulloa CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras	Solicitud de reunión para presentación del informe preliminar LM-PI-AT-183-10
LM-AT-159-10	23/11/10	Ing. Jenny Chaverri, Coordinadora UAT Ings Carlos Pereira, Orlando Vargas y Álvaro Ulloa CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras	Solicitud de reunión para presentación del informe preliminar LM-PI-AT-159-10
LM-AT-170-10	18/11/2010	Ing. Jenny Chaverri, Coordinadora UAT Ing. Orlando Vargas CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras	Envío de informe preliminar LM-PI-AT-159-10
GCTI-11-022	31/01/2011	Ing. Orlando Vargas CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras Ing. Jenny Chaverri, Coordinadora	Descargo informe LM-PI-AT-159-10
LM-AT-177-10	01/12/2010	Ing. Jenny Chaverri, Coordinadora UAT Ing. Orlando Vargas CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras	Recordatorio de vencimiento del plazo para el descargo del informe LM-PI-AT-159-10



DFOE-DL-0955	25/10/2011	Licda Zaida Vargas Monge e Ing. Daniel Garro Vargas CGR Ing. Jenny Chaverri, UAT LanammeUCR	Solicitud de información a raíz de un estudio de la CGR al proyecto
LM-AT-155-2011	28/10/2011	Ing. Jenny Chaverri, UAT LanammeUCR Licda Zaida Vargas Monge	Respuesta al oficio DFOE-DL-0955
LM-AT-48-2014	27/02/2012	Ing. Jenny Chaverri, UAT LanammeUCR Ings Orlando Vargas y Alvaro Ulloa Gerencia de Construcción de Obras , CONAVI	Recibo aclaraciones y comentarios al informe preliminar LM-PI-AT-158B-11 del proyecto "Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 613. Sección Sabalito-Las Mellizas" Licitación Pública No. 2008LN-000001-DI.
LM-IC-D-0321	26/03/2012	Ing. Alejandro Navas LanammeUCR Lic. Gerardo Marín Trejos CGR	Solicitud de la información sobre el estado actual de las recomendaciones en relación con el oficio 02580 y el informe LM-AT-49-10
LM-IC-D-0346-12	10/04/2012	Ing. Alejandro Navas LanammeUCR Lic. Gerardo Marín Trejos CGR	Solicitud de la información en relación con el oficio 02579
GGCTI-12-0109	30/01/2012	Ings Orlando Vargas y Alvaro Ulloa Gerencia de Construcción de Obras, CONAVI Ing. Jenny Chaverri, UAT LanammeUCR	Aclaraciones y consultas del informe preliminar LM-PI-AT-158B-11
LM-AT-026-2012	25/02/2012	Ing. Jenny Chaverri, UAT LanammeUCR Ings Carlos Pereira, Orlando Vargas y Alvaro Ulloa CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras	Incumplimiento en los plazos de entrega de información
LM-AT-048-2012	27/02/2012	Ing. Jenny Chaverri, UAT LanammeUCR Ings Orlando Vargas y Alvaro Ulloa CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras	Recibo aclaraciones y comentarios al informe LM-PI-AT-158B-11. Comentarios sobre incumplimientos de plazos.
DFOE-DL-0278	19/03/2012	Lic. Gerardo Marín Trejos CGR Ing. Alejandro Navas LanammeUCR	Solicitud de ampliación sobre el contenido del informe LM-PI-AT-158-11
DFOE-DL-0279	19/03/2012	Lic. Gerardo Marín Trejos CGR Ing. Alejandro Navas LanammeUCR	Solicitud de información referencia a los informes de la UAT, LM-AT-049-10, LM-AT-146-10, LM-AT-159-10, LM-AT-183-10 y LM-PI-AT-158-11
LM-IC-D-0321-2012	26/03/2012	Ing. Alejandro Navas LanammeUCR Lic. Gerardo Marín Trejos CGR	En relación con el oficio 02580 el LanammeUCR se manifiesta en cuando aclaraciones solicitadas de los informa de UAT LM-AI-049-10 y LM-AT-183-10
LM-IC-D-0322-2012	23/03/2012	Ing. Alejandro Navas LanammeUCR Lic. Gerardo Marín Trejos CGR	Solicitud de prórroga con respecto para presentar la información solicitada en el oficio 02579



DIE-01-12-1711	08/05/2012	Ing. Jose Luis Salas Quesada, Director Ejecutivo a.i. CONAVI Ing. Alejandro Navas LanammeUCR	Descargo y análisis del Consejo de CONAVI del informe LM-PI-AT-158-11
GCTT 23-12-0324	23/05/2012	Ing. Francini Chinchilla, Ing. Sofí Rodríguez e Ing. Johnny Barth Gerencia de Conservación, CONAVI Ing. José Luis Salas Quesada, Director Ejecutivo a.i. CONAVI	En atención al oficio DIE-01-12-1711 con relación al informe LM-PI-AT-158-11
DFOE-DL-0532	14/06/2012	Licda Zaida Vargas Monge, CGR Ing. Mauricio Salas UAT, LanammeUCR	Ampliación Del plazo para atender la solicitud de información presentada en el oficio LM-AT-083-2012 que fue solicitada en el oficio 0517
LM-AT-083-2012	08/06/2012	Ing. Mauricio Salas UAT, LanammeUCR Licda Zaida Vargas Monge	Solicitud de ampliación del plazo para dar respuesta al oficio 0517
LM-AT-087-2012	18/06/2012	Licda Zaida Vargas Monge e Ing. Daniel Garro Vargas CGR Ing. Mauricio Salas UAT, LanammeUCR	En respuesta al oficio de solicitud de información de la CGR 0517
GCTI-12-0758	28/06/2012	Ing Orlando Vargas CONAVI, Gerencia de Construcción de Obras Ing. Jose Luis Salas Quesada, Director Ejecutivo a.i. CONAVI	En referencia a los hallazgos realizado por la UAT- LanammeUCR y comunicados en el oficio LM-PI-067-12
LM-PI-067-12	21/06/2012	Ing. Luis Guillermo Loria, PITRA- LanammeUCR Ing. Jose Luis Salas Quesada, Director Ejecutivo a.i. CONAVI	Presentación de hallazgos encontrados en la RN 613 por ingeniero de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional
LM-AT-189-2016	28/11/2016	Ing. Mauricio Salas UAT, LanammeUCR Ing. German Valverde G Director Ejecutivo, CONAVI Ing. Pablo Contreras Gerente Construcción de vías y puentes, CONAVI	Información sobre el estado del proyecto en la gira realizada el noviembre del 2016
LM-AT-38-2017	2/03/2017	Ing. Mauricio Salas UAT, LanammeUCR Ing. German Valverde G Director Ejecutivo, CONAVI Ing. Pablo Contreras Gerente Construcción de vías y puentes, CONAVI	Recordatorio respuesta del oficio LM-AT-189-2016
LM-IC-D-0385-17	16/05/2017	Ing. Alejandro Navas LanammeUCR Ing. Carlos Villalta Villegas Ministro, MOPT	Información sobre el estado actual del proyecto sobre la Ruta Nacional No 613



En conclusión se puede decir que el proyecto Sabalito-Las Mellizas en el año 2011 presentaba a nivel de red, una condición estructural aceptable con base en las deflexiones obtenidas, un desempeño satisfactorio en cuanto a resistencia al agrietamiento por fatiga y un PCI aceptable, esto es consecuencia de la aplicación de un diseño de paquete estructural más robusto del que se requería para las condiciones de flujo vehicular presentes (bajo volumen de tránsito). Cabe recalcar que pese a presentar estas condiciones favorables a nivel de red producto del paquete estructural con el que se construyó, a nivel de proyecto se puede observar que los valores de resistencia para la Base Estabilizada eran 55% inferiores de los esperados, producto del agrietamiento de la misma tal y como había reportado en el informe de auditoría técnica LM-PI-AT-049-10, y con base en la metodología del PCI se identificaron unidades de medición especiales o tramos puntuales con agrietamiento severo que podían comprometer el desempeño de la carretera y la inversión realizada.

La condición que se observó en campo en el año 2011, se calificó con una nota general del proyecto, el valor de PCI obtenido fue de 83 que clasifica "muy bueno". No obstante esta calificación, se debe tener presente, que este proyecto en el momento de esta evaluación (año 2011) es considerado como un proyecto nuevo y presenta un flujo vehicular bajo, por lo que era esperado obtener una nota mayor sin deterioros superficiales.

A lo largo del proyecto se identificaron tramos puntuales que presentan deterioros significativos, tales como agrietamientos severos en zonas de relleno, los cuales podrían estar asociados a problemática en el manejo de aguas, calidad de construcción del relleno e insuficiencia de estudios geotécnicos, lo que se refleja en la nota de PCI. El agrietamiento severo en dichos puntos puede comprometer el desempeño de la carretera y la inversión realizada en este proyecto.

8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo con el cartel de licitación, el camino existente antes del inicio de las obras, presentaba en su superficie de ruedo materiales granulares expuestos, de espesor variable, con un ancho promedio de 5,50 (cinco coma cincuenta) metros; la topografía presenta severidad en las pendientes, un alto índice de lluvia y los radios de curvatura son reducidos, además el sistema de evacuación pluvial no es el más adecuado provocando con ello desbordamientos sobre la carretera, afectando las propiedades aledañas a la misma y la circulación vehicular y peatonal.

El proyecto fue adjudicado a la Constructora Hernán Solís S.R.L y de acuerdo con el cartel de licitación y considerando los cambios realizados en la estructura del pavimento mediante la Orden de Modificación N°1, los trabajos a realizar consistieron en:

- Conformar y compactar al 95% (noventa y cinco por ciento) del Proctor modificado.
- 20 cm de préstamo seleccionado (CBR $\geq$ 10%)
- 30 cm de subbase granular (CBR $\geq$ 30%).
- 20 cm de base estabilizada BE-25
- 5 cm de carpeta asfáltica con estabilidad Marshall $\geq$ 1100 kg

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 25 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



- Realizar la demarcación vial horizontal con pintura y captales en toda la longitud del proyecto y la colocación de las señales verticales que se indican en los planos constructivos o en su efecto la unidad supervisora del proyecto.

Los planos constructivos de la carretera y su diseño fueron elaborados por el Gabinete de Estudios Técnicos Ingeniería S.A (GETINSA), empresa contratada por el CONAVI mediante Licitación por Registro N°033-2001.

El monto original del contrato era de ₡5.955.941.747,00 (colones), más la ampliación tramitada mediante la Orden de Modificación N°1 de ₡565.069.758,00 para un total ₡6.521.011.452,00 y el plazo de ejecución inicial es de 320 días naturales contados a partir de la orden de inicio de la obra el día 10 de diciembre del año 2008.

La longitud total del proyecto es de 22,81 kilómetros aproximadamente y se ubica en la provincia 6: Puntarenas, cantón 608: Coto Brus, distrito 608 02: Sabalito. Se inicia en el poblado de Sabalito y finaliza en la población de Las Mellizas.

9. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-151-17 del 11 de diciembre del 2017 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-142B-17, a la parte auditada para que fuera analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar.

Posterior al envío del informe preliminar se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 20 de diciembre a las 2:00pm en las instalaciones del LanammeUCR en donde se realizó la presentación del informe LM-PI-AT-142B-17 en su versión preliminar y en la que participó el ingeniero Ing. Iván Fonseca Granados de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI. Así como los auditores encargados del informe la Ing. Ana Elena Hidalgo y la coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica-PITRA LanammeUCR, Ing. Wendy Sequeira Rojas.

Una vez realizada la presentación y vencido el plazo edscrito anteriormente sin recibir comentarios por parte del Auditado, por lo tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, se procede a emitir el informe LM-PI-AT-142-17 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 26 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



10.

RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo de auditoría técnica en este informe de auditoría técnica se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría técnica, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las mediciones realizadas y la recolección y análisis de evidencias.

Se entiende como hallazgo de auditoría técnica, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, una observación de auditoría técnica se fundamenta en normativas o especificaciones que no son necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional, y que tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

Por lo tanto, las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que minimicen el riesgo potencial de incumplimiento.

10.1 SOBRE EL ESTADO DEL PROYECTO

Observación 1. En el proyecto se observan deterioros que se evidenciaron en los informes de Auditoría Técnica elaborados en los años 2010 y 2011.

Durante las visitas realizadas en noviembre del 2016 y mayo del 2017, se pudieron comprobar deterioros superficiales y condiciones estructurales evidenciadas en los informes de Auditoría LM-AT-049-10, LM-AT-159-10, LM-AT-183-10 Y LM-AT-158-11. Por ejemplo, en el informe LM-AT-049-10, la observación N°1 indica que la base estabilizada, tipo BE-25, presenta valores de resistencia a la compresión simple a los 7 días superiores al valor promedio establecido en la especificación, asociada con una alta rigidez, que hace susceptible a la base estabilizada con cemento al agrietamiento. Actualmente se puede observar en el proyecto de forma generalizada, sello de grietas perpendiculares al sentido de circulación, las cuales son indicadores típicos de una base estabilizada agrietada.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 27 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



Figura 4. Sello de grietas transversales. Estacionamiento 23+760 (Fecha: 23-5-17)

Cerca de este estacionamiento, en el 23+582, se evidenciaron deterioros prematuros de la base estabilizada que en el informe LM-AT-049 -2010 ya se habían incluido. Este tipo de deterioros se reflejan en la capa de mezcla asfáltica, provocando grietas, las cuales, como se ven en la fotografía, requieren algún tipo de intervención adicional, en este caso un sello. Adicionalmente, se pudo observar en las visitas al proyecto, una condición generalizada de desgaste superficial en la capa de ruedo (Figura 5).

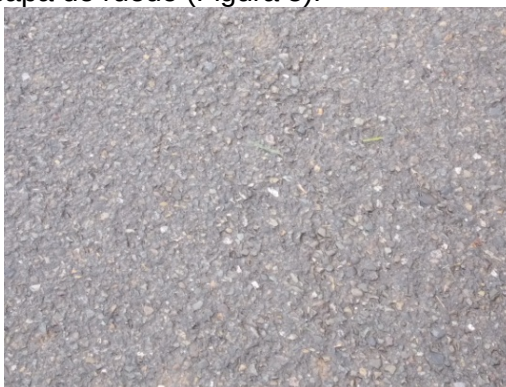


Figura 5. Ejemplo de desgaste superficial (severidad alta). Estacionamiento 30+350, (Fecha: 23-5-17)

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 28 de 49
-------------------------	---------------	-----------------

También se pueden observar zonas especiales del proyecto que presentan deterioros importantes, donde ya se vio afectada la capacidad estructural y hasta la transitabilidad del proyecto por producto de inestabilidad de los taludes. La superficie de riego se ha visto afectada considerablemente en algunos puntos a pesar de que se construyó una estructura de pavimento semirígida conformada por una base estabilizada con cemento y una capa de riego con mezcla asfáltica.



Figura 6. Ejemplo de deterioros en la calzada por inestabilidad de Taludes (10/11/2016)

Todos estos puntos se señalaron en los informes anteriormente realizados al proyecto por la Unidad de Auditoría Técnica. Es conocido que entre menor sea la condición inicial de un proyecto nuevo respecto a la condición óptima esperable, el proceso de deterioro en el tiempo va a ser más acelerado. Por otra parte, es importante considerar que un proyecto nuevo debe ser sujeto de mantenimiento preventivo para lograr conservar una condición deseable durante su vida en funcionamiento con bajas inversiones. Sin embargo, en este caso, podemos ver que este proyecto específico posee importantes problemas que distan considerablemente de un proyecto con 7 años de estar en operación.

Observación 2. El cálculo actual del Índice de Condición de Pavimento (PCI) para el proyecto de mejoramiento de la sección Sabalito-Las Mellizas es menor al PCI calculado en el 2011 lo que indica que el proyecto disminuyó su condición general.

A raíz de los resultados informados a la Administración en el 2010 mediante diversos oficios, en los que se comunicaba la identificación de deterioros prematuros, tanto en la base estabilizada como en la carpeta asfáltica, esta auditoría aplicó en el 2010 la metodología para la determinación del Índice de Condición de Pavimento (PCI), la cual es generalmente utilizada en rutas existentes que presentan deterioros necesarios de cuantificar para utilizarlos como base para identificar las necesidades de conservación o mantenimiento vial necesarias de la ruta analizada.

Bajo ese escenario se obtuvo un PCI en el 2011 para el proyecto Sabalito-Las Mellizas de 83 puntos que lo clasificaba como un pavimento “muy bueno”, es importante destacar que este proyecto estaba recién construido (aproximadamente octubre del 2010), con una estructura de pavimento nueva, la cual no debería exhibir deterioros como los que habían presentado, principalmente en secciones particulares donde se han producido agrietamientos en la sección de pavimento.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 29 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



De acuerdo con la metodología basada en la norma ASTM D6433-03 para el cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI), durante la visita realizada al proyecto los días 19 y 20 de julio del 2011, el equipo de auditoría técnica realizó un levantamiento de deterioros del proyecto, en 40 unidades de medición y 6 unidades adicionales. A lo largo del proyecto se habían identificado tramos puntuales que presentaban deterioros significativos tales como agrietamientos severos en zonas de relleno, los cuales podrían estar asociados a problemática en el manejo de aguas, calidad de construcción del relleno e insuficiencia de estudios geotécnicos.

Durante el mes de mayo del 2017 se procedió a realizar un levantamiento del proyecto con el fin de evaluar mediante la metodología de PCI el estado de la vía, para ello se empleó el procedimiento descrito en el Manual de Auscultación de Pavimentos de Costa Rica MAV-2014. Se tomaron 16 unidades de muestra para caracterizar el proyecto estadísticamente y adicionalmente, se tomaron 3 unidades de muestra especiales las cuales tienen una jerarquía diferente a las unidades de muestra.

El valor de PCI para las unidades de muestra varía entre 39 y 85. Las unidades de muestra especiales presentan un valor de PCI entre 20 y 65. Con los valores resultantes se procedió a calcular el PCI del proyecto, el cual es un promedio ponderado en función del área de cada unidad de muestra. En el caso de las Unidades Especiales (UE) se les asigna un peso especial por no ser elegidas de manera aleatoria. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Calificación de PCI para el proyecto usando los dos escenarios posibles.

Muestras	PCI
Unidades de Muestra	73,7
Unidades de Muestra y Unidades Especiales	69,8

Considerando el valor de PCI obtenido para el proyecto con las 16 Unidades de Muestra y las 3 Unidades Especiales se obtienen una nota de 69,8, lo que clasifica al proyecto de acuerdo a su condición funcional en un estado "Bueno" de acuerdo a la norma ASTM D6433-03 y "Malo" según el Manual MAV-2014.

Tabla 9. Comparación de PCI para el proyecto usando los dos escenarios posibles.

Año de medición	PCI	Clasificación ASTM D6433-03	Clasificación MAV-2014
2011	83,0	Muy Bueno	Satisfactorio
2017	69,8	Bueno	Malo

Tal y como se puede observar en la Tabla 9, la condición del pavimento ha sufrido una baja de aproximadamente 13 puntos porcentuales en 6 años. Lo que hace que de acuerdo a las diferentes escalas de clasificación baje una categoría.

Por lo tanto, a partir de la aplicación de la metodología para el cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI) para el proyecto Ruta Nacional N° 613, Sección Sabalito-Las Mellizas, se obtuvo un PCI global de 69,8, lo que lo clasifica en estado "Malo" de acuerdo a MAV-2014, lo que evidencia el deterioro del proyecto debido a deterioros prematuros y la falta de mantenimiento del mismo.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 30 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



10.2 SOBRE EL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Con el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, se realizó un análisis sobre el valor de Índice de Regularidad Superficial (IRI) medido por el LanammeUCR y calculado por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR. Es de conocimiento de este equipo auditor que este proyecto se rige bajo el CR-77 y que no cuenta con especificación especial para regularidad superficial.

El objetivo específico de este análisis realizado por Auditoría Técnica es determinar el valor del Índice de Regularidad Internacional de la superficie de ruedo del proyecto en cuestión, y comparar los resultados con los obtenidos en la medición realizada en el año 2010 y presentada en el informe de la Unidad de Auditoría Técnica LM-PI-159-10.

Los términos de referencia no establecen especificación de IRI para este proyecto. Sin embargo, debido a la importancia del IRI en el desempeño futuro del pavimento es que esta Auditoría Técnica ha realizado la evaluación de este parámetro. El IRI es internacionalmente un parámetro de primer orden en la aceptación del pavimento nuevo y en la evaluación del pavimento en servicio.

Observación 3. El valor promedio de IRI calculado para diferentes escalas en el año 2010 es similar al año 2017, pero se evidencian valores límites mayores debido a deterioros específicos en el pavimento.

Sobre los resultados del ensayo del índice de regularidad internacional (IRI) realizado por el LanammeUCR, según informe I-0392-17 se realizó el análisis de la Ruta Nacional N° 613, sección Sabalito – Las Mellizas a lo largo de aproximadamente 23 km, en ambos sentidos, tal y como se presenta en la Tabla 10, donde se pueden observar específicamente los estacionamientos inicial y final del sector analizado, así como el sentido de medición y la designación del tramo.

Tabla 10. Resumen de tramos medidos

Estacionamientos		Sentido
Inicial	Final	
0+000	22+963	Sabalito-Las Mellizas
0+000	22+925	Las Mellizas-Sabalito

El análisis de IRI se realizó utilizando distintas bases de medición, @200 m, @100 m, @50 m y @10 m; esto con el fin de obtener datos comparables con los valores presentados en el informe del 2010, LM-PI-159-10 de la Unidad de Auditoría Técnica. Se trabajó con los datos registrados en campo cada 10 m, de los cuales fueron eliminados aquellos tramos que se veían afectados por la presencia de una singularidad, además de los 40 m posteriores, los cuales reciben influencia directa debido a la singularidad.

La comparación en cuanto a los valores obtenidos en el actual informe, con respecto a los registrados en el informe LM-AT-159-10, se realiza a partir de un porcentaje de la regularidad superficial. Este parámetro mide el porcentaje de aumento que sufren los valores mínimo y máximo registrados en 2017, con respecto a los del año 2010, para cada uno de los sentidos del proyecto, considerando la base de medición que se esté utilizando en cada caso.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 31 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



Resultados de IRI con base de medición de 200 m:

La medición del IRI en intervalos de 200 m se utiliza para realizar una evaluación a nivel de red vial, por lo que dicho valor permite identificar zonas que requieren algún tipo de intervención de mantenimiento o de reconstrucción a nivel general. Del análisis realizado en ambos sentidos de la sección en estudio, se obtuvieron los valores de IRI, resumidos en la Tabla 11, en la cual se identifican los valores mínimos, máximos y promedio del total de tramos de 200 m obtenidos a lo largo del proyecto.

Tabla 11. Valores individuales (mínimo, máximo y promedio) de IRI obtenidos cada 200 m, para la sección en estudio. Año 2017

Sentido	Valores individuales de IRI @ 200 m		
	Valor Mínimo (m/km)	Valor Máximo (m/km)	Valor Promedio (m/km)
Sabalito-Las Mellizas	2,1	5,3	3,4
Las Mellizas-Sabalito	2,1	5,3	3,3
Promedio	2,1	5,3	3,4

Mientras que, realizando una comparación con los valores de IRI obtenidos en el análisis realizado en el informe LM-AT-159-10 de diciembre de 2010, se presenta en la Tabla 12 el porcentaje de deterioro de la regularidad superficial, para ambos sentidos en 2017 con respecto al año 2010, utilizando una base de medición de 200 m.

Tabla 12. Porcentaje de deterioro del IRI obtenido cada 200 m con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10 del año 2010.

Sentido	Porcentaje de deterioro de IRI @ 200 m		
	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
Sabalito-Las Mellizas	1,0%	15,0%	3,2%
Las Mellizas-Sabalito	4,7%	3,7%	3,7%

Se puede observar en la Tabla 12, que los valores de IRI promedio obtenidos cada 200 m, aumentaron en el 2017 con respecto al 2010 alrededor de un 3,2% en el sentido Sabalito-Las Mellizas, mientras que un 3,7% en sentido contrario. El mayor aumento porcentual, se dio para el valor máximo de IRI en el sentido Sabalito-Las Mellizas, el cual fue de un 15%, este valor se encuentra por encima del rango de valores, por lo que representa un deterioro importante en el proyecto, como un hundimiento o un deslizamiento.



Resultados de IRI con base de medición de 100 m:

La medición del IRI en intervalos de 100 m se utiliza para realizar una evaluación a nivel de red vial al igual que cuando se utiliza como base de medición 200 m, salvo que es posible obtener un mayor grado de detalle al poseer la mitad de longitud en los tramos evaluados. Del análisis realizado en ambos sentidos de la sección en estudio, se obtuvieron los valores de IRI, resumidos en la Tabla 13, en la cual se identifican los valores mínimos, máximos y promedio del total de tramos de 100 m obtenidos a lo largo del proyecto.

Tabla 13. Valores individuales (mínimo, máximo y promedio) de IRI obtenidos cada 100 m, para la sección en estudio. Año 2017.

Sentido	Valores individuales de IRI @ 100 m		
	Valor Mínimo (m/km)	Valor Máximo (m/km)	Valor Promedio (m/km)
Sabalito-Las Mellizas	2,0	5,9	3,4
Las Mellizas-Sabalito	1,8	6,7	3,3
Promedio	1,9	6,3	3,4

Mientras que, realizando una comparación con los valores de IRI obtenidos en el análisis realizado en el informe LM-AT-159-10 de diciembre de 2010, se presenta en la Tabla 14 el porcentaje de deterioro de la regularidad superficial, para ambos sentidos en 2017 con respecto al año 2010, utilizando una base de medición de 100 m.

Tabla 14. Porcentaje de deterioro del IRI obtenido cada 100 m con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10 del año 2010.

Sentido	Porcentaje de deterioro de IRI @ 100 m		
	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
Sabalito-Las Mellizas	6,1%	13,0%	3,4%
Las Mellizas-Sabalito	1,0%	14,8%	3,7%

Se puede observar en la Tabla 14, que los valores de IRI promedio obtenidos cada 100 m, aumentaron en el 2017 con respecto al 2010 alrededor de un 3,4% en el sentido Sabalito-Las Mellizas, mientras que un 3,7% en sentido contrario, los cuales son prácticamente iguales a los obtenidos cada 200 m. Además se puede observar que los valores máximos en ambos sentidos aumentaron en un 13% y un 14,8%, respectivamente.

Resultados de IRI con base de medición de 50 m:

La medición del IRI en intervalos de 50 m se utiliza para realizar una verificación de regularidad superficial localizada del proyecto, esto debido a que es posible ubicar tramos con irregularidades importantes con mayor facilidad, con el fin de poder aplicar una acción correctiva en los puntos que así lo requieran. Del análisis realizado en ambos sentidos de la sección en estudio, se obtuvieron los valores de IRI, resumidos en la Tabla 15, en la cual se identifican los valores mínimos, máximos y promedio del total de tramos de 50 m evaluados a lo largo del proyecto.

Tabla 15 Valores individuales (mínimo, máximo y promedio) de IRI obtenidos cada 50 m, para la sección en estudio. Año 2017.

Sentido	Valores individuales de IRI @ 50 m		
	Valor Mínimo (m/km)	Valor Máximo (m/km)	Valor Promedio (m/km)
Sabalito-Las Mellizas	1,9	7,4	3,4
Las Mellizas-Sabalito	1,8	8,1	3,3
Promedio	1,9	7,8	3,4

Mientras que, realizando una comparación con los valores de IRI obtenidos en el análisis realizado en el informe LM-AT-159-10 de diciembre de 2010, se presenta en la Tabla 16 el porcentaje de deterioro de la regularidad superficial, para ambos sentidos en 2017 con respecto al año 2010, utilizando una base de medición de 50 m.

Tabla 16. Porcentaje de deterioro del IRI obtenido cada 50 m con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10 del año 2010.

Sentido	Porcentaje de deterioro de IRI @ 50 m		
	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
Sabalito-Las Mellizas	7,7%	21,9%	3,2%
Las Mellizas-Sabalito	4,1%	8,3%	3,6%

Se puede observar en la Tabla 16, que los valores de IRI promedio obtenidos cada 50 m, aumentaron en el 2017 con respecto al 2010 alrededor de un 3,2% en el sentido Sabalito-Las Mellizas, mientras que un 3,6% en sentido contrario, por lo que se mantiene la tendencia en el aumento de los valores promedio de IRI, los cuales arrojan prácticamente los mismos valores porcentuales al considerar diferentes bases de medición. Además, el mayor aumento porcentual se dio para el valor máximo de IRI en el sentido Sabalito-Las Mellizas, el cual fue de alrededor un 22%.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 34 de 49
-------------------------	---------------	-----------------

Resultados de IRI con base de medición de 10 m:

La medición del IRI en intervalos de 10 m resulta útil para la detección de zonas específicas con altas irregularidades, que de otra forma serían muy difícil de identificar, debido a que al utilizar bases de medición mayores, el impacto de estos puntos se minimiza con respecto al valor obtenido para el tramo en general. Del análisis realizado en ambos sentidos de la sección en estudio, se obtuvieron los valores de IRI, resumidos en la Tabla 17, en la cual se identifican los valores mínimos, máximos y promedio del total de tramos de 10 m evaluados a lo largo del proyecto.

Tabla 17. Valores individuales (mínimo, máximo y promedio) de IRI obtenidos cada 10 m, para la sección en estudio. Año 2017.

Sentido	Valores individuales de IRI @ 10 m		
	Valor Mínimo (m/km)	Valor Máximo (m/km)	Valor Promedio (m/km)
Sabalito-Las Mellizas	1,2	14,5	3,4
Las Mellizas-Sabalito	1,1	15,3	3,3
Promedio	1,2	14,9	3,4

Mientras que, realizando una comparación con los valores de IRI obtenidos en el análisis realizado en el informe LM-AT-159-10 de diciembre de 2010, se presenta en la Tabla 18 el porcentaje de deterioro de la regularidad superficial, para ambos sentidos en 2017 con respecto al año 2010, utilizando una base de medición de 10 m.

Tabla 18. Porcentaje de deterioro del IRI obtenido cada 10 m con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10 del año 2010.

Sentido	Porcentaje de deterioro de IRI @ 10 m		
	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Promedio
Sabalito-Las Mellizas	9,1%	83,7%	3,1%
Las Mellizas-Sabalito	0,0%	56,0%	3,6%

Se puede observar en la Tabla 18, que los valores de IRI promedio obtenidos cada 10 m, aumentaron en el 2017 con respecto al 2010 alrededor de un 3,1% en el sentido Sabalito-Las Mellizas, mientras que un 3,6% en sentido contrario. Sin embargo, se tiene un aumento significativo en cuanto a los valores máximos de IRI encontrados en ambos sentidos, los cuales corresponden a un 83,7% y 56%, dichos porcentajes se encuentran relacionados con los valores de 14,5 m/km y 15,3 m/km de la Tabla 17 y es posible ubicarlos en los estacionamientos 21+670 m y 0+010 m, en ambos sentidos.



Por lo que finalmente, es posible observar que los porcentajes de aumento de los valores promedio de IRI para ambos sentidos y para las 4 diferentes bases de medición con las cuales se realizó el análisis, se encuentran entre un 3,1% y 3,7%. Esto significa que en el año 2017 se obtuvieron valores de IRI mínimos y promedio, que en general, se mantienen muy similares a los del año 2010, esto debido a que la comportamiento de este parámetro es relativamente estable.

Al observar los resultados obtenidos, se obtuvo en promedio un valor de IRI de 3,4 m/km en la sección de la ruta en estudio. Mientras que con respecto a los valores máximos de IRI, se observó una tendencia de crecimiento mucho mayor, lo cual indica que existen zonas puntuales que presentan una irregularidad mayor a la reportada en el año 2010, con valores muy altos de IRI. Este efecto es detectado con mayor facilidad al observar los porcentajes de deterioro del IRI a cada 10 m; sin embargo, es posible verificar esta tendencia de aumento en las otras 3 bases de medición también, solo que de una forma menos significativa.

Por lo que llama la atención de esta Auditoría Técnica la existencia de zonas puntuales, donde el aumento del valor del IRI se pueda relacionar con deterioros de la carpeta asfáltica, como los estacionamientos 15+200, 24+000 aproximadamente, donde se encuentran deslizamientos.

El informe LM-PI-UMP-10-R1 de la Unidad de Materiales y Pavimentos de PITRA-LanammeUCR, expone la calibración de un modelo de serviciabilidad de pavimentos flexibles de AASHTO para Costa Rica, el objetivo de dicha investigación fue determinar la relación que existe entre los parámetros subjetivos (percepción humana) de serviciabilidad de un pavimento y los parámetros objetivos (IRI) para Costa Rica, utilizando la metodología de la AASHTO (Ver Figura 7).

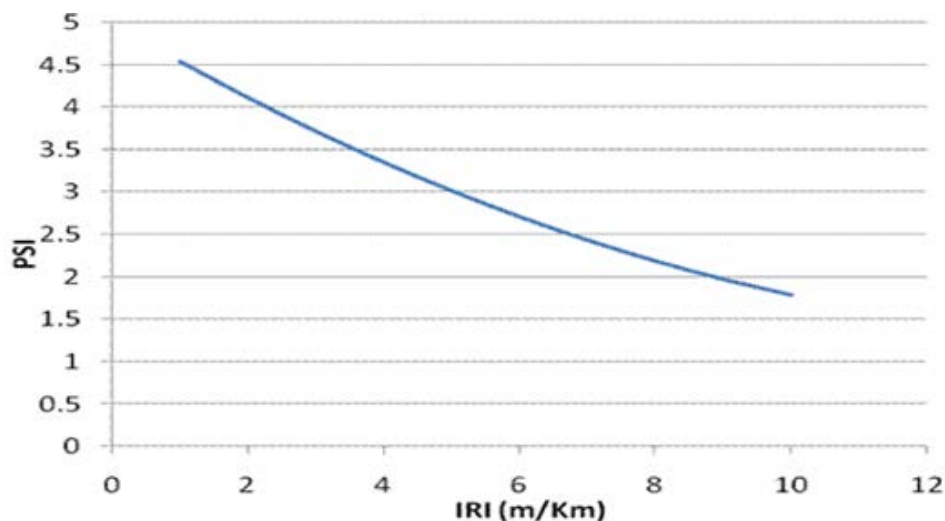


Figura 7. Modelo de PSI en función del IRI desarrollado

$$PSI_{CR} = 0,015 IRI^2 - 0,470 IRI + 4,989$$

Fuente: UMP-Pitra LanammeUCR, 2013

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 36 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



De acuerdo a los datos de IRI reportados en la Tabla 19, cuya unidad de medición es cada 200m en concordancia con la unidad de medición utilizada en el desarrollo de esta investigación y utilizando los datos promedios por sentido de circulación, se puede estimar que la percepción de la serviciabilidad del proyecto Sabalito-Las Mellizas no presentó un cambio de nivel.

Tabla 19. Porcentaje de PSI obtenido con respecto a los valores reportados en el informe LM-AT-159-10. Año 2010.

Sentido	Valor Promedio	
	IRI (m/km)	PSI %
Sabalito-Las Mellizas	3,2%	3,6
Las Mellizas-Sabalito	3,7%	3,4

Tabla 20. Valores de PSI, para la sección en estudio. Año 2017

Sentido	Valor Promedio	
	IRI (m/km)	PSI %
Sabalito-Las Mellizas	3,4	3,5
Las Mellizas-Sabalito	3,3	3,6

Lo que significa que la percepción del usuario se mantuvo de la condición inicial en el año 2011 a la fecha de medición en el año 2017. Esto es importante de mencionar ya que el IRI es un parámetro que permite no solo determinar la condición superficial de los usuarios y el confort de la misma, sino también el desempeño funcional de la vía. De acuerdo a la siguiente tabla (ver Tabla 21), se puede clasificar el proyecto en una condición "Buena". Esta tabla relaciona el PSR o índice de serviciabilidad, el cual deriva en el PSI o índice de serviciabilidad presente que es una combinación matemática de valores obtenidos en campo para predecir el PSR de los pavimentos.

Tabla 21. Calsificación del índice de serviciabilidad

Indice de Serviciabilidad PSR	Clasificación
5-4	Muy Buena
4-3	Buena
3-2	Regular
2-1	Mala
1-0	Muy Mala

Fuente: LM-PI-UMP-10-R1, AASHTO-1993

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 37 de 49
-------------------------	---------------	-----------------

10.3 SOBRE LA CONDICIÓN DE FRICCIÓN DEL PROYECTO

El análisis presentado a continuación tiene como objetivo evaluar la fricción del proyecto Sabalito-Las Mellizas. Este parámetro no está incluido dentro de las especificaciones contractuales del proyecto, no obstante, se suministran los resultados a la Administración para que los valore durante la ejecución del proyecto.

La fricción que se produce entre la llanta y el pavimento garantiza el agarre del vehículo y por ende, está relacionado con la seguridad vial de los usuarios. El coeficiente de fricción o Grip Number es medido y clasificado por el LanammeUCR en las evaluaciones bienales de la Red Vial Nacional (RVN) y en la evaluación de proyectos de las Gerencias de Construcción y Conservación Vial de CONAVI de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 3, donde se establece la descripción de acuerdo al tipo de vía del nivel de alerta para el valor mínimo de coeficiente de fricción de acuerdo al fabricante del equipo. Por las características del proyecto se utilizará la clasificación de calzada única con un límite de 0,54.

Observación 4. El coeficiente de fricción del proyecto Sabalito-Las Mellizas en ambos sentidos de circulación, se encuentra aproximadamente 40% por debajo del valor mínimo recomendado por la especificación IT-LC-02 (BS: 7941-2)

Como parte de la fiscalización y un seguimiento del desempeño del proyecto por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se midió la condición de fricción en la superficie del pavimento. La medición se realizó el día 15 de marzo del 2017 en 23 km de la Ruta Nacional No 613, mediante el equipo *Grip Tester* del LanammeUCR. Los resultados de esa medición se muestran en la siguiente Figura 7 para el sentido Sabalito-Las Mellizas y en la Figura 8 en el sentido de circulación de Las Mellizas-Sabalito. En ambas figuras también se puede observar el valor límite recomendado de 0,54 de acuerdo a la Tabla 18.

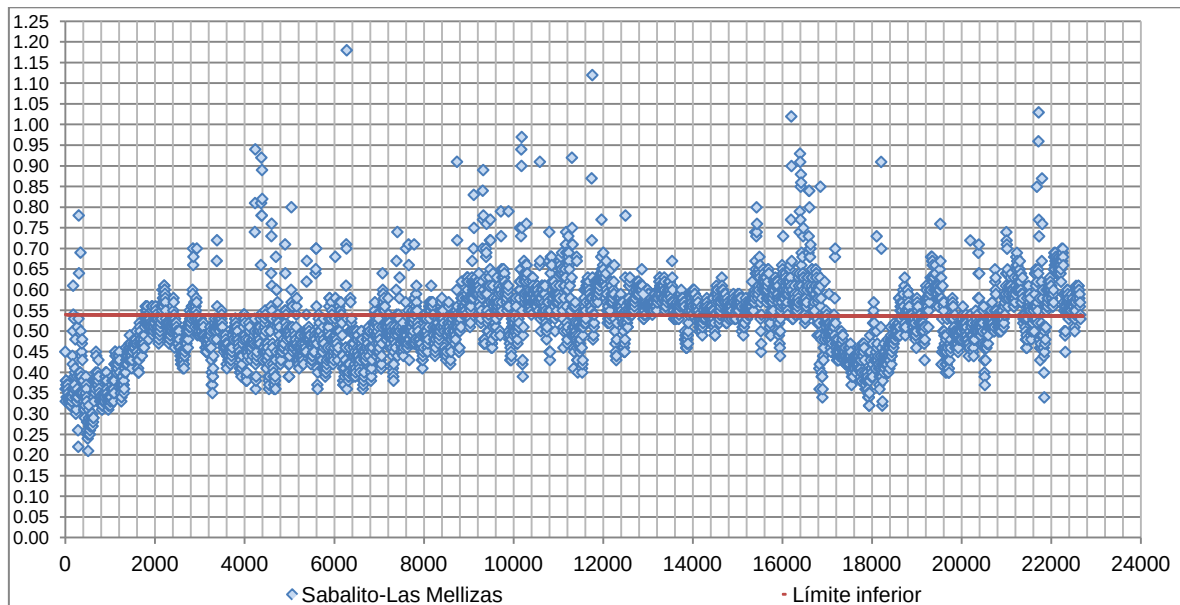


Figura 8. Variación del Coeficiente de Fricción en el sentido Sabalito-Las Mellizas. Fecha de medición: 15/03/2017. Fuente: Informe de ensayo I-0394-17.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 38 de 49
-------------------------	---------------	-----------------

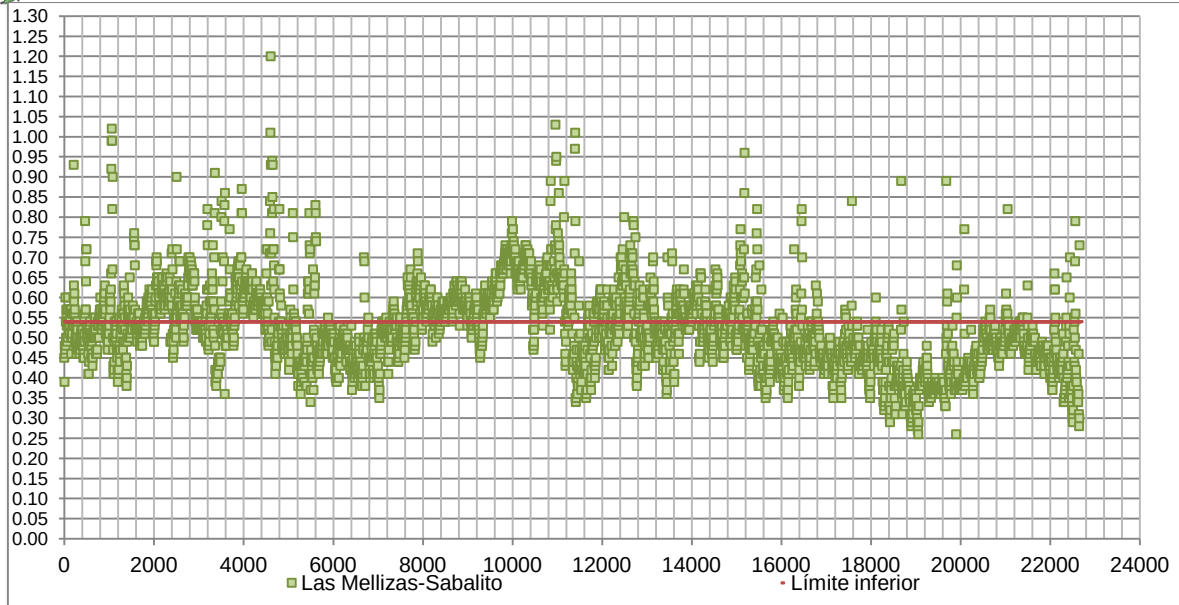


Figura 9. Variación del Coeficiente de Fricción en el sentido Las Mellizas- Sabalito. Fecha de medición: 15/03/2017. Fuente: Informe de ensayo I-0394-17.

De acuerdo con esta clasificación los pavimentos con valores de *Grip Number* por debajo de 0,54 presentarían una baja resistencia a la fricción y la condición deslizante representa un alto riesgo para la seguridad de los usuarios.

Como se puede apreciar en las figuras anteriores (Figuras 7 y 8) un alto porcentaje de los datos se encuentra por debajo del valor recomendado. En el caso del sentido Sabalito-Las Mellizas aproximadamente un 44,0% de los datos se encuentra por debajo del valor de *Grip Number* 0,54 recomendado. El escenario es muy similar en el caso del sentido Las Mellizas-Sabalito donde se observa que un 39,5% de los datos se encuentran por debajo de ese valor.

La resistencia al deslizamiento sobre el pavimento, es decir la fricción entre las llantas del vehículo y la superficie de la calzada, se ve comprometida por esta condición. Esta condición incide negativamente en aspectos de seguridad vial como la distancia de frenado e hidroplaneo (derrapes) lo cual es evidentemente un peligro para los usuarios de la vía. Por otra parte, cabe destacar que este proyecto fue ejecutado durante la vigencia del Decreto Ejecutivo No. 33148-MOPT publicado en la Gaceta No. 100, del jueves 25 de Mayo de 2006 (derogado a través del Decreto Ejecutivo N° 40632 vigente a partir del 18 de octubre de 2017) y que mantiene la obligación de incorporar el componente de seguridad vial en todas las labores de planificación y construcción de obras viales y su eventual conservación, mejoramiento y/o rehabilitación. El referido decreto N° 33148-MOPT disponía:

“1° Que las infraestructuras de vialidad y del transporte, léase las carreteras contribuyen de manera trascendente en el desarrollo global del país y en su integración con el istmo, en los ámbitos económico, social, turístico y cultural, determinando finalmente la calidad de vida del ciudadano. De ahí que las autoridades involucradas en la materia, deben constituirse en garantes del derecho de movilidad y

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 39 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



libertad de tránsito, en las mejores condiciones de seguridad y comodidad en aras de lograr el objetivo...”

Asimismo, el Decreto Ejecutivo mencionado indicaba, textualmente:

“Artículo 1º - En todas las labores de planificación y construcción de obras viales o programas de transporte y su eventual conservación, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, mejoramiento y/o rehabilitación que realiza el Consejo Nacional de Vialidad, se deberá considerar e incorporar el componente de seguridad vial, considerando a todos los posibles usuarios de la vialidad de previo a su ejecución...”¹

Por lo tanto, siendo la condición de la superficie un factor del componente de la seguridad vial, es deber de la Administración velar por el control de la misma con el propósito de garantizar la seguridad de los usuarios de las carreteras y cumplir con el decreto ejecutivo vigente en su momento DE-33148-MOPT, obligación que se mantiene en el decreto ejecutivo 40632-MOPT vigente a la fecha de emisión de este informe.

Por otra parte, es criterio de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR que la condición alcanzada en términos del coeficiente de fricción por la superficie del pavimento en el proyecto, se considera una condición que debe ser resuelta con el objetivo de disminuir el riesgo de accidentes en la vía.

10.4 SOBRE EL ANÁLISIS DE DEFLEXIONES

Este análisis tiene como objetivo principal dar seguimiento a la evaluación de capacidad estructural de la estructura de pavimento colocada en la ruta nacional 613 en el tramo entre los poblados de Sabalito y Las Mellizas. Para esto se realizaron pruebas de deflectometría de impacto (FWD), las cuales establecen las deflexiones teóricas de referencia en cada tramo analizado. Estas pruebas fueron efectuadas en el mes de abril del año 2017.

Se realizó la prueba de deflectometría cada 50 m con una carga de 40 kN en cada sentido de circulación. En la siguiente figura se muestra el tramo evaluado de la ruta. La metodología del ensayo consistió en dos ensayos con una carga de 40 kN cada uno avanzando cada 25 m en forma de zig-zag.

El sentido Sabalito – Las Mellizas se dividió en tres tramos y el sentido contrario se dividió en dos tramos, sin embargo, se consideran como un solo tramo por sentido debido a que son continuos y no existen diferencias de estructura de pavimento entre ellos.

¹ Cabe destacar que esta obligación se mantiene en el art. 1 del Decreto Ejecutivo N° 40632-MOPT, en el tanto dispone: **“Artículo 1.- Objeto.** *El presente decreto tiene por objeto que, de previo a toda planificación y construcción de obras viales y su eventual conservación, mejoramiento, y/o rehabilitación _que realiza el Consejo Nacional de Vialidad, se deberán incorporar en forma integral componentes de infraestructura y otras medidas complementarias para la seguridad vial de la obra, considerando a todos los posibles usuarios de la vialidad de previo a su ejecución. [...]*”

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 40 de 49
-------------------------	---------------	-----------------

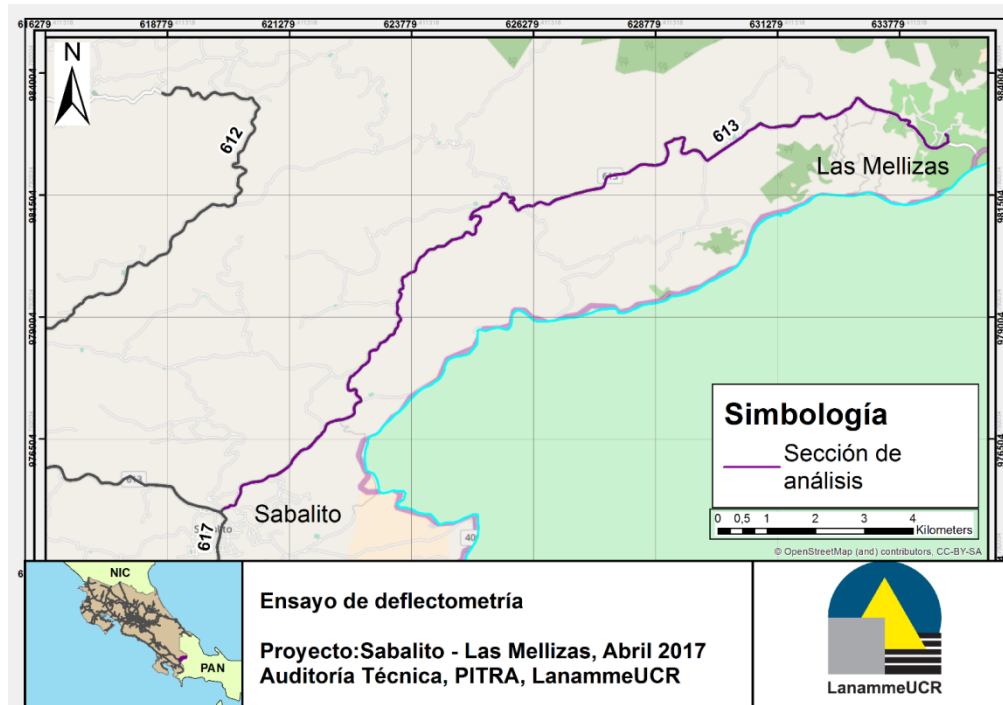


Figura 10. Sección de análisis de deflectometría, proyecto Sabalito-Las Mellizas

La estructura del pavimento diseñada para este proyecto está compuesta por cuatro capas: cinco (5) centímetros de mezcla asfáltica, veinte (20) centímetros de base estabilizada con cemento con resistencia a la compresión promedio de 30 kg/cm² (BE-25), treinta (30) centímetros de sub base granular (SBG) y veinte (20) centímetros de material de préstamo (P) todo esto sobre la subrasante (SR), tal como se muestra en la Figura 11.

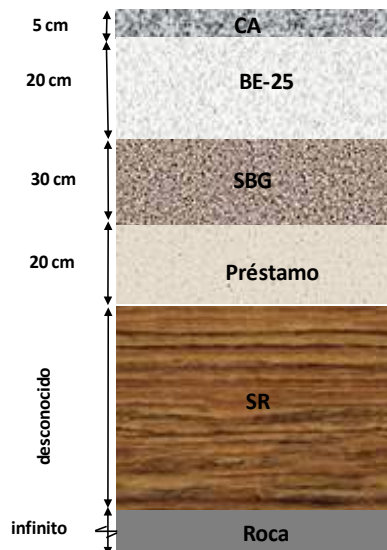


Figura 11. Estructura de pavimento en el sitio



A continuación se realiza el análisis de las deflexiones reportadas por el ensayo de FWD y se comparan con los datos de la evaluación de la red vial nacional para determinar el comportamiento de los datos obtenidos.

Antes de analizar los datos obtenidos del ensayo de deflectometría es necesario normalizar a una presión estándar ejercida por el plato de 30 cm de diámetro con una fuerza de 40 kN. Una vez normalizados los datos se deben corregir por efecto de la temperatura sobre la mezcla asfáltica.

La metodología seguida para la corrección de los datos de deflexión fue la que sigue la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN). Para esta metodología se necesita conocer la temperatura media anual de la zona de estudio según la clasificación hecha por Orozco (2007) y el espesor de la mezcla asfáltica colocada. En este caso la ruta se encuentra en la zona denominada Valle del General (VG) donde la temperatura media es de 24° C y el espesor de diseño es de 5 cm.

Observación 5. El valor de las deflexiones obtenidas a través del ensayo de deflectometría de impacto (FWD) para ambos sentidos de circulación del proyecto Sabalito-Las Mellizas se encuentran en la categoría de deflexiones menores de acuerdo a los rangos establecidos por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, PITRA-LanammeUCR

Se utilizan los parámetros establecidos por la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR para clasificar las deflexiones medidas según el tránsito promedio diario en categorías de deflexión. La Tabla 23 presenta los rangos para cada categoría. En este caso la ruta tiene un TPD menor que 5000 vehículos diarios.

Tabla 22. Rangos de deflexión según TPD

Tránsito promedio diario (TPD) / Categoría de deflexión	< 5000 vehículos	5000 – 15000 vehículos	15000 – 40000 vehículos	Especiales
Bajas	< 76,5	< 70,8	< 59,2	< 48,5
Moderadas	76,5 – 88,5	70,8 – 83,3	59,2 – 64,4	48,5 – 57,6
Altas	88,5 – 115,7	83,3 – 112,9	64,4 – 95,2	57,6 – 80,8
Muy altas	> 115,7	> 112,9	> 95,2	> 80,8

Fuente: Barrantes-Jiménez, Sibaja-Obando, & Porras-Alvarado, 2008

A partir de los datos de deflexiones se generan histogramas que representen los rangos de deflexiones donde se muestra cómo se distribuye la frecuencia de los datos. Tal como se muestra en las siguientes figuras, únicamente uno de los datos registrados se encuentra por encima del límite de deflexiones bajas para el nivel de tráfico en la ruta y en la mayoría de los datos se encuentra dentro del rango de deflexiones de casos especiales para altos volúmenes vehiculares con altos porcentajes de pesados.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 42 de 49
-------------------------	---------------	-----------------

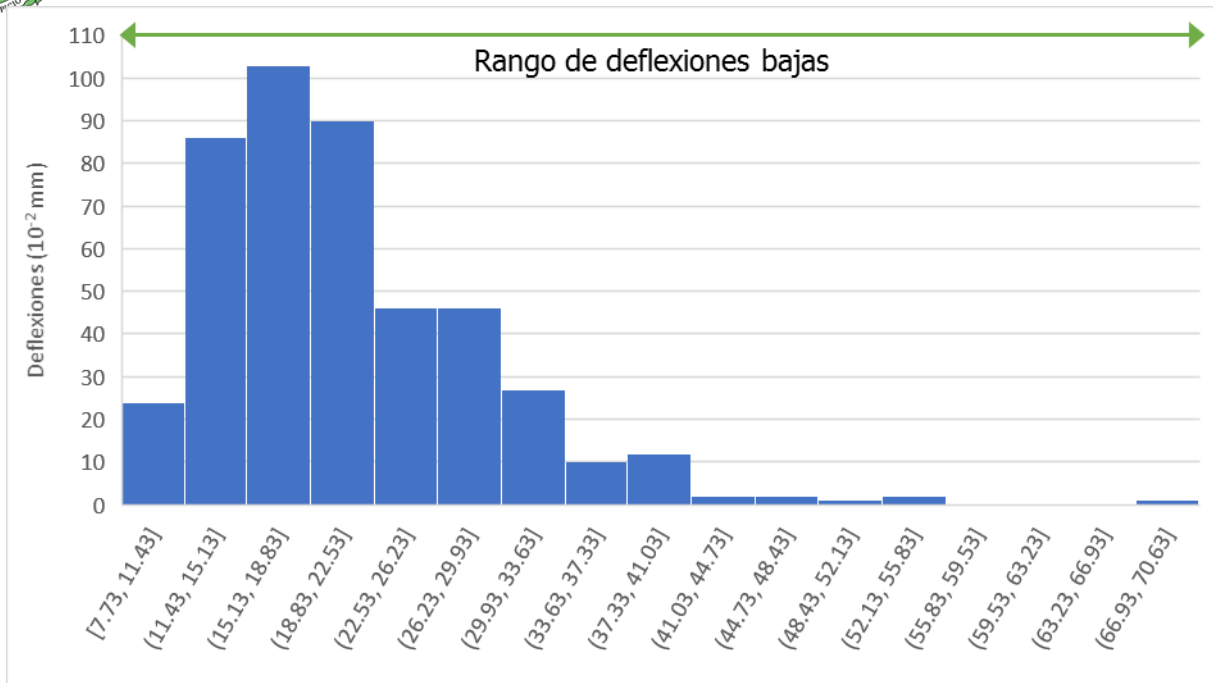


Figura 12. Histograma de deflexiones sentido Sabalito – Las Mellizas

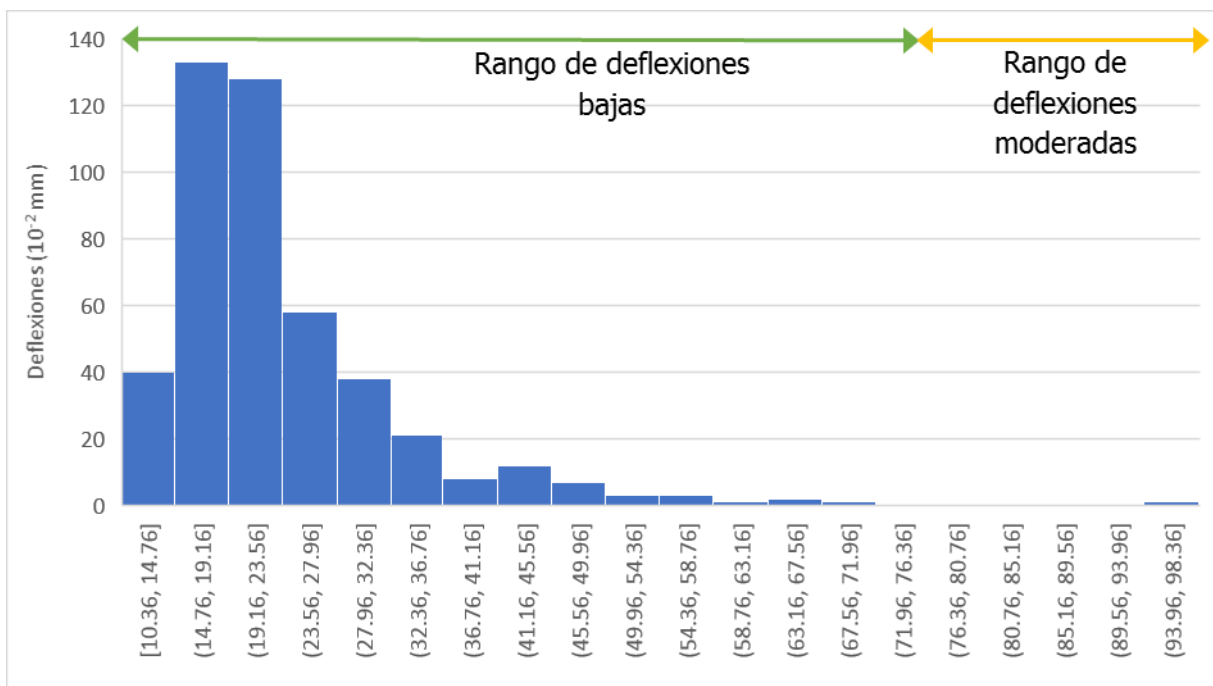


Figura 13. Histograma de deflexiones sentido Las Mellizas – Sabalito

Dos tercios de las deflexiones en el sentido Sabalito – Las Mellizas tienen una magnitud menor que un tercio del límite de deflexiones bajas y en el 95% de los puntos se midieron

deflexiones menores a la mitad del límite de aceptación. En el sentido Las Mellizas – Sabalito únicamente un dato se encuentra fuera del límite de deflexiones bajas, mientras que más del 70% de las deflexiones medidas son menores que un tercio de este valor límite.

Si se grafican las deflexiones medidas a lo largo del corredor se observa que los valores siguen una tendencia similar en ambos sentidos de circulación (ver Figura 14).

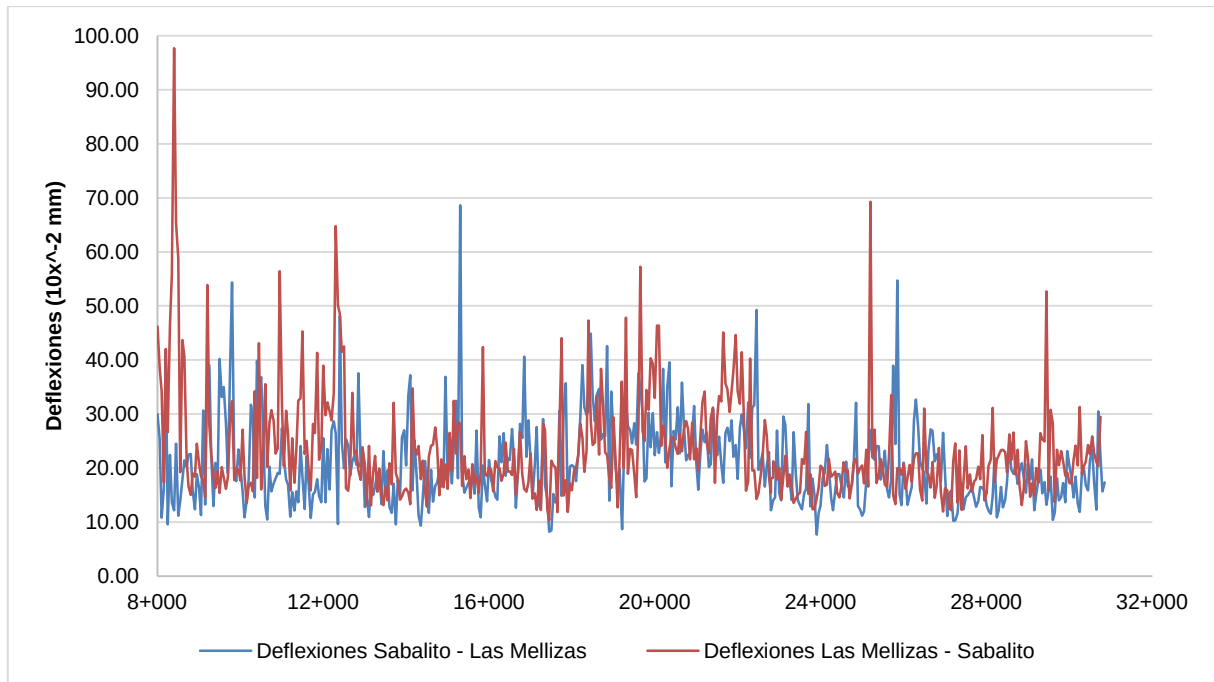


Figura 14. Comparación de deflexiones a lo largo del tramo de estudio para ambos sentidos de circulación en el proyecto Sabalito-Las Mellizas.

Comparación de deflexiones mediciones realizadas en el 2011, 2015-2016 y 2017.

Se observa en la Figura 15 que las deflexiones medidas en el ensayo de deflectometría de impacto de abril de 2017 coinciden en su distribución y magnitud con las deflexiones que se midieron para la Evaluación de la Red Vial Nacional del periodo 2015 – 2016, mientras que los datos del año 2011 tienen una magnitud promedio del doble y distribución espacial.

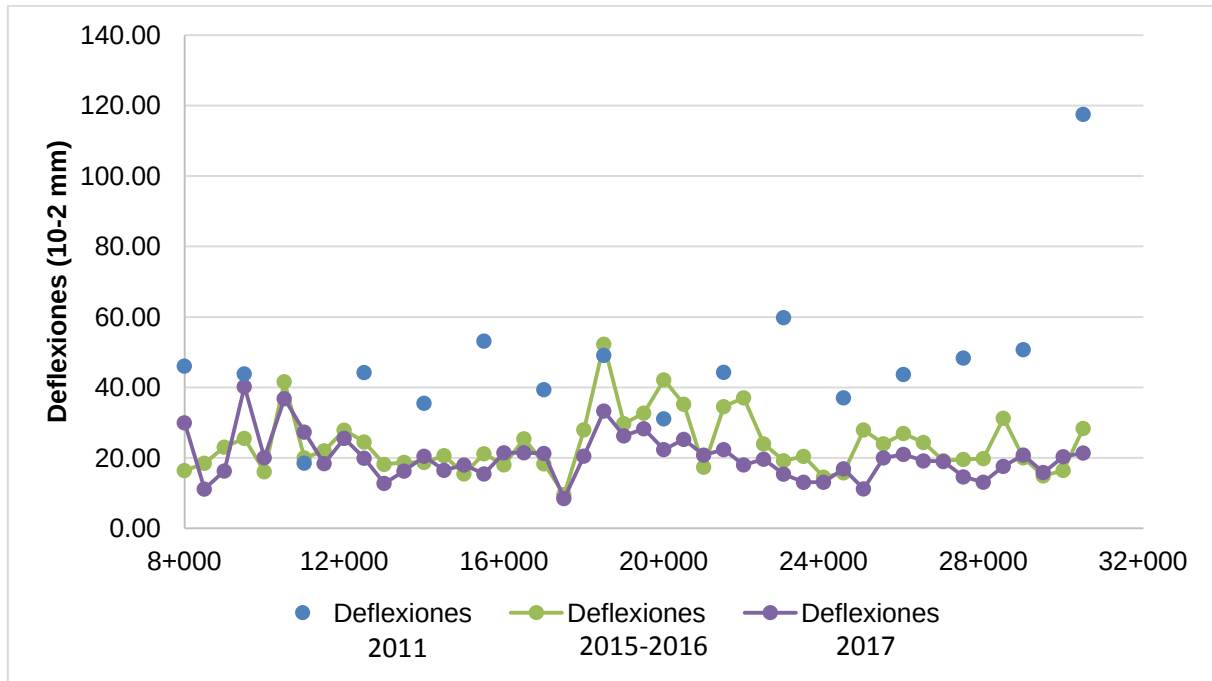


Figura 15. Comparación de deflexiones medidas en diferentes periodos en el proyecto Sabalito-Las Mellizas.

Las deflexiones medidas en abril de 2017 indican que la capacidad estructural del pavimento se puede clasificar como buena, ya que la mayoría de las deflexiones obtenidas del ensayo de deflectometría de impacto son menores a un tercio del rango de valores bajos definido por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del PITRA-LanammeUCR.

La comparación de los datos de 2017 con los medidos en 2011 y los datos de la ERVN indican que se presenta un comportamiento atípico, al esperarse que conforme avanza el tiempo las deflexiones del pavimento deberían de aumentar, esto podría ser producto de la ganancia de resistencia de la base estabilizada con cemento con el transcurso del tiempo.

11. CONCLUSIONES

Sobre el Estado del Proyecto

El proyecto actualmente presenta una condición de desprendimiento de agregado en la mezcla de forma generalizada, además zonas especiales con deterioros importantes, como deslizamientos donde ya se vio afectada la capacidad estructural y hasta la transitabilidad producto de inestabilidad de los taludes evidencia una condición deteriorada del proyecto. Este tipo de deterioros fueron evidenciados desde el año 2010 y 2011 en informe de Auditoría Técnica.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 45 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



A partir de la aplicación de la metodología para el cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI) para el proyecto Ruta Nacional N° 613, Sección Sabalito-Las Mellizas, se obtuvo un PCI global de 70, lo que lo clasifica en estado “Malo” de acuerdo a MAV-2014.

Sobre el Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Los valores de IRI promedio obtenidos cada 200, 100, 50 y 10 m, aumentaron en el 2017 con respecto al 2010. Para el análisis realizado a 200m los datos aumentaron alrededor de un 3,2% en el sentido Sabalito-Las Mellizas, mientras que un 3,7% en sentido contrario. Para los valores cada 100m, aumentaron alrededor de un 3,4% en el sentido Sabalito-Las Mellizas, mientras que un 3,7% en sentido contrario. En el estudio realizado a 50m aumentaron alrededor de un 3,2% en el sentido Sabalito-Las Mellizas, mientras que un 3,6% en sentido contrario y por último para el caso de 10m aumentaron alrededor de un 3,1% en el sentido Sabalito-Las Mellizas, mientras que un 3,6% en sentido contrario.

En general al comparar los datos de ambos periodos de medición, se observó una tendencia de crecimiento, lo cual indica que existen zonas puntuales que presentan una irregularidad mayor a la reportada en el año 2010, con valores considerablemente altos de IRI. Este efecto es detectado con mayor facilidad al observar los porcentajes de deterioro del IRI a cada 10 m; sin embargo, es posible verificar esta tendencia de aumento en las otras 3 bases de medición también, solo que de una forma menos significativa.

Sobre la condición de fricción del proyecto

Para ambos sentidos de circulación el coeficiente de fricción Grip Number se encuentra aproximadamente 40% por debajo del valor mínimo recomendado de 0,54 por la especificación IT-LC-02 (BS: 7941-2) por lo que la resistencia al deslizamiento sobre el pavimento, es decir la fricción entre las llantas del vehículo y la superficie de la calzada, se ve comprometida por esta condición, la cual incide negativamente en aspectos de seguridad vial como la distancia de frenado e hidroplaneo (derrapes) lo cual es evidentemente un peligro para los usuarios de la vía.

Sobres las deflexiones del proyecto

Las deflexiones medidas en el año 2017 indican que la capacidad estructural del pavimento se puede clasificar como buena, ya que la mayoría de las deflexiones obtenidas del ensayo de deflectometría de impacto son menores a un tercio del rango de valores bajos definido por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del PITRA-LanammeUCR.

12. RECOMENDACIONES

A la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes de CONAVI

- Valorar la posibilidad de incluir en este y en futuros proyectos ensayos no tradicionales tales como: Índice de Regularidad Superficial (IRI) Deflectometría de Impacto (FWD) y

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 46 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



fricción (GRIP) como parámetros de aceptación con el objetivo de garantizar obras de mejor calidad y más durables, así como un uso eficiente de la inversión.

- Valorar la inclusión dentro de los ensayos de verificación de calidad ensayos no destructivos tales como el Deflectómetro de Impacto (FWD), los cuales proporcionan resultados confiables sobre la calidad de los materiales y procesos constructivos. Al utilizarse en conjunto con los ensayos tradicionales de control de calidad y como parámetro de aceptación se podría garantizar de forma más eficiente una obra vial con un desempeño satisfactorio durante su vida útil.

A la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI

- Velar por el estado de la superficie de rueda y la condición de fricción del pavimento con el propósito de garantizar la seguridad de los usuarios de las carreteras y cumplir con el decreto ejecutivo vigente DE- 40632-MOPT (que derogó y sustituye el decreto DE-33148-MOPT).
- En el proyecto se observaron condiciones de deterioro severas a nivel de deslizamientos y problemas de estabilidad de taludes que afectan el paso seguro por la vía y la estructura progresivamente. No se han observado hasta la fecha de emisión de este informe soluciones a estos problemas, lo cual incrementa la vulnerabilidad en estos sitios, por lo que se le recomienda a la Administración velar por que por la implementación de intervenciones para conservar de manera óptima el proyecto tanto a nivel funcional como estructural.

A la Dirección Ejecutiva y el Consejo Administrativo de CONAVI:

- En vista de las observaciones realizadas en relación con las secciones identificadas con deterioros en este proyecto, mantener la observancia de lo establecido en el artículo 61 de la Ley de Contratación Administrativa que dispone: *“Recibo de la obra. La Administración recibirá oficialmente las obras, después de contar con los estudios técnicos que acrediten el cumplimiento de los términos de la contratación, lo cual hará constar en el expediente respectivo, sin perjuicio de las responsabilidades correspondientes a las partes, sus funcionarios o empleados, o a las empresas consultoras o inspectoras. [...]”*; disposición que es reiterada en el artículo 159 del Reglamento a la Ley de Contratación Administrativa (RLCA) que establece: *“[...] La Administración solo podrá recibir definitivamente la obra, después de contar con los estudios técnicos que acrediten el cumplimiento de los términos de la contratación, sin perjuicio de las responsabilidades correspondientes a las partes en general y en particular las que se originen en vicios ocultos de la obra. Dicho estudio formará parte del expediente, lo mismo que el acta a que se refiere el presente artículo. [...] La recepción definitiva de la obra no exime de responsabilidad al contratista por incumplimientos o vicios ocultos de la obra”*
- Una vez recibido el proyecto, velar por la protección de la inversión realizada en el proyecto Sabalito-Las Mellizas, estableciendo las directrices correspondientes para aplicar las medidas correctivas y preventivas que requiere esta ruta en las zonas vulnerables identificadas, además de las necesidades de mantenimiento vial que requerirá a futuro.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 47 de 49
-------------------------	---------------	-----------------



EQUIPO AUDITOR

Preparado por:
Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo
Auditora Técnica

Preparado por:
Ing. Mauricio Salas Chaves
Auditor Técnico

Aprobado por:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Coordinadora Unidad de Auditoría
Técnica PITRA

Aprobado por:
Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D.
Coordinador General PITRA

Visto Bueno de Legalidad:
Lic. Miguel Chacón Alvarado
Asesor Legal Externo
LanammeUCR



13. REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, D.C.
- Arce, M. (2011). Boletín Técnico PITRA *Bases estabilizadas con cemento. Algunos comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes* Vol 2 N° 19. San José, Costa Rica.
- Arias Barrantes, E. (2014). *Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios Mecánico - Empíricos*. Publicación Especial, LanammeUCR, Unidad de Gestión Municipal, San Pedro, Montes de Oca.
- Arriola Guzmán, R.; Hidalgo Arroyo, A. (2012). *LM-PI-AT-158-11: Evaluación del desempeño estructural del proyecto: "Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 613. Sección Sabalito-Las Mellizas"* Licitación Pública No. 2008LN-000001-DI. LanammeUCR, Unidad de Auditoría Técnica-PITRA, San Pedro, Montes de Oca.
- Barrantes Jiménez, R., & Sanabria Sandino, J. (2015). *Informe De Evaluación De La Red Vial Nacional Pavimentada De Costa Rica, Años 2014 -2015*. LanammeUCR, Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, San Pedro de Montes de Oca.
- Dynatest. (2015, Agosto). *Evaluation of Layer Moduli and Overlay Desing*. 106. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.
- Flintsch, G. W., McGhee, K. K., de León Izeppi, E., & Najafi, S. (2012). *The Little Book of Pavement Friction*. Pavement Surface Properties Consortium.
- Halsted, G., Luhr, D., & Adaska, W. (2006). *Guide to Cement-Treated Base (CTB)*. Illinois: PCA.
- Herrera, E (2011). Boletín Técnico PITRA. *Fatiga en bases estabilizadas*. Vol 2 N° 21. San José, Costa Rica.
- Instituto Mexicano del Transporte (2010). (2010). *Mejoramiento de la resistencia al deslizamiento por medio de mezclas de agregado*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección Nacional de Vialidad.
- Masad, E., Arash, R., Arif, C., & Harris, P. (2009). *Predeciting asphalt mixture skid resistance based on aggregate characteritics*, Report No. 05627-1. Texas Transportation Institute.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Consejo Nacional de Vialidad (2002). *Manual de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica MC-2002*.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección Nacional de Vialidad (1977). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica CR-77*.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección Nacional de Vialidad (2010). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica CR-2010*.
- National Cooperative Highway Research Program. (2004). *Guide for Mechanistic - Empirical Design Guide of New and Rehabilitated Pavement Structures*. National Research Council, Transportation Research Program, Illinois.
- Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA). (2008). *Informe UI-03-08, Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo de IRI*. LANAMMEUCR, Unidad de Materiales y Pavimentos, San Pedro, Montes de Oca.
- Publicación técnica. (2012). *"Experiencia costarricense en diseño, aseguramiento de la calidad y construcción de bases estabilizadas con cemento"*. Volumen 1, Número 1, PITRA-LanammeUCR. Montes de Oca.
- Avila, T and Badilla, G. (2013). *"Calibración del modelo de serviciabilidad de pavimentos flexibles de AASHTO para Costa Rica"* LanammeUCR, Unidad de Materiales y Pavimentos-PITRA LanammeUCR, San Pedro, Montes de Oca.

Informe LM-PI-AT-142-17	enero de 2018	Página 49 de 49
-------------------------	---------------	-----------------