

**INFORME
AUDITORÍA TÉCNICA
LM-AT-215-09**

**Evaluación de Regularidad Superficial (IRI)
y auscultación visual del pavimento
Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 211
Sección: San Francisco-La Colina**

Licitación Pública No. 2006LN-000046-DI

NOVIEMBRE 2009

ÍNDICE GENERAL

Ficha técnica del proyecto	3
1. Introducción	4
2. Antecedentes	6
3. Metodología	7
4. Audiencia a la parte auditada para análisis del informe preliminar LM-AT-215B-09	9
5. Observaciones	10
5.1. Sobre los resultados del ensayo del índice de regularidad superficial IRI realizado por el LanammeUCR	10
5.1.1 Resultados de IRI con base de medición de 200 m	12
5.1.2 Resultados de IRI con base de medición de 100 m	14
5.1.3 Resultados de IRI con base de medición de 50 m	16
5.1.4 Resultados de IRI con base de medición de 10 m	18
5.2. Sobre los defectos superficiales prematuros en las losas de concreto	23
a. Juntas de losas	24
b. Agrietamiento en las esquinas	25
c. Grietas transversales a lo largo de la losa	26
d. Zonas con agua estancada	28
5.3 Sobre aspectos que afectan la seguridad vial de la ruta	28
6. Conclusiones	30
7. Recomendaciones	31
8. Comentario final	32
Anexo 1: Informe de resultados de IRI	
Anexo 2: Deterioros encontrados en el proyecto San Francisco-La Colina	

INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA

**Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 211 Sección: Intersección Ruta Nacional No. 204- Intersección Ruta Nacional No. 210 (San Francisco-La Colina)
Licitación Pública 2006-LN-000046DI.**

Departamento encargado del proyecto: Dirección de Obras, CONAVI

Monto original del contrato: ₡ 1,639,687, 303.00

Plazo original de ejecución: 270 días efectivos según se define en el apartado 6 de la Licitación 2006LN-000046DI

Longitud del proyecto: 1,715 Km. (un kilómetro y setecientos quince metros)

Coordinadora de Auditoría Técnica:

- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.

Audidores:

- Ing. Raquel Arriola Guzmán
- Ing. Mauricio Salas Chaves
- Ana Hidalgo Arroyo, Asistente de Ingeniería

Asesor Legal externo:

- Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

- Evaluación de Índice de Regularidad Superficial (IRI)
- Observaciones sobre la calidad de la superficie de ruedo y otros aspectos de seguridad vial.

Referencias:

- Fecha gira preauditoría: 8 de julio 2009
- Fecha de evaluación del IRI: 27 de agosto 2009 (medición nocturna)
- Fecha de gira para levantamiento de singularidades y deterioros: 28 de agosto 2009
- Visita conjunta con el Ing. Carlos Pereira, Renato Sudasassi por parte del CONAVI y el Ing. Alvaro Aguilar por parte de Holcim, el día 21 de octubre 2009

Ubicación de la ruta auditada:

Figura 1. Proyecto San Francisco – La Colina, Ruta Nacional No. 211.

(Fuente: Google Earth, 2009)

1. Introducción

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR, como parte de sus tareas asignadas por la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, Ley No.8114 y su reforma, es el de producir informes que permitan al Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Contraloría General de la República, Defensoría de los Habitantes y Asamblea Legislativa conocer la situación técnica administrativa y financiera de los proyectos viales durante cada una de sus etapas: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. La finalidad de esas auditorías consiste en que de manera oportuna se tomen decisiones correctivas y preventivas, se 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 tanto para éste como para futuros proyectos de construcción de obra.

El objetivo específico de este informe de auditoría es informar a las autoridades de ley, los resultados de la evaluación del Índice de Regularidad Superficial (IRI) realizada por el LanammeUCR en la superficie de ruedo del proyecto de Mejoramiento de la Ruta No. 211, Sección San Francisco-La Colina, así como observaciones en cuanto la calidad de la superficie de ruedo, la señalización vial de control de obra y otros aspectos de seguridad vial.

Para este proyecto en específico, en el cartel de licitación no se establece especificación de IRI. Sin embargo, debido a la importancia del IRI en el desempeño futuro del pavimento y a que internacionalmente este indicador es un parámetro de primer orden en la aceptación (control de calidad) del pavimento nuevo y en la evaluación del pavimento en servicio, es que esta Auditoría Técnica ha realizado la evaluación de este parámetro al proyecto de mejoramiento de la Ruta No.211, sección San Francisco – La Colina.

A nivel de proyecto el índice de regularidad superficial es utilizado mundialmente como parámetro de aceptación y aseguramiento de la calidad del proyecto. Además, es una herramienta importante utilizada para determinar el momento oportuno para aplicar un mantenimiento efectivo a una vía. Este parámetro representa la magnitud y la frecuencia del efecto en los vehículos de las irregularidades verticales presentadas a lo largo de la vía, y que se traducen para el usuario en la confortabilidad percibida al transitar la vía.

De acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades, se expresa en 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.

En el contexto latinoamericano países como Chile y México, utilizan el valor de IRI como uno de los parámetros de aceptación de proyectos de obra vial. En el contexto centroamericano, El Salvador especifica que el valor de IRI medido en tramos de 100m, no debe sobrepasar los 2,5 m/Km. para pavimentos de concreto hidráulico de vías interurbanas¹.

El proyecto de la licitación pública 2006-LN-000046DI, se ubica en el cantón central de la provincia de San José, entre el distrito de San Francisco y el poblado de La Colina.

El monto del contrato es de $\text{¢}1.639.687.303,00$ (colones)² y el plazo de ejecución inicial es de 270 días efectivos contados a partir de la orden de inicio de la obra el día 17 de julio del 2007.

Inicia en el distrito de San Francisco de Dos Ríos, sobre la Ruta Nacional No. 211 en la intersección con la Ruta Nacional No. 204 y finaliza en el poblado de La Colina, sobre la Ruta Nacional No.211, intersección con la Ruta Nacional No. 210 La longitud total del proyecto es de 1,715 kilómetros.



Figura 1. Proyecto San Francisco – La Colina, Ruta Nacional No. 211.

¹ Ventura Espinal José Antonio, Alvarenga Edwin. "Determinación del Índice de regularidad Superficial (IRI). Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y de Desarrollo Urbano. El Salvador.

² Contrato de esta licitación 2006LN-000046-DI.

De acuerdo con el cartel de licitación, los trabajos consisten en la sustitución de la estructura de pavimento asfáltico existente, estabilización con cemento Portland del material de subbase con recuperadora de pavimentos para obtener una base estabilizada BE-35, sobre la que se debe colocar una losa de concreto hidráulico de 23 cm. de espesor como superficie de ruedo; también se incluye la ampliación del puente sobre el Río Tiribí, la conformación y nivelación de los accesos a las vías secundarias y la colocación de señalización vial horizontal y vertical.

2. Antecedentes

Para el presente informe de auditoría LM-AT-215-09, se tomó como referencia el informe de asesoría emitido por el LanammeUCR mediante oficio LM-IC-D-0975-09 del 20 de agosto del 2009, en el que se le dio respuesta al oficio DVOP-2338-09 de fecha 29 de julio del 2009 emitido por el señor viceministro de Obras Públicas, en el que solicitaba al LanammeUCR realizar una valoración de la patología en las secciones de pavimento rígido en los tramos de San Francisco-Zapote y San Francisco-La Colina, ya que según se indicó en dicha solicitud se evidenciaba deterioro prematuro aproximadamente en una extensión del 3% del área total del proyecto, manifestado como agrietamiento transversal y paralelo a las juntas de las losas.

Cabe mencionar que como parte de los resultados obtenidos del informe LM-IC-D-0975-09 emitido por el LanammeUCR, se tiene que entre los diversos deterioros encontrados en estas dos secciones están:

- Agrietamientos en esquina
- Agrietamientos transversales cercanos a la junta transversal así como en ubicaciones intermedias de la losa.
- Juntas con sellos deteriorados.
- Juntas con cortes irregulares y de poca profundidad.
- Bordes deteriorados.
- Gran cantidad de juntas sin sello.
- Deterioros superficiales puntuales como desprendimientos, huecos y fisuras longitudinales.

Para el presente informe LM-AT-215-09 se hará referencia específica a lo concerniente al proyecto San Francisco-La Colina.

Por otra parte, la medición del IRI de esta ruta, estaba incluida en el programa de trabajo de la Unidad de Auditoría Técnica del presente año. Este ensayo se realizó el 27 de agosto del presente año, programación que se realizó en función del avance de la construcción.

Adicionalmente, para la emisión de este informe se tomó en cuenta la solicitud del señor viceministro de Obras Públicas al LanammeUCR, mediante el oficio DVOP-2792-09 de fecha 03 de agosto del presente año en el que solicita que se incluya la medición del IRI en el proyecto San Francisco – La Colina como parte de la investigación solicitada mediante el oficio DVOP-2338-09 de fecha 29 de julio del 2009.

Paralelamente a la medición del IRI, para efectos de complementar los resultados de este ensayo, se realizó una gira el 28 de agosto del presente año, con el propósito de realizar un levantamiento de singularidades en el proyecto. Adicionalmente se efectuó una auscultación de las losas de concreto construidas para tener un conocimiento general del estado de éstas, motivo por el cual, se consideró relevante incluirlo dentro de este informe.

En relación con el tema de Seguridad Vial en agosto del presente año se emitió el informe LM-AT-170-09 denominado “Seguridad Vial durante la etapa de construcción de la Licitación Pública 2006LN-000046DI Mejoramiento de la ruta nacional No.211, sección Intersección Ruta Nacional No.214-Intersección Ruta Nacional No.210, San Francisco-La Colina”.

3. Metodología

Para el análisis de los resultados de medición del IRI se utilizó como referencia el informe UI-03-08 “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI” preparado por la Unidad de Investigación del LanammeUCR.

En el informe UI-03-08 se presenta la Tabla No.1 que resume algunas referencias de especificaciones de IRI utilizadas a nivel internacional, las cuales se presentan como una referencia para la Administración y puedan ser utilizadas como base para contrastar los valores obtenidos para el proyecto objeto de esta auditoría.

La referencia a estas especificaciones internacionales de IRI, se realiza en virtud de que para este proyecto en específico, en el cartel de licitación no se establece una especificación de IRI.

Tabla No.1 Especificaciones Internacionales de 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)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>IRI m/km</th> <th>Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 1.1</td> <td>Pav. Nuevo</td> </tr> <tr> <td>< 1.17</td> <td>1 Año</td> </tr> <tr> <td>< 1.29</td> <td>2 Años</td> </tr> <tr> <td>< 1.33</td> <td>3 Años</td> </tr> <tr> <td>< 1.37</td> <td>4 Años</td> </tr> <tr> <td>< 1.45</td> <td>5 Años</td> </tr> </tbody> </table>	IRI m/km	Tiempo	< 1.1	Pav. Nuevo	< 1.17	1 Año	< 1.29	2 Años	< 1.33	3 Años	< 1.37	4 Años	< 1.45	5 Años	----	----
IRI m/km	Tiempo																	
< 1.1	Pav. Nuevo																	
< 1.17	1 Año																	
< 1.29	2 Años																	
< 1.33	3 Años																	
< 1.37	4 Años																	
< 1.45	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	----	----														
Quebec, Canadá	Vías Interurbana																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 2.0 m/km	IRI ≤ 2.5 m/km	----														
Eslovenia	Carreteras de alto tránsito																	
	IRI obtenido en tramos de 20 m	2.0 \leq IRI \leq 2.6 m/km	----	----														
	IRI obtenido en tramos de 100 m	1.2 \leq IRI \leq 1.8 m/km	----	----														
	Carreteras de bajo tránsito																	
Portugal	IRI obtenido en tramos de 20 m																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m																	
Portugal	No se indica el intervalo de medición	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los datos	IRI ≤ 2.0 m/km, en el 50% de los datos	----														
		IRI ≤ 2.5 m/km, en el 80% de los datos	IRI ≤ 2.5 m/km, en el 75% de los datos															
		IRI ≤ 3.0 m/km, en el 90% de los datos	IRI ≤ 3.0 m/km, en el 100% de los datos															

Fuente: Informe UI-03-08, LanammeUCR.

Adicionalmente se realiza la identificación de singularidades que pueden afectar la medición del IRI, basados en la metodología de evaluación utilizada en Chile. En esta metodología (LNV 107-2000) se define singularidad como:

“Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra. Entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino.”

Para el presente informe LM-AT-215-09 se realizó la medición del IRI el 27 de agosto en horas de la noche, para el análisis de resultados se consideraron las singularidades presentes tanto en el carril externo como interno, en ambos sentidos de circulación. Entre las singularidades presentadas se consideraron: cambios de carril, baja velocidad y tapas de alcantarillas.

4. Audiencia a la parte auditada para análisis del informe preliminar LM-AT-215B-09

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica donde se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refieran a los informes preliminares, el día 19 de agosto 2009 se llevó a cabo la reunión para la presentación del informe LM-AT-215B-09 en la que participaron los ingenieros Carlos Pereira Esteban, Director de Obras y Carlos Jiménez, en representación del Ing. Renato Sudasassi, ingeniero de proyecto, responsable del proyecto objeto de esta auditoría. El Director de Obras del CONAVI solicitó a esta auditoría una visita en campo para determinar las observaciones indicadas y la aplicación de medidas correctivas en el proyecto San Francisco-La Colina.

Como consecuencia se procedió a realizar la gira conjunta el día 21 de octubre del presente año, para evaluar la implementación de las acciones correctivas relacionadas con las observaciones señaladas en el presente informe, referente a los deterioros prematuros presentados en el proyecto, que de acuerdo con los ingenieros del CONAVI, ya habían sido totalmente corregidos.

Como resultado de esta gira en la que se revisaron los deterioros identificados en el informe de auditoría técnica, se verificó que si bien, se llevó a cabo la sustitución de algunas losas que presentaban agrietamientos, se pudo corroborar en sitio la existencia de:

1. Juntas con acabado deficiente y sin sello en la mayoría de losas.
2. Alrededor de 10 losas que presentan agrietamientos y fisuras

5. Observaciones

5.1 Sobre los resultados del ensayo del índice de regularidad superficial IRI realizado por el LanammeUCR.

Con el fin de realizar una evaluación de la obra utilizando una normativa de referencia, la Auditoría Técnica del LanammeUCR se basará en referencias de especificaciones internacionales de IRI, tal como se indica en la Tabla No.1 anterior.

Para este proyecto en específico, en el cartel de licitación no se establece especificación de IRI. Sin embargo, debido a la importancia del IRI en el desempeño futuro del pavimento y a que internacionalmente este indicador es un parámetro de primer orden en la aceptación (control de calidad) del pavimento nuevo y en la evaluación del pavimento en servicio, es que esta Auditoría Técnica ha realizado la evaluación de este parámetro al proyecto de mejoramiento de la Ruta No.211, sección San Francisco – La Colina.

En un pavimento recién construido, uno de los motivos principales que podrían causar estas irregularidades, obedece a inadecuadas prácticas constructivas que promueven distorsiones respecto a un plano horizontal totalmente recto.

Como parámetro de control de calidad de una obra, el IRI constituye uno de los parámetros más importantes de verificar, ya que la magnitud de las diferencias en el plano horizontal imaginario ideal, influye en la seguridad, en la confortabilidad del usuario, en la evolución del deterioro de la estructura y en los costos de operación vehicular (tales como aumento en el consumo de combustible, repuestos del vehículo, etc.)

Se realizaron pruebas del IRI medidas por el LanammeUCR con el perfilómetro láser el día 27 de agosto de 2009 en horas de la noche, en ambos sentidos de circulación, tanto para el carril externo como interno. A continuación en la Tabla No.2 se muestra las bases de medición utilizadas por el equipo auditor para el análisis del IRI.

Tabla No2. Bases de medición de IRI utilizadas en el informe LM-AT-215-09

Base de medición	Objetivo
Cada 200m.	Aplicación para la verificación de la regularidad superficial a nivel de red (especificación de Chile) ³
Cada 100m.	Aplicación para la verificación de regularidad superficial general del proyecto (especificación El Salvador, Canadá) ⁴
Cada 50 m.	Aplicación para la verificación de regularidad superficial localizada del proyecto
Cada 10m.	Aplicación para el control e identificación de irregularidades puntuales a nivel de proyecto para su corrección

Por tanto, el propósito final de realizar los cálculos de IRI con diferentes bases de medición, es brindar a la Administración como cliente, una gama de escalas de evaluación de la regularidad superficial para el planteamiento de acciones correctivas y preventivas, según la aplicación que considere oportuna.

Para ilustrar esta diferencia de valores de IRI calculados a diferentes distancias, el LanammeUCR realizó el cálculo de mediciones de Índice de Regularidad Superficial en intervalos de 200, 100m, 50m y 10m. Los resultados obtenidos se pueden observar en las secciones siguientes, en los gráficos del No 1 al No 10.

³ **Fuente:** LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

⁴ **Fuente:** Li Ningyuan et al. Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads", Canada.

5.1.1 Resultados de IRI con base de medición de 200 m:

Según los ensayos⁵ de IRI realizados por el LanammeUCR (Ver Anexo 1), en ambos sentidos de circulación utilizando una base de medición de 200 m como aplicación para la verificación de la regularidad superficial a nivel de red, se tiene lo siguiente:

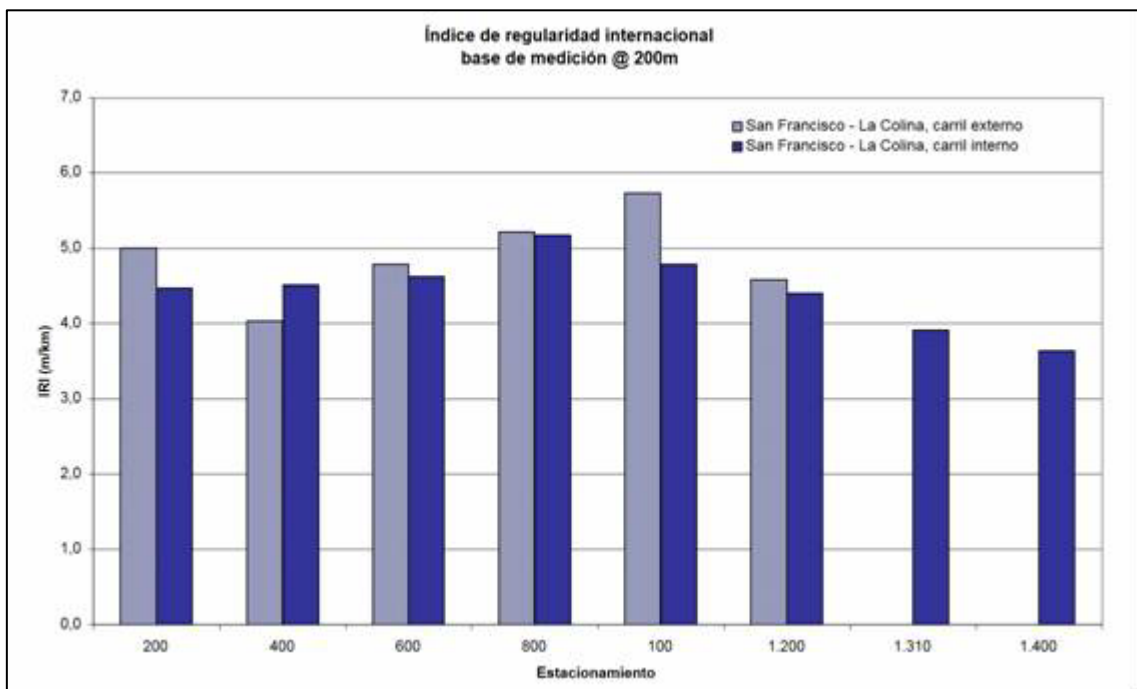


Gráfico No1. Parámetro de regularidad superficial IRI, medido con perfilómetro láser en el sentido de circulación San Francisco-La Colina, para los carriles interno y externo. Base de medición cada 200m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No.1 en el sentido San Francisco-La Colina, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril externo: 4,0 a 5,7 m/Km.
- Para el carril interno: 3,6 a 5,2 m/Km.

⁵ LanammeUCR. Informe de ensayo I-0772-09.

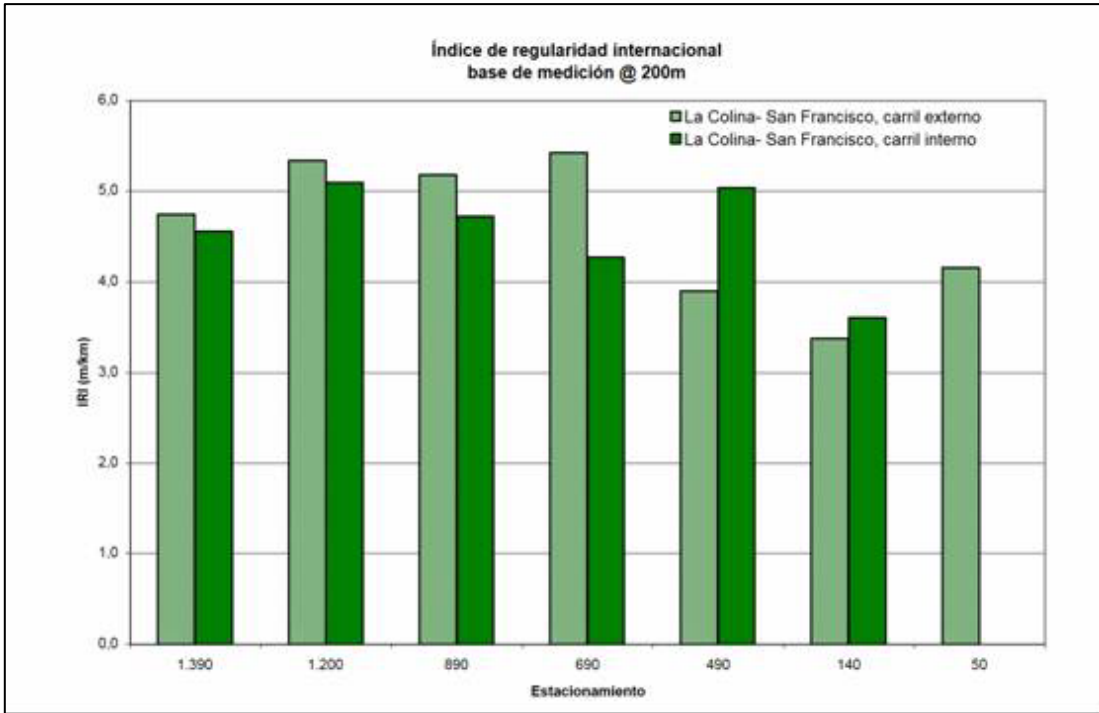


Gráfico No.2. Parámetro de regularidad superficial IRI, medido con perfilómetro láser en el sentido de circulación La Colina- San Francisco, para los carriles interno y externo. Base de medición cada 200m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarilla, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No.2 en el sentido La Colina-San Francisco, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril externo: 3,4 a 5,4 m/Km.
- Para el carril interno: 3,6 a 5,1 m/Km.

5.1.2 Resultados de IRI con base de medición de 100 m:

Los resultados de IRI como aplicación para la verificación de regularidad superficial general del proyecto, con base de medición de 100 m, se presentan a continuación:

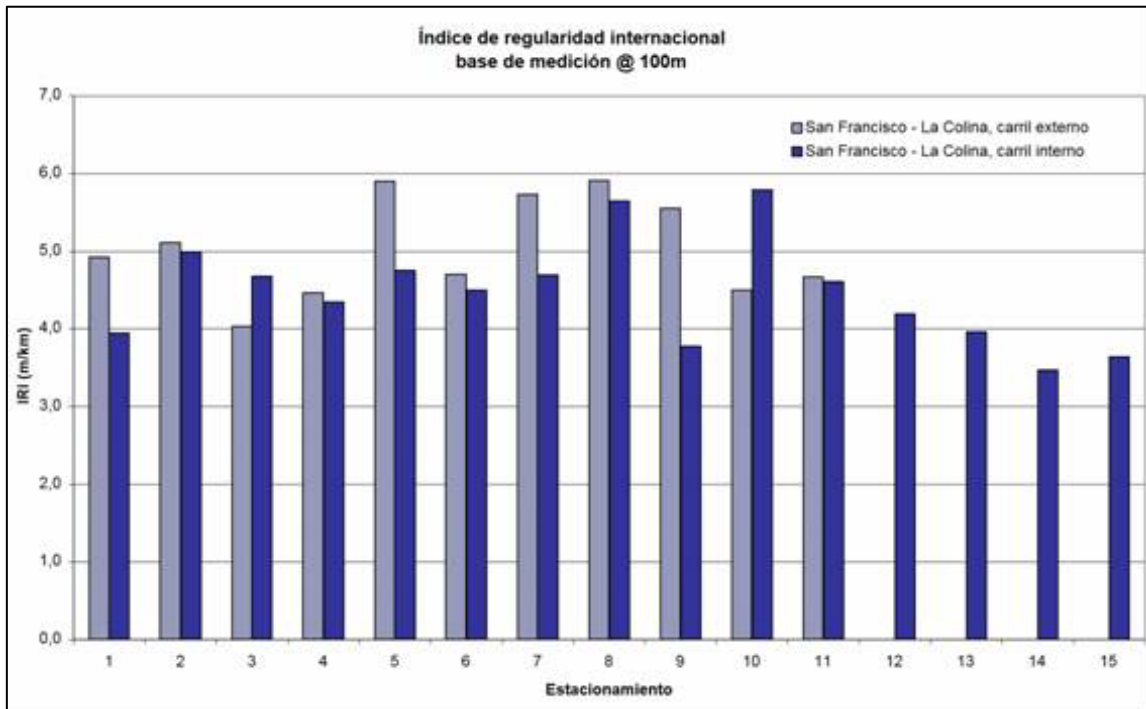


Gráfico No3. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación San Francisco-La Colina, para los carriles interno y externo. Base de medición cada 100m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarilla, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No.3 en el sentido San Francisco-La Colina, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril externo: 4,0 a 5,9 m/Km.
- Para el carril interno: 3,5 a 5,8 m/Km.

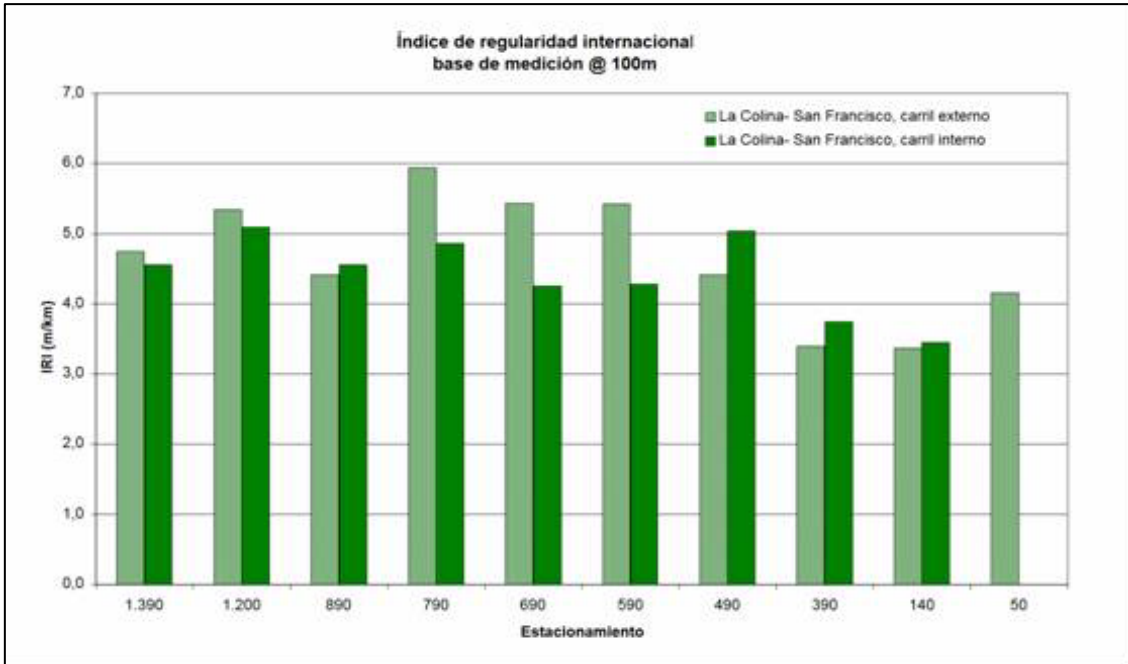


Gráfico No4. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación La Colina- San Francisco, para los carriles interno y externo. Base de medición cada 100m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarilla, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No.4 en el sentido La Colina-San Francisco, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril externo: 3,4 a 5,9 m/Km.
- Para el carril interno: 3,5 a 5,1 m/Km.

Para efectos de referencia, esta base de medición de 100 metros es utilizada en la especificación de El Salvador, en donde el IRI para pavimento rígido debe ser ≤ 2.5 m/km.

5.1.3 Resultados de IRI con base de medición de 50 m:

A continuación se presentan los valores del parámetro de regularidad IRI, con una base de medición de 50 m como aplicación para la verificación de regularidad superficial localizada del proyecto, esto con el fin de mostrar un mayor detalle de los datos.

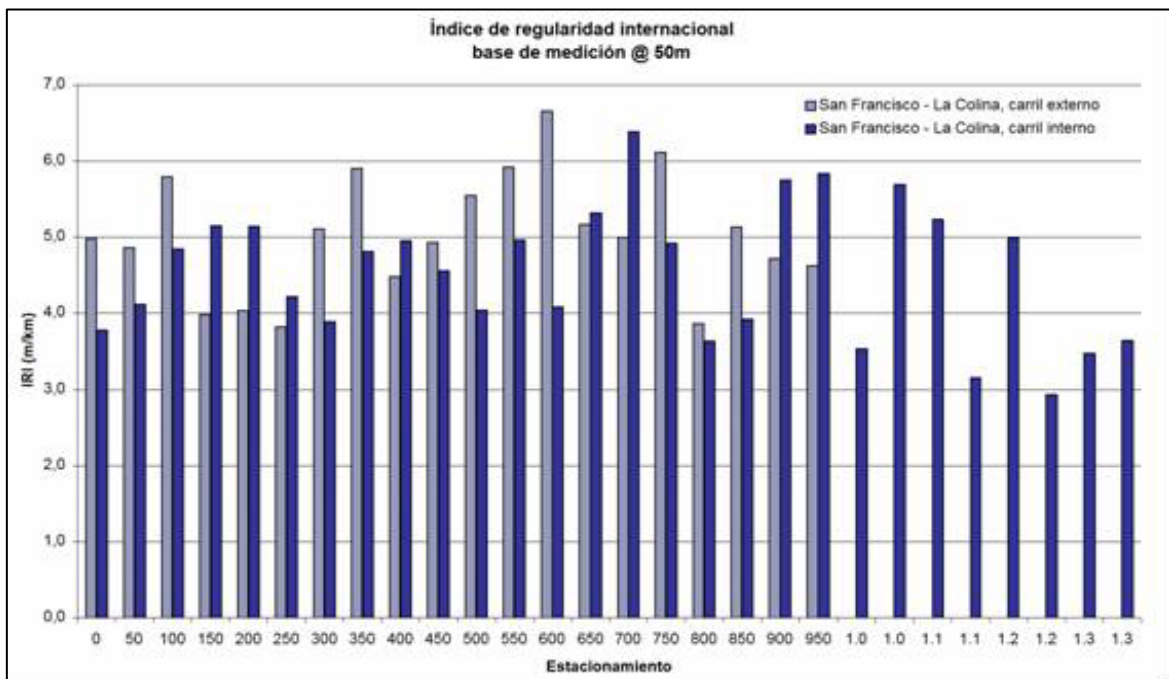


Gráfico No5. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación San Francisco-La Colina, para los carriles interno y externo. Base de medición cada 50m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No.5 en el sentido San Francisco-La Colina, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril externo: 3,8 a 6,7 m/Km.
- Para el carril interno: 2,9 a 6,4 m/Km.

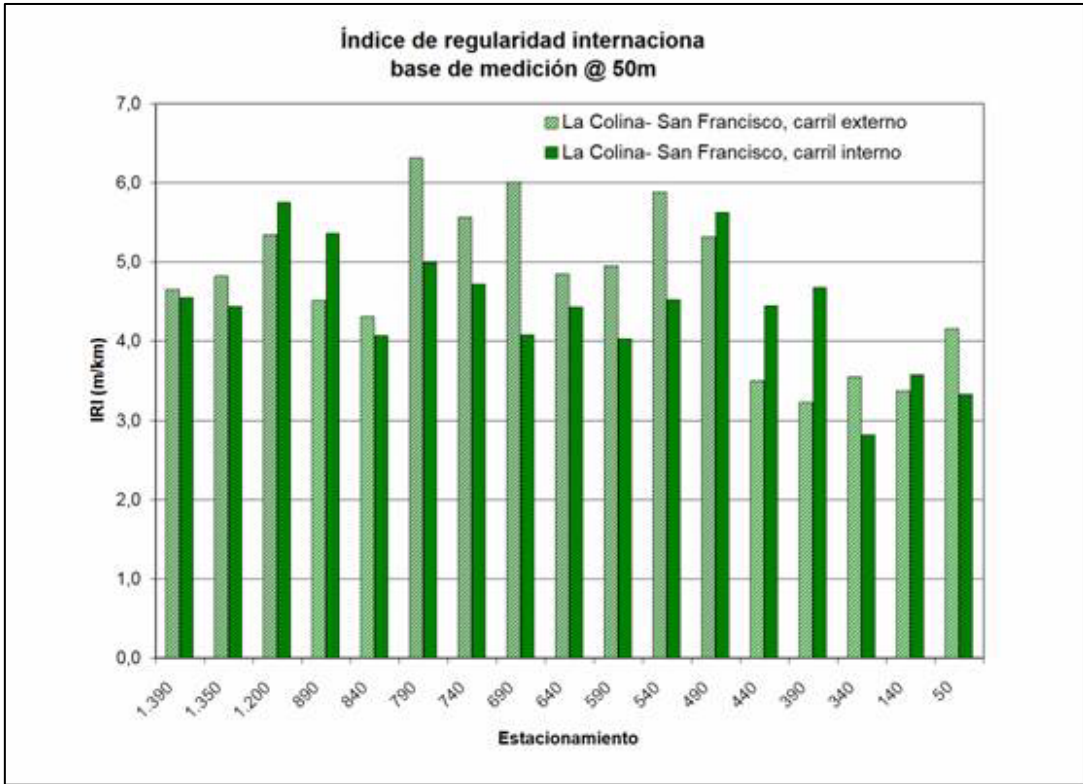


Gráfico No6. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación La Colina- San Francisco, para los carriles interno y externo. Base de medición cada 50m.

En el Gráfico No.6 en el sentido La Colina-San Francisco, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril externo: 3,2 a 6,3 m/Km.
- Para el carril interno: 2,8 a 5,8 m/Km.

5.1.4 Resultados de IRI con base de medición de 10 m:

Una frecuencia de medición comúnmente utilizada en países como Canadá, para medir el Índice de Regularidad Superficial en obras nuevas como criterio de aceptación final de proyecto, es de 10 metros y es útil para la detección de zonas específicas con altas irregularidades, donde se necesita determinar si se requiere de algún mejoramiento en la superficie:

“Por definición el IRI es un resumen estadístico de los datos agregados de la elevación del perfil. Cuando se usa como especificación de finiquito para pavimentos... recientemente construidos, se utiliza una base de medición relativamente amplia (p ej. 100 metros) permitiría una evaluación global del pavimento, y una base relativamente más corta (p ej. 10 metros) permitiría identificar secciones mucho más cortas con altos niveles de rugosidad que de otra forma no podrían ser identificadas.”⁶

La medición del IRI para evaluar una obra a nivel de proyecto, requieren de precisión y detalle. En el caso de una evaluación a nivel de red vial, en la que no se requiere de mediciones tan detalladas, y las cuales se utilizan para programar intervenciones de mantenimiento o de reconstrucción y definir prioridades, las mediciones de IRI pueden realizarse en tramos con una base de medición de mayor longitud.

A continuación en los Gráficos No.7 al 10, se presentan los resultados de IRI utilizando como base de medición 10 metros en los carriles externo e interno, para ambos sentidos de circulación:

⁶ Traducción de Li Ningyuan, Frank Marciello and Tom Kazmierowski. “Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads”, Canada.

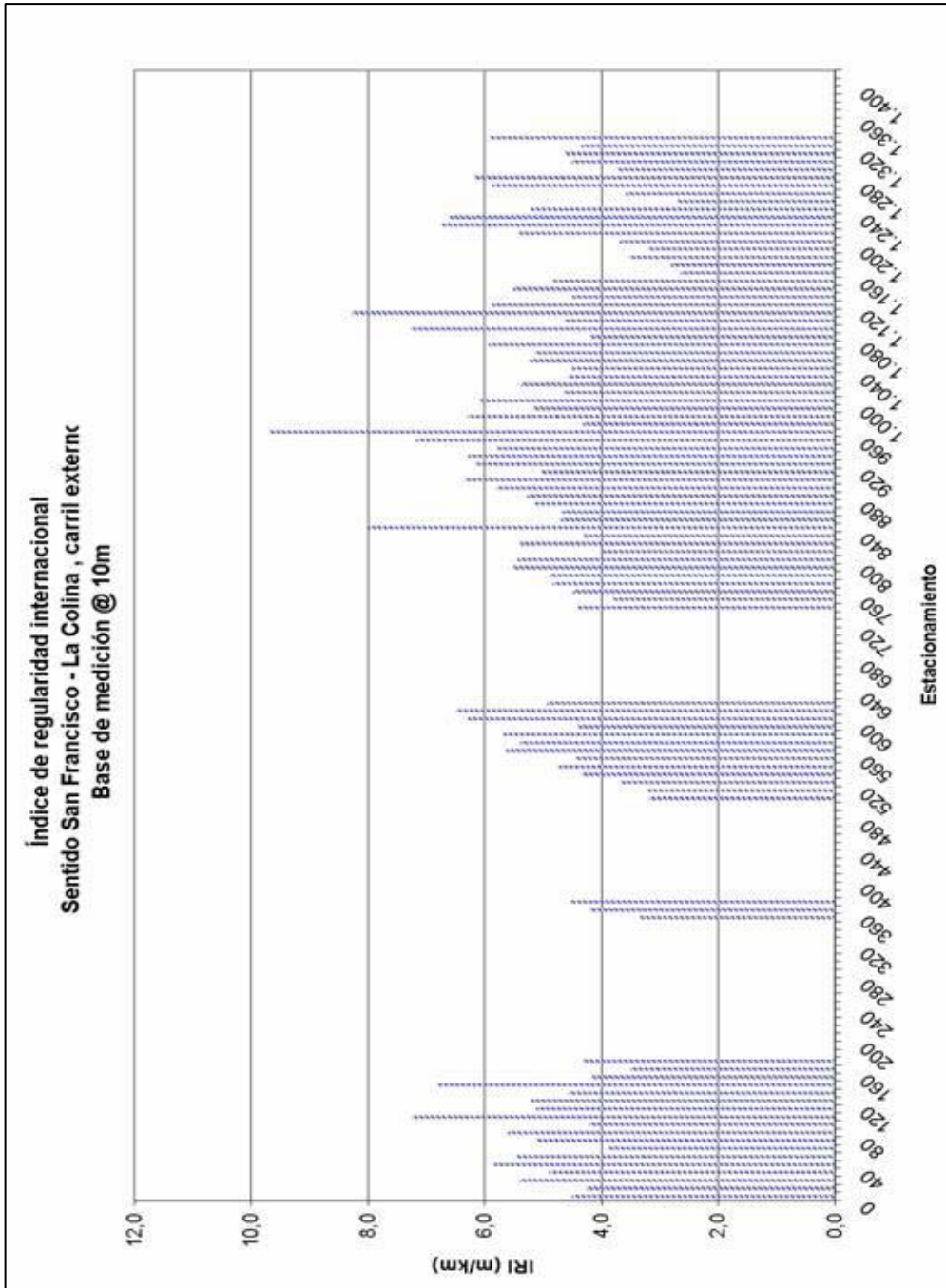


Gráfico No7. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación San Francisco-La Colina, para el carril externo. Base de medición cada 10m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

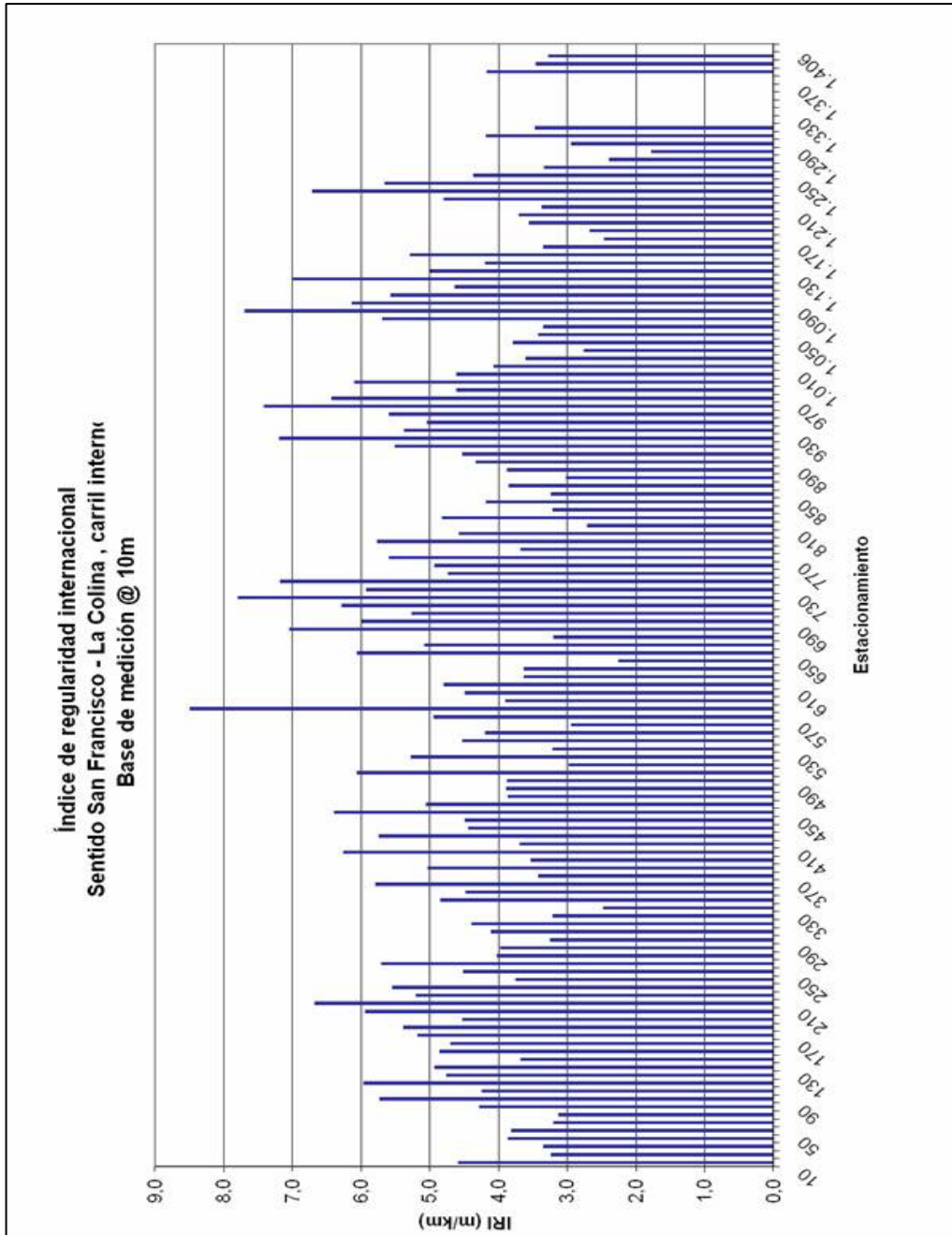


Gráfico No8. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación San Francisco-La Colina, para el carril interno. Base de medición cada 10m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

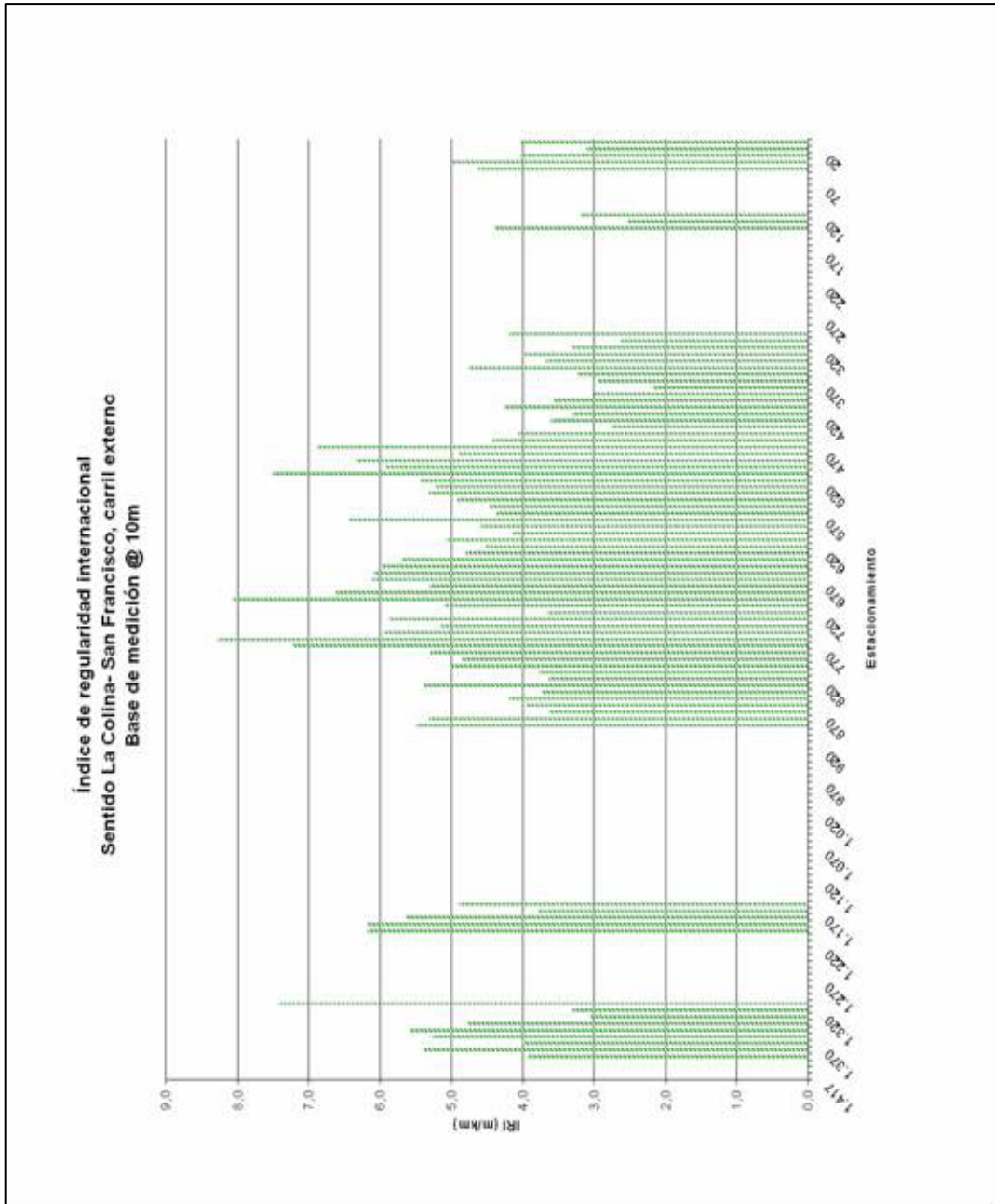


Gráfico No9. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación La Colina- San Francisco, para el carril externo. Base de medición cada 10m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

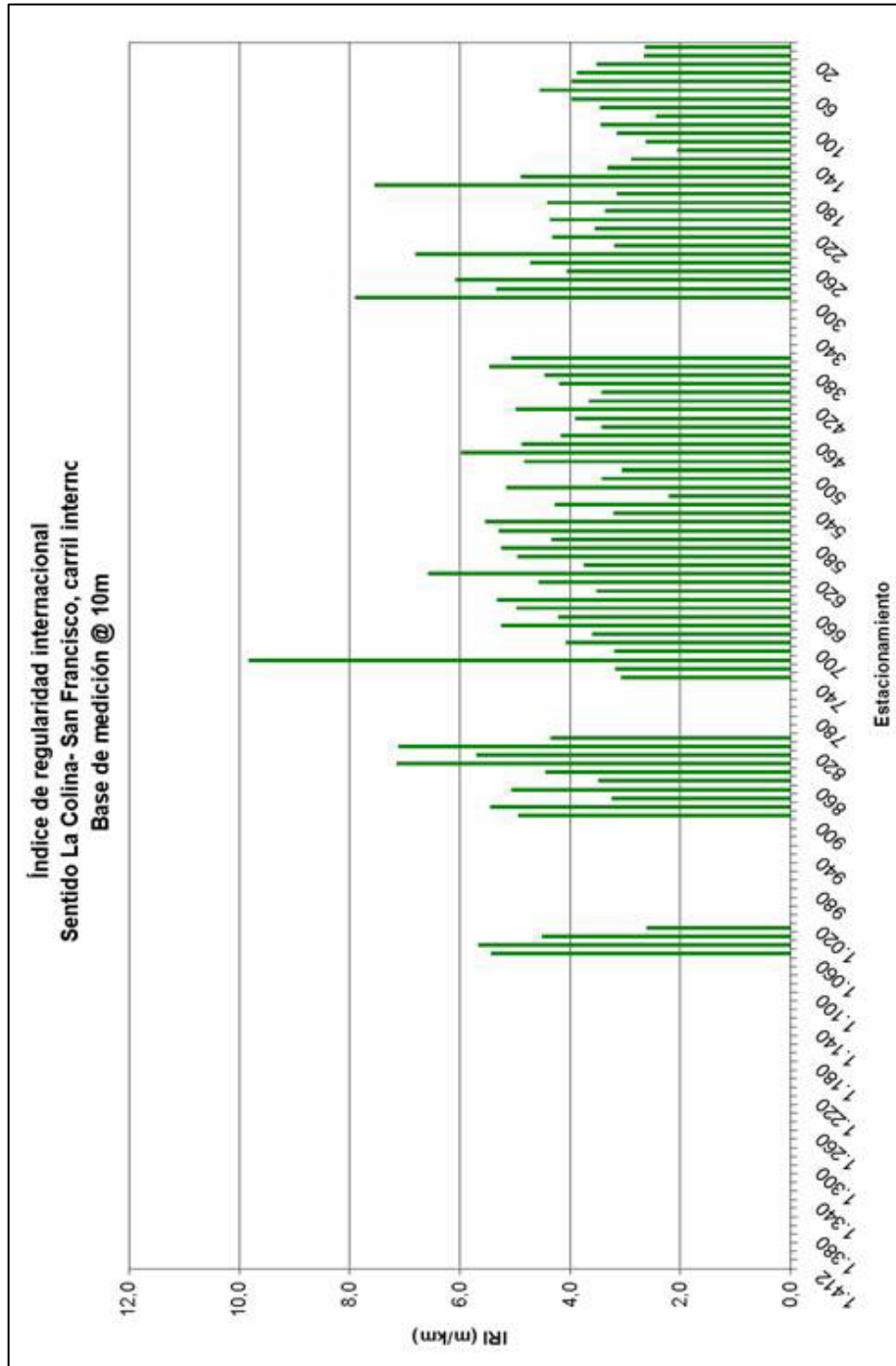


Gráfico No10. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación La Colina-San Francisco, para el carril interno. Base de medición cada 10m

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No.7 y 8 en el sentido San Francisco-La Colina, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril externo: 2,6 a 9,7 m/Km.
- Para el carril interno: 1,8 a 8,5 m/Km.

Por otra parte, en los Gráficos No.9 y 10 en el sentido La Colina-San Francisco, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril externo: 2,2 a 8,3 m/Km.
- Para el carril interno: 2,2 a 9,8 m/Km.

Como se puede observar de los Gráficos No.7 al 10, las mediciones realizadas cada 10 metros, reflejan irregularidades más pronunciadas que las medidas cada 50m, 100m y 200m. Esta medición más precisa y detallada, podría ayudar a encontrar secciones con problemas específicos y determinar si es necesaria alguna corrección de la superficie.

5.2 Sobre los defectos superficiales prematuros en las losas de concreto

Con el propósito de tener un conocimiento general del estado de las losas de concreto, el día 28 de agosto del presente año, además del levantamiento de singularidades en el proyecto para el cálculo del IRI, se realizó una auscultación visual de las losas de concreto. Durante esta visita se observaron deterioros importantes, tales como:

- Agrietamiento en juntas de losas
- Agrietamiento en las esquinas de losas
- Grietas transversales a lo largo de la losa

En el Anexo 2 se presenta en detalle el levantamiento de los deterioros observados, los cuales coinciden con los señalados en el informe de asesoría LM-IC-D-0975-09 emitido por el LanammeUCR, identificados durante las giras realizadas los días 28 de julio y 5 de agosto del presente año.

En el Cartel de Licitación en el apartado 31. *Defectos* se menciona que: " *La Unidad Supervisora del contrato deberá ordenar al contratista que corrija cualquier trabajo que considere que tiene algún defecto*". Esto sin aclarar a que se refiere con defectos específicamente. También se señala en la sección 31.3 de este mismo apartado que: "*El contratista deberá corregir por su cuenta el defecto, antes de haber transcurrido el periodo de corrección de defectos*".

Es del conocimiento del equipo de auditoría que se están realizando reparaciones en las losas de concreto, ya que en dicha visita se observó la sustitución de 8 losas de ambos carriles; interno y externo, en el sentido La Colina- San Francisco.



Fotografía No1. Sustitución de 2 losas de concreto (28 de agosto del 2009)



Fotografía No 2. Sustitución de losas de concreto (28 de agosto del 2009)

a. Juntas de losas

Como se puede observar en las fotografías No.3 y No.4 se presentan en el proyecto juntas agrietadas, algunas sin sellar y con material incompresible introducido, lo cual propicia las grietas en los bordes de las juntas.

Se debe considerar en el diseño la utilización de juntas con el propósito de aliviar los esfuerzos y evitar que las grietas inducidas se presenten de manera desordenada y sin patrones geométricos debido a la contracción por secado

del concreto, cambios de humedad y temperatura, aplicación de las cargas por tránsito, restricciones del terreno de apoyo y características de los materiales utilizados.

Muchas de las juntas no han sido selladas. Al no estar selladas, se les ha introducido material incompresible, el cual limita la expansión de la losa de concreto que debe realizar debido a los diferenciales de temperatura diarios. Este material incompresible propicia el agrietamiento de la losa a la orilla de las juntas.



Fotografía No 3. Losa con deterioro y sin sello en la junta (28 de agosto del 2009)



Fotografía No 4. Irregularidad de la junta (28 de agosto del 2009)

En la gira conjunta CONAVI-LanammeUCR realizada el 21 de octubre del presente año, se pudo determinar que el estado inadecuado del sello de juntas continúa presentándose. Debido a la evidencia presentada en campo, el Ingeniero de Proyecto indicó la necesidad de colocar nuevos sellos que cumplieran a cabalidad su función.

b. Agrietamiento en las esquinas

En las fotografías No.5 y No.6 se puede observar agrietamientos en esquinas de las losas.

Típicamente este agrietamiento en las esquinas de las losas, es un deterioro que ocurre cuando la base no está proporcionando un adecuado soporte a la losa.



Fotografía No 5. Agrietamiento en la esquina de la losa (28 de agosto del 2009)



Fotografía No 6. Problemas en la unión de la junta (28 de agosto del 2009)

En la gira conjunta CONAVI-LanammeUCR realizada el 21 de octubre del presente año, se pudo observar que la losa mostrada en la fotografía No.6, correspondiente al estacionamiento 0+443 no había sido sustituida.

c. Grietas transversales a lo largo de la losa

En las siguientes fotografías, el equipo auditor observó una importante cantidad de grietas transversales al sentido del tránsito a lo largo de toda la losa (Ver Fotografías No.7 y No.8). Estas se encuentran por lo general muy cerca de las juntas transversales.

También se pudo observar que el corte que se realiza para separar las losas e inducir la formación de la grietas en la junta, presenta una profundidad escasa o en algunos casos es inexistente (Ver Fotografías No.9 y No.10). Esto permite que la grieta se forme en otro sitio.

Un adecuado sistema de juntas permite controlar el agrietamiento que ocurre de manera natural en el pavimento de concreto producto de la contracción.

Las juntas se deben construir en el pavimento precisamente para controlar su ubicación y su geometría.



Fotografía No 7y No 8. Agrietamiento transversal de la losa (28 de agosto del 2009)

En la gira conjunta CONAVI-LanammeUCR realizada el 21 de octubre del presente año, se pudo observar que la mayoría de losas que presentaban agrietamientos como los mostrados en las fotografías No.7 y No.8 fueron sustituidas, sin embargo, se pudo contabilizar alrededor de 10 losas que presentan un nivel de agrietamiento o fisuras de diversos patrones.



Fotografía No 9: Formación de grieta a la par del corte insuficiente realizado (28 de agosto del 2009)

Fotografía No 10: Corte con profundidad insuficiente para la construcción de la junta de losa (28 de agosto del 2009)

d. Zonas con agua estancada

Existen algunas secciones del proyecto donde se presentan problemas de estancamiento de aguas a los alrededores, tal como se muestra en las fotografías No.11 y No.12, lo que podría ocasionar infiltraciones en las capas subyacentes y propiciar un deterioro al pavimento.

Por otra parte esta situación resulta un problema de transitabilidad para los peatones y de salubridad para las personas que viven o laboran en esta zona.



Fotografías No 11 y No 12. Estancamiento de agua (28 de agosto del 2009)

En la visita del 21 de octubre se pudo corroborar que el estancamiento de aguas en ciertas zonas estaba solventado, sin embargo esta observación se mantiene en el presente informe con el propósito de que para futuros proyectos, aun en la etapa de construcción, se vele por la integridad de la estructura de pavimento, la transitabilidad y salubridad de los usuarios.

5.3 Sobre aspectos que afectan la seguridad vial de la ruta

Se encontraron elementos al borde y en la vía, los cuales deberían estar debidamente señalizados para prevenir accidentes, tal como lo establece el cartel de licitación en el apartado 28.5:

“El contratista es responsable de las condiciones de seguridad de todas las actividades que se desarrollen en la zona de obras, cumpliendo con lo dispuesto en el “Reglamento de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras”...”

Los ejemplos que se muestran a continuación son aún más críticos en horas de la noche, condición en la que disminuye la visibilidad.

En las fotografías No.13 y No.14 se muestran obras de drenaje descubiertas y en el caso de la fotografía No.15 se muestra un obstáculo para el tránsito de todos los usuarios de la vía.

Al respecto es importante hacer referencia al artículo 1º del Decreto Ejecutivo N°33148-MOPT y su reforma, que establece:

Artículo 1º—En todas las labores de planificación y construcción de obras viales o programas de transportes 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.



Fotografías No 13 y No 14. Obras de drenaje descubiertas sin protección ni señalización



Fotografías No 15 y No 16. Obstáculos peligrosos en la vía.

En la visita del 21 de octubre se pudo corroborar que el aspecto de faltante de tapas en los tragantes estaba solventado, sin embargo esta observación se mantiene en el presente informe con el propósito de que para futuros proyectos, aun en la etapa de construcción, se vele por la seguridad de los usuarios.

6. Conclusiones

- 6.1 El cartel de licitación del proyecto San Francisco-La Colina no establece como requisito la medición del IRI, sin embargo, en contraste con las especificaciones internacionales, los valores obtenidos de IRI para las diferentes bases de medición (200, 100, 50 y 10 metros), superan los valores establecidos en otros países, para las características de un pavimento rígido nuevo.
- 6.2 En el proyecto se observaron deterioros, tales como:
- Agrietamiento en juntas de losas
 - Agrietamiento en las esquinas de losas
 - Grietas transversales a lo largo de la losa

De acuerdo con el informe de asesoría del LanammeUCR LM-IC-D-0975-09 y el presente informe de auditoría técnica, entre las causas de estos deterioros prematuros en las losas de concreto están las relacionadas con el proceso constructivo, entre las cuales se pueden citar: juntas sin sellar, deficiente o inexistente profundidad de corte en

las juntas transversales. Esto ha implicado que el contratista haya realizado reparaciones que consisten en algunos casos, en la sustitución de losas.

- 6.3 Como resultado de la gira conjunta CONAVI-LanammeUCR del 21 de octubre 2009, en la que se revisaron los deterioros identificados en el informe de auditoría técnica LM-AT-215B-09, se concluye que si bien, se llevó a cabo la sustitución de las losas que presentaban agrietamientos, se pudo corroborar en sitio la existencia de:
- a. Juntas con acabado deficiente y sin sello en la mayoría de losas.
 - b. Alrededor de 10 losas que presentan agrietamientos y fisuras

Por tanto, queda a valoración de la Ingeniería de Proyecto la toma de acciones correctivas sobre estos aspectos presentes en el proyecto San Francisco-La Colina, de cara a la recepción final del proyecto.

7. Recomendaciones

A continuación se indican algunas recomendaciones sobre las observaciones realizadas por el equipo auditor para ser consideradas por la Administración (MOPT-CONAVI) como parte de las acciones de mejora a los proyectos de obra vial:

Al Director Ejecutivo, a la Dirección de Ingeniería, a la Dirección de Obras del CONAVI

- 7.1 Para futuros proyectos de construcción de obra vial, considerar dentro de las especificaciones de los carteles de licitación requerimientos de regularidad superficial (IRI) como uno de los indicadores de calidad para aceptación de los proyectos.
- 7.2 De igual manera, para futuros proyectos de construcción vial considerar dentro de los ensayos de autocontrol, la medición del IRI de manera que se pueda corregir oportunamente cualquier desviación con respecto a la especificación durante la fase constructiva y no hasta que se concluye el proyecto, en donde dichas reparaciones pueden resultar más difíciles y costosas.

- 7.3 A nivel de proyecto, considerar los valores de IRI con base de medición de 10 metros para efectos de identificar irregularidades puntuales que requieran reparación.
- 7.4 Cumplir con las disposiciones del Decreto Ejecutivo 33148 y las condiciones del Cartel de Licitación, apartado 28.5, para mejorar la seguridad de la obra en general y de esta forma garantizar a todos los usuarios, incluyendo peatones y ciclistas, una vía segura.
- 7.5 Mejorar la calidad de los procesos constructivos, desde la etapa de construcción de la base sobre la que se construirán las losas de concreto hidráulico hasta la construcción del sistema de juntas con un oportuno y adecuado sellado. Paralelamente a esto, mejorar la supervisión de estos trabajos en pavimentos de concreto hidráulico, ya que se debe evitar que se presenten deterioros prematuros en proyectos de obra nueva, como es el caso de San Francisco-La Colina.
- 7.6 Debe el CONAVI dar seguimiento exhaustivo al desempeño de este pavimento, ya que la presencia de deterioros prematuros en la fase constructiva pueden representar potenciales factores de falla en la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil.

8. Comentario final

La auditoría técnica es una “fotografía” del momento en que se realiza la evaluación, y en este caso particular, pese a que la Administración aplicó medidas correctivas relacionadas con algunas de las observaciones mencionadas en este informe LM-AT-215-09 y fueron subsanadas mediante la sustitución de losas, esta auditoría técnica mantiene todas las observaciones con el propósito de que sirvan como antecedente para futuros proyectos y para este mismo proyecto San Francisco-La Colina, para efectos de darle seguimiento al desempeño de la estructura de pavimento, teniendo como base, el historial de deterioros presentados en la fase constructiva.

Equipo Auditor

Ing. Jenny Chaverri Jiménez
Coordinadora Auditoria Técnica, MSc. Eng
LanammeUCR

Ing. Mauricio Salas Chaves
Auditor Técnico LanammeUCR

Ing. Raquel Arriola Guzmán
Auditora Técnica LanammeUCR

Visto bueno de legalidad

Lic. Miguel Chacón Alvarado
Asesor Legal Externo LanammeUCR

ANEXO 1

Informe de resultados del IRI

**ANEXO 2. Deterioros encontrados
en el proyecto Mejoramiento de la
Ruta Nacional No211. Sentido San
Francisco-La Colina.**