

**INFORME  
AUDITORÍA TÉCNICA  
LM-AT-156-09**

**Evaluación de Regularidad Superficial (IRI)  
Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 204  
Sección: Zapote-San Francisco**

**Licitación Pública No. 2006LN-000052-DI**

**JUNIO 2009**

<b>INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA</b> <b>Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 204 Sección: Intersección Ruta Nacional No. 215- Intersección Ruta Nacional No. 211 (Zapote-San Francisco)</b> <b>Licitación Pública 2006-LN-000052DI.</b>
<p><b>Departamento encargado del proyecto:</b> Dirección de Obras, CONAVI</p> <p><b>Empresa contratista:</b> Consorcio Santa Fe-Holcim</p> <p><b>Monto original del contrato:</b> ₡ 1.151.778.316,16</p> <p><b>Plazo original de ejecución:</b> 300 días efectivos según se define en el apartado 6 de la Licitación 2006LN-52DI</p> <p><b>Longitud del proyecto:</b> 1,213 Km. (un kilómetro y doscientos trece metros)</p> <p><b>Coordinadora de Auditoría Técnica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.</li> </ul> <p><b>Auditores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ing. Mauricio Salas Chaves</li> <li>- Ing. Erick Acosta Hernández</li> <li>- Ing. Raquel Arriola Guzmán</li> </ul> <p><b>Asesor Legal externo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lic. Miguel Chacón Alvarado</li> </ul> <p><b>Alcance del informe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de Índice de Regularidad Superficial (IRI)</li> </ul> <p><b>Referencias:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fecha de evaluación: 18 de marzo 2009</li> </ul>

## 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 todas o cada una de las etapas de ejecución: 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

*Evaluación de IRI, Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 204, Sección: Zapote-San Francisco*

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. 204, Sección Zapote-San Francisco.

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 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. En términos sencillos, su importancia radica en que significa más confort para el usuario, menos gastos de operación de los vehículos y más duración de la vida útil del pavimento.

De acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades, se expresa en m/Km. Estas unidades indican la longitud de las irregularidades verticales medidas en metros a lo largo de un 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 interurbanas<sup>1</sup>.

El proyecto de la licitación pública 2006-LN-000052DI, se ubica en el cantón central de la provincia de San José, entre los distritos de Zapote y San Francisco.

Inicia en el distrito de Zapote sobre la Ruta Nacional No. 204 en la intersección de la Iglesia de Zapote y se extiende hasta la intersección con la Ruta Nacional No. 211 en la Iglesia de San Francisco. La longitud total del proyecto es de 1,213 kilómetros.

---

<sup>1</sup> 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.

Los trabajos consisten en la sustitución de la estructura de pavimento asfáltico existente, por la colocación de una nueva estructura de base estabilizada con cemento Portland sobre la que se debe colocar una losa de concreto hidráulico de 20 cm. de espesor como superficie de ruedo; también se incluye la ampliación del puente sobre el Río María Aguilar, la conformación y nivelación de los accesos a las vías secundarias y la colocación de señalización vial horizontal y vertical.

## 2. Observaciones.

### 2.1 Sobre los ensayos de coeficiente de regularidad superficial IRI realizados por el LanammeUCR en el pavimento construido.

Con el fin de realizar una evaluación de la obra utilizando una normativa de referencia, la Auditoría Técnica del LanammeUCR utilizó el criterio de aceptación para pavimentos rígidos definido en las “Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica”, CR-2002 (que no es un documento de prevalencia del cartel de la Licitación Pública 2006-LN-000052DI).<sup>2</sup>

El CR-2002 establece en el apartado 501.14 CONTROL DE ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI): *“...La evaluación del IRI se realizará por media móvil, tomando los valores de cinco tramos consecutivos. Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una rugosidad aceptable si todos los promedios consecutivos de cinco valores de IRI presentan un valor igual o inferior a 3,0 m/Km y ninguno de los valores individuales supera 4,0 m/Km...”* (lo resaltado no es de texto original)

En un pavimento recién construido, los motivos principales que pueden causar estas irregularidades obedecen a deficientes prácticas constructivas que promueven distorsiones respecto a un plano horizontal totalmente plano. Por otro lado, para un pavimento en servicio, la otra causa importante, es por deformaciones inducidas por el tránsito vehicular ya sea por cargas excesivas o por el estado estructural del pavimento, considerando todas las capas de materiales que lo conforman, incluyendo la capacidad de soporte de la subrasante.

---

<sup>2</sup> **Nota aclaratoria:** Para efectos de este informe, esta especificación se utiliza únicamente como parámetro de referencia, en virtud de que esta norma no es oficial y que representa un primer intento para introducir la evaluación de este parámetro en los carteles de licitación.

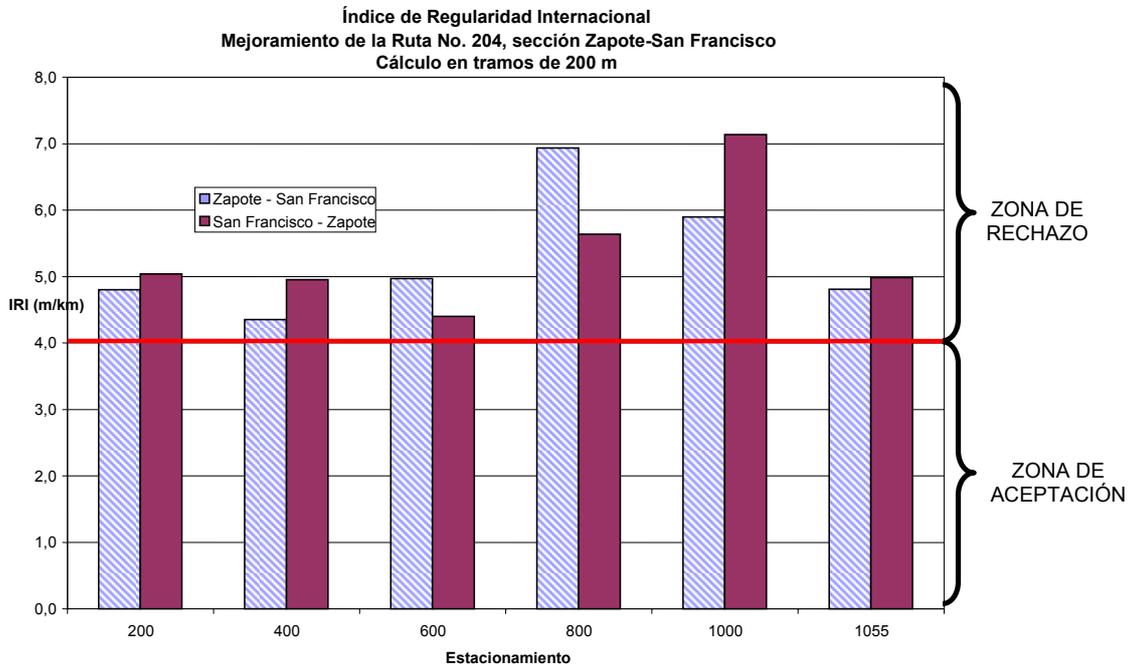
A la hora de evaluar una obra, el IRI constituye uno de los parámetros más importantes de verificar, ya que la magnitud de las diferencias en el plano horizontal imaginario ideal, influye en la seguridad, en la confortabilidad del usuario y en los costos de operación vehicular (tales como aumento en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

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.204, sección Zapote-San Francisco.

Según pruebas<sup>3</sup> de IRI realizadas por el LanammeUCR con el perfilómetro láser en marzo de 2009, en ambos sentidos de circulación, indican que el promedio de 5 tramos consecutivos de 200m, no cumplen la especificación (CR-2002) que debe ser menor o igual a 3 m/Km, ni que los valores individuales deben ser menores a 4 m/Km. Esto se evidencia en los gráficos del No.1 al No.3 donde se presentan los resultados obtenidos en las mediciones realizadas a lo largo de todo el proyecto, en ambos sentidos de circulación del proyecto, excluyendo el tramo del puente. En el anexo de este informe se adjuntan los resultados de campo del LanammeUCR.

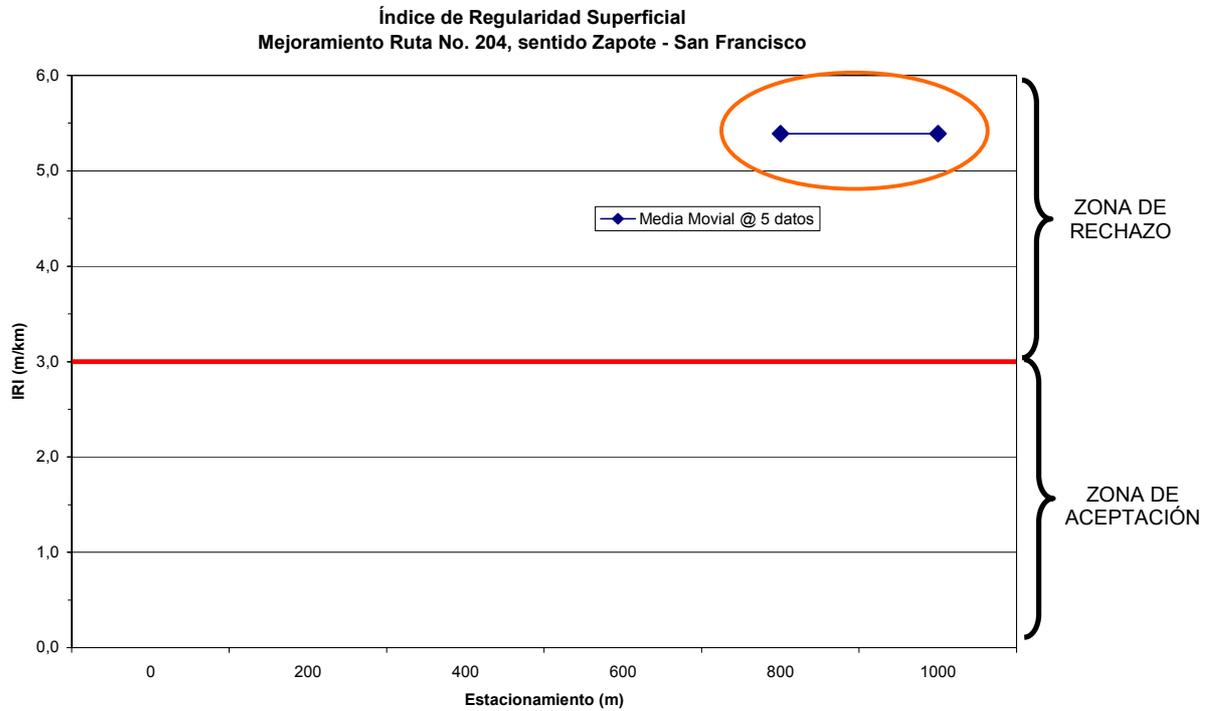
---

<sup>3</sup> No se incluyen las secciones de puentes en los datos. Ver Anexo al final del informe.

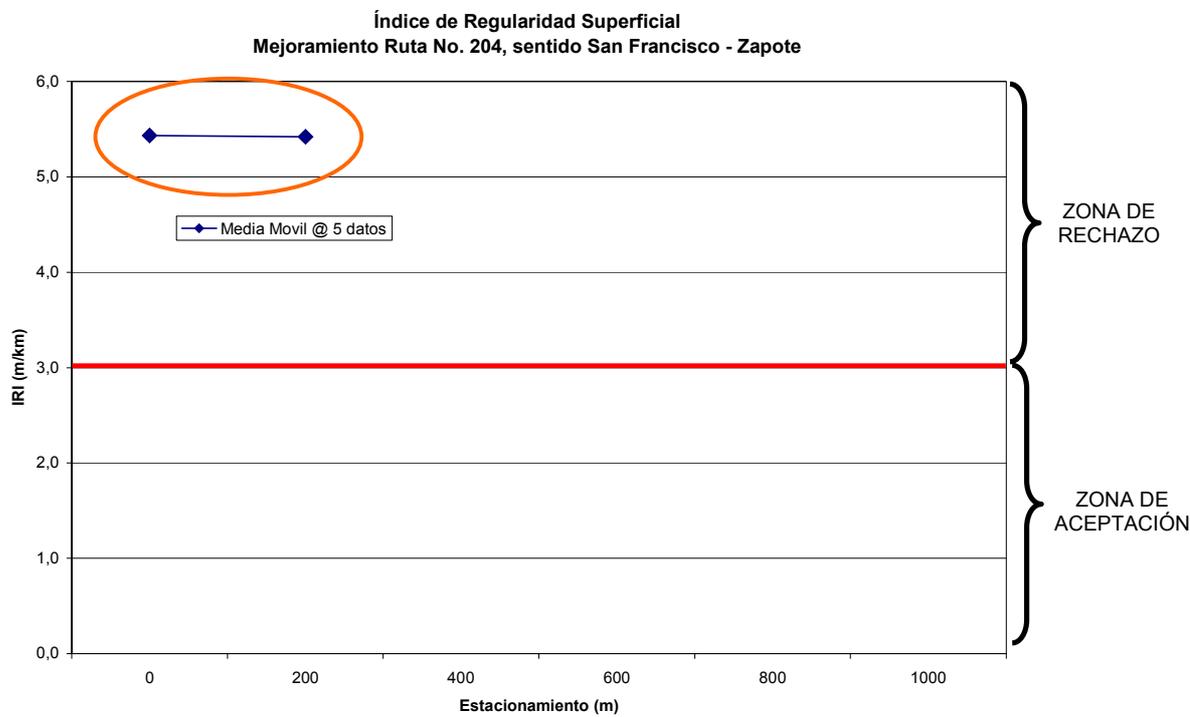


**Gráfico No. 1:** Índice de regularidad superficial IRI, medido con perfilómetro láser en ambos sentidos. Tramos de 200 m de acuerdo con especificación del CR-2002.

Se observa, en el gráfico No.1, que los valores individuales de cada punto medido, no cumplen con la especificación de 4 m/Km, con excepción de dos tramos. Además, en los siguientes gráficos No.2 y No.3, se puede observar que el promedio de 5 tramos consecutivos de 200 m a lo largo de todo el proyecto no cumple con la especificación de ser menores a 3 m/Km, situación que es igualmente notoria en ambos sentidos. Cabe resaltar que por la longitud del proyecto (1,213 Km) solo se reportan 2 tramos en los gráficos.



**Gráfico No. 2:** Promedio del Índice de Regularidad Superficial IRI para 5 tramos consecutivos a lo largo de todo el proyecto, sentido Zapote-San Francisco.



**Gráfico No. 3:** Promedio IRI para 5 tramos consecutivos a lo largo de todo el proyecto, sentido San Francisco-Zapote.

Es criterio de esta Auditoría Técnica, que el límite establecido en el CR-2002 de 3 m/Km, no se cumple en la totalidad del proyecto, ya que el 100% del total de valores de IRI calculados a cada 200 metros en ambos sentidos de circulación, presentan resultados por encima de dicho valor.

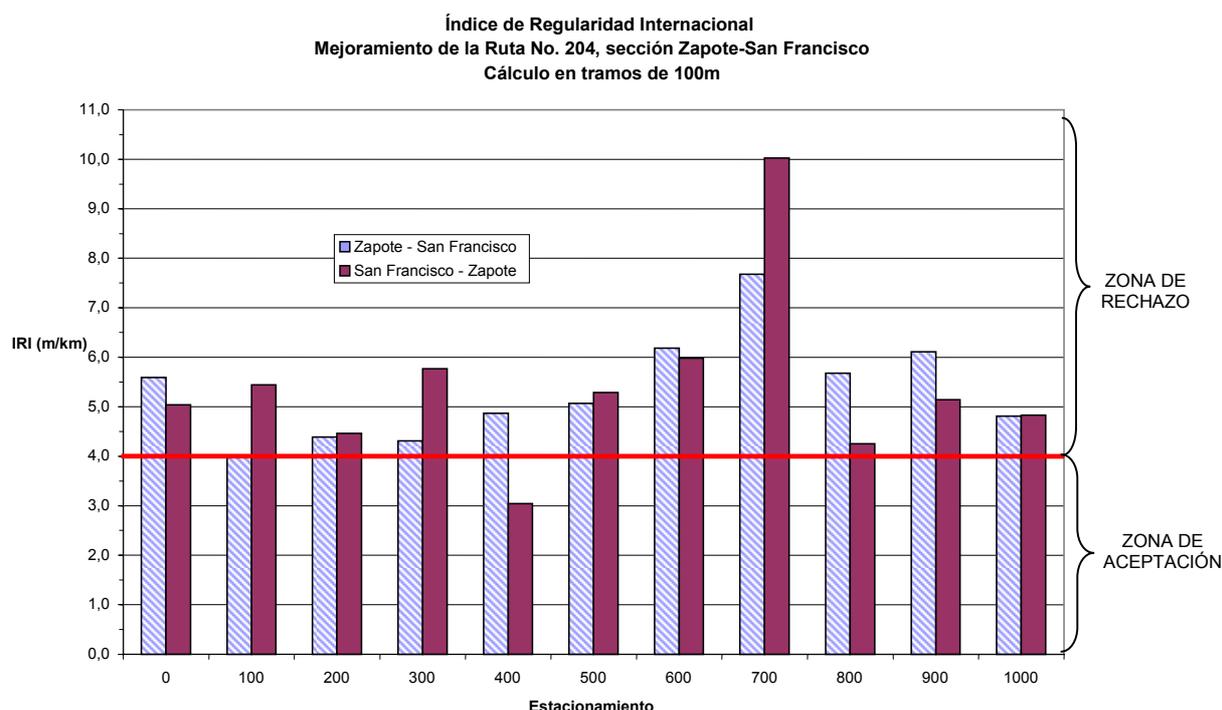
Una frecuencia de medición comúnmente utilizada en países como Canadá, para medir el Índice de Regularidad Superficial en obras nuevas como criterio de aceptación final de proyecto, es de 10 m y es útil para la detección de zonas específicas con altas irregularidades, donde se necesita determinar si 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 m) permitiría una evaluación global del pavimento, y una base relativamente más corta (p ej. 10m) permitiría*

*identificar secciones mucho más cortas con altos niveles de rugosidad que de otra forma no podrían ser identificadas.”<sup>4</sup>*

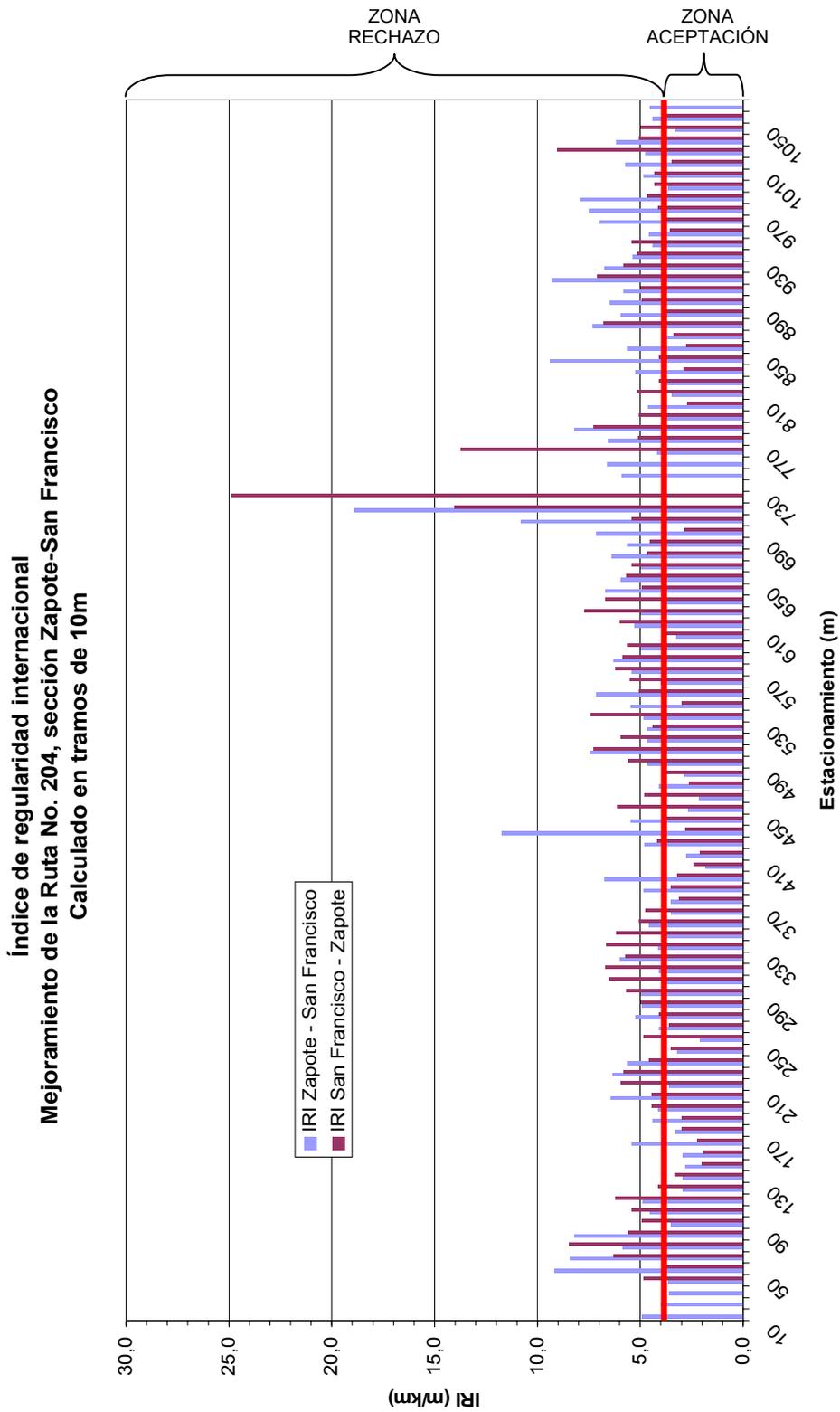
Para ilustrar esta diferencia de valores de IRI medidos a diferentes distancias, el LanammeUCR realizó el cálculo de mediciones de Índice de Regularidad Superficial en intervalos de 100m y 10m. Los resultados obtenidos se pueden observar en los gráficos No.4 y 5.

Se puede notar que las mediciones realizadas cada 10m, reflejan irregularidades más pronunciadas que las medidas cada 100m. Esta medición más precisa y detallada, podría ayudar a encontrar secciones con problemas específicos y determinar si es necesaria alguna corrección de la superficie.



**Gráfico No. 4:** Índice de regularidad superficial IRI, medido con perfilómetro láser en ambos sentidos. Tramos de 100 m

<sup>4</sup> Traducción de Li Ningyuan, Frank Marciello and Tom Kazmierowski. “Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads”, Canada.



**Gráficos No.4:** Valores individuales de IRI, ambos sentidos medidos a cada 10m.

#### 4. Conclusiones y recomendaciones.

- 4.1 Tomando como referencia la norma del CR-2002, la cual se reitera, no es oficial, pero es importante como referencia para la evaluación del IRI, es claro que:
- los valores individuales de cada punto medido, no cumplen con la especificación de 4 m/Km, con excepción de dos tramos.
  - el promedio de 5 tramos consecutivos de 200 m a lo largo de todo el proyecto no cumple con la especificación de ser menores a 3 m/Km, situación que es igualmente notoria en ambos sentidos.

En términos generales, el valor límite de IRI establecido de 3 m/Km, no se cumple en la totalidad del proyecto, ya que el 100% del total de valores de IRI calculados a cada 200 metros en ambos sentidos de circulación, presentan resultados por encima de dicho valor.

Esto puede significar problemas en el desempeño futuro del pavimento e influir en la seguridad, confortabilidad del usuario y en los costos de operación vehicular.

- 4.2 Por otra parte, con respecto a la norma del CR-2002 es evidente que la frecuencia de medición establecida de 200 metros, no facilita la detección de zonas específicas con altas irregularidades, donde se necesita determinar si se requiere de algún mejoramiento en la superficie.

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**

- 4.3 Es recomendable revisar a profundidad la especificación del CR-2002, de manera que se asigne un valor de IRI en función del tipo de intervención aplicada al proyecto y que la frecuencia de medición pueda detectar con más precisión, zonas con problemas específicos para determinar si es necesaria alguna corrección de la superficie.
- 4.4 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.

- 4.5 De igual manera, para futuros proyectos de construcción vial considerar dentro de los ensayos de autocontrol, la medición del IRI de modo 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.

---

---

### **Equipo Auditor**

---

**Inga. Jenny Chaverri Jiménez**

Coordinadora Auditoria Técnica, MSc. Eng  
LanammeUCR

---

**Ing. Mauricio Salas Chaves**  
Auditor Técnico LanammeUCR

---

**Ing. Erick Acosta Hernández**  
Auditor Técnico LanammeUCR

---

**Ing. Raquel Arriola Guzmán**  
Auditora Técnica LanammeUCR

### **Visto bueno de legalidad**

---

**Lic. Miguel Chacón Alvarado**  
Asesor Legal Externo LanammeUCR