



**INFORME  
AUDITORÍA TÉCNICA  
LM-AT-096-10  
LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL  
LPI 003-2007**

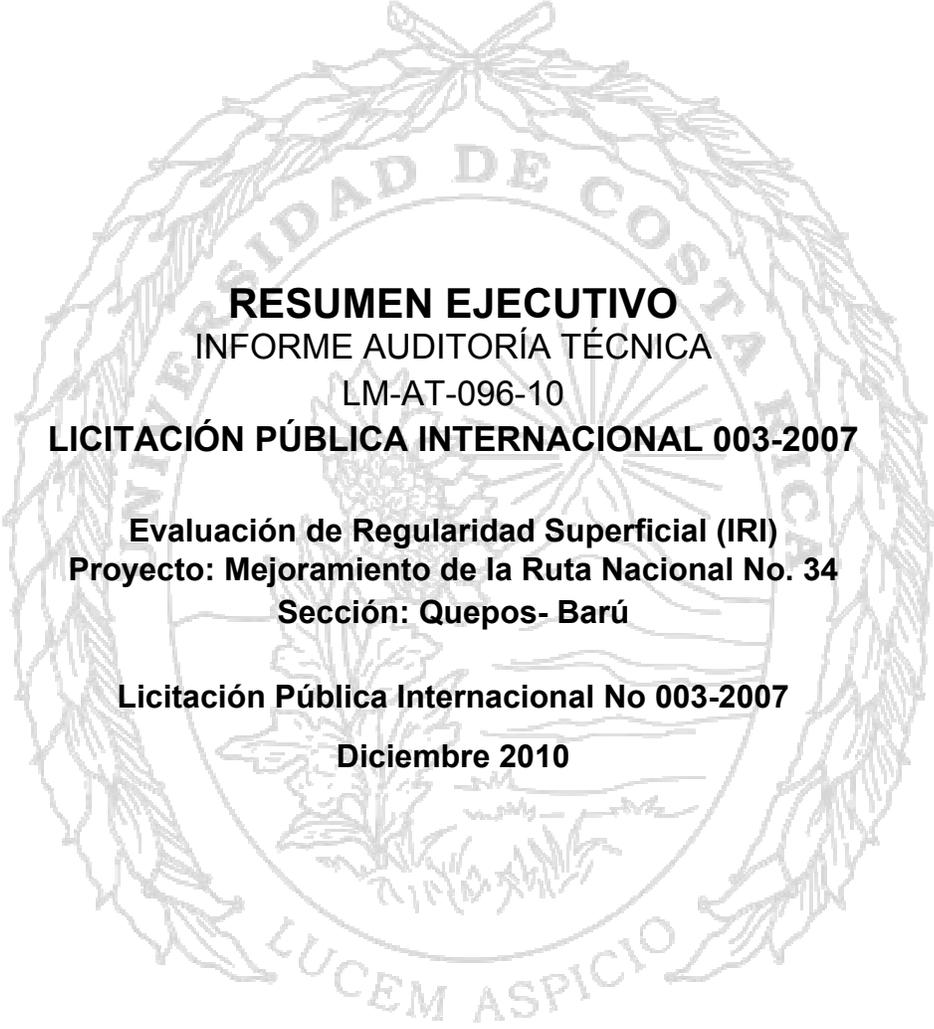
**Evaluación de Regularidad Superficial (IRI)  
Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 34  
Sección: Quepos- Barú**

**Licitación Pública Internacional No 003-2007**

**Diciembre 2010**

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>8</b>
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>10</b>
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>11</b>
4.1 AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-AT-096B-10 .....	14
<b>5. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA .....</b>	<b>14</b>
5.1 HALLAZGOS DE LA AUDITORÍA .....	15
5.1.1 <i>Hallazgo No 1: Sobre el cumplimiento en el control del Índice de Regularidad Internacional regularidad (IRI) del proyecto</i> .....	15
5.2 OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA .....	21
5.2.1 <i>Observación N° 1: Sobre los resultados del ensayo del Índice de Regularidad internacional IRI, en comparación con la especificación contractual y el método de Aceptación del Trabajo de la sección 107 del CR-2010.</i> .....	21
5.2.2 <i>Observación N° 2: Sobre los resultados del ensayo del Índice de Regularidad internacional IRI, realizado por el LanammeUCR.</i> .....	22
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>35</b>

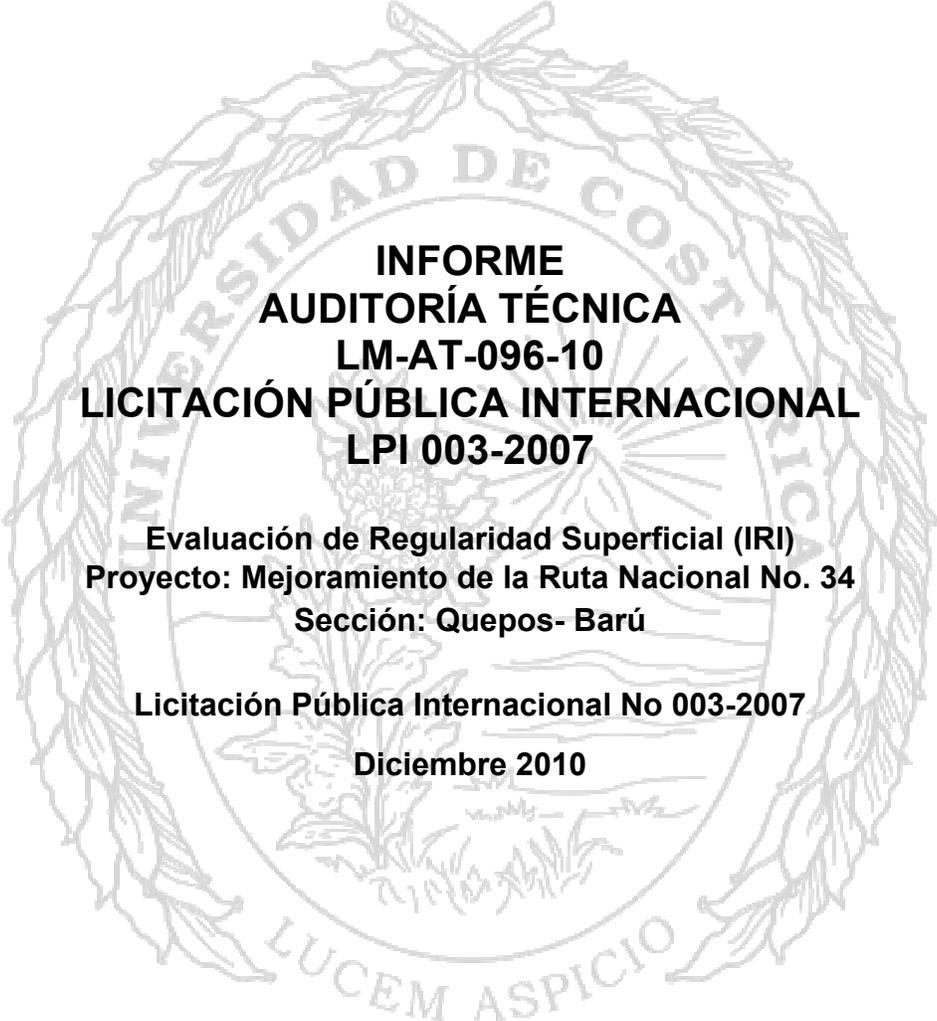


**RESUMEN EJECUTIVO**  
**INFORME AUDITORÍA TÉCNICA**  
**LM-AT-096-10**  
**LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL 003-2007**

**Evaluación de Regularidad Superficial (IRI)**  
**Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 34**  
**Sección: Quepos- Barú**

**Licitación Pública Internacional No 003-2007**  
**Diciembre 2010**

<b>Evaluación de Regularidad Superficial (IRI)</b>	
<b>Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 34, Sección: Quepos-Barú</b>	
Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-096-10	
<b>Potestades</b>	
La auditoría técnica externa a los procesos, controles, laboratorios y proyectos que efectúan sus labores en las rutas nacionales, se realiza de conformidad con la disposición 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 de Laboratorio Nacional de Materiales de y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR).	
<b>Objetivo</b>	
Informar a las autoridades indicadas en la Ley No. 8114, los aspectos que califican como oportunidades de mejora en cuanto a la calidad de la superficie de ruedo.	
<b>Alcance</b>	
Evaluación de Índice de Regularidad Superficial (IRI).	
<b>Localización</b>	
	<p><b>Proyecto: Quepos- Barú</b></p> <p>Ruta Nacional No. 34</p> <p>Se divide en tres líneas principales</p> <p>Longitud aproximada: 45.5 km</p> <p>Costo del proyecto: \$ 19 509 722,88</p> <p>Las actividades principales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Limpieza de espaldones y cunetas. Ajustar la subrasante.</li> <li>-Colocar 25.0 cm. de material de SB graduación D. Construir la B Graduación BE-25.</li> <li>-Colocar una carpeta asfáltica graduación B, de 13.0 cm. de espesor.</li> <li>-Realizar el señalamiento horizontal e instalar el señalamiento vertical.</li> </ul>
Figura. Proyecto Quepos-Barú	
<b>Hallazgos</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Fundamento normativo</b>
<i>Sobre el cumplimiento en el control del Índice de Regularidad Internacional (IRI) del proyecto (ver páginas 11 a 15 del informe).</i>	Cartel de Licitación del proyecto
<b>Observaciones</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Norma técnica de referencia</b>
<i>Sobre los resultados del ensayo del Índice de Regularidad Internacional IRI, realizado por el LanammeUCR (ver páginas 15 a 22 del informe).</i>	Especificaciones CR-2010



**INFORME  
AUDITORÍA TÉCNICA  
LM-AT-096-10  
LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL  
LPI 003-2007**

**Evaluación de Regularidad Superficial (IRI)  
Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 34  
Sección: Quepos- Barú**

**Licitación Pública Internacional No 003-2007**

**Diciembre 2010**

## INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL NO. 34 SECCIÓN: QUEPOS-BARÚ LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL NO 003-2007

**Departamento encargado del proyecto:** Unidad Ejecutora, MOPT

**Monto original del contrato:** \$ 19 509 722,88

**Plazo original de ejecución:** 360 días efectivos

**Longitud del proyecto:** 45,5 km. (kilómetros)

**Coordinador General del Programa de Ingeniería del Transporte PITRA:**

- Ing. Guillermo Loría Salazar, MSc.

**Coordinadora de Auditoría Técnica:**

- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.

**Auditores:**

- Ing. Ana Hidalgo Arroyo
- Ing. Raquel Arriola Guzmán

**Asesor Legal externo:**

- Lic. Miguel Chacón Alvarado

**Alcance del informe:**

- Evaluación de Índice de Regularidad Internacional (IRI) en un pavimento flexible

**Referencias:**

- Fecha de la primera evaluación del IRI: 27 de enero 2010
- Fecha de la segunda evaluación del IRI: 22 de noviembre 2010
- Fecha de entrega informe de laboratorio No I-1190-10: 07 de diciembre 2010

**Ubicación de la ruta auditada:**

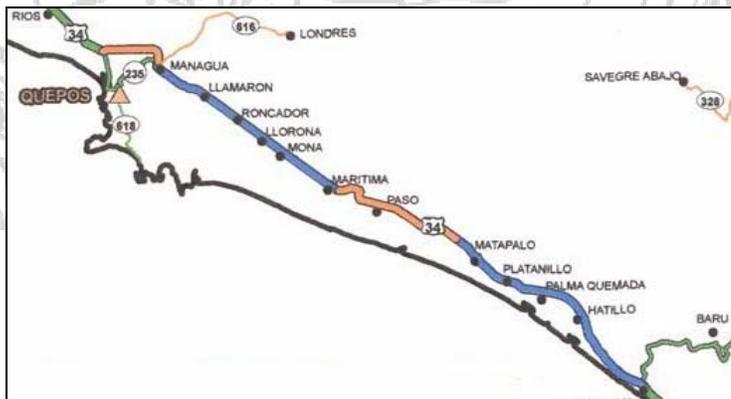


Figura N° 1. Proyecto Quepos- Barú. Ruta Nacional No. 34.

## 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, Ministerio de la Presidencia 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 comunicar a las autoridades de ley, los resultados de la evaluación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) realizada por el LanammeUCR en la superficie de ruedo del proyecto de Mejoramiento de la Ruta No. 34, Sección Quepos-Barú.

Para este proyecto, a diferencia de la mayoría de los proyectos de mejoramiento, rehabilitación, reconstrucción o construcción, se establece la especificación de IRI en el cartel de licitación. 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 en mención.

A nivel de proyecto el índice de regularidad superficial es utilizado mundialmente como parámetro de aceptación y una forma de asegurar 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 2,0 m/Km para pavimentos de asfalto de vías interurbanas<sup>1</sup>.

En el caso de Costa Rica en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010, en el apartado 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezcla asfáltica en caliente se especifica lo siguiente: *“Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI tienen un valor igual o inferior a 2,5m/Km. y ninguno de los valores individuales supera 3,0m/km.”*<sup>2</sup>.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En general el proyecto se ubica en la Provincias: 6, Puntarenas; Cantón: 6. .Aguirre, Distritos 1° Quepos y 2 Savegre. Como se muestra en la Figura N°2, mostrada a continuación.

<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.

<sup>2</sup> Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. Costa Rica, 2010.



**Figura N°2.** Proyecto Quepos-Barú

Como datos generales, el proyecto Quepos-Barú fue licitado por medio de la Licitación Pública Internacional No 2007LI-00000X-33400 y se divide en tres líneas, de las cuales se describe lo siguiente:

Línea No 1. Construcción del pavimento de la carretera costanera sur ruta nacional No. 34, sección Quepos – Savegre: Se localiza en las Provincias: 6, Puntarenas; Cantón: 6. Aguirre, Distritos 1° Quepos y 2 Savegre. Inicia en la intersección a la radial de Quepos en el Colegio (incluye la construcción de la intersección) y finaliza en la entrada al puente sobre el río Savegre, Distrito 2 Savegre (sentido Quepos - Dominical). Incluye además la intersección entre la Ruta Nacional N° 34 y la Radial de entrada a Quepos. Para una longitud total de 19.5 Km.

Línea No 2 construcción del pavimento de la carretera costanera sur ruta Nacional no. 34, sección Savegre – Barú: Se localiza en las Provincias: 6, Puntarenas; Cantón: 6. Aguirre., Distrito 2 Savegre. Inicia en la salida del puente sobre el río Savegre y finaliza en la entrada al puente del río Barú, (sentido Quepos - Dominical). Para una longitud total de 22.5 Km.

### Línea 3: Construcción de obras complementarias en el área de influencia:

- Radial Quepos: Se localiza en las Provincias: 6, Puntarenas; Cantón 6. Aguirre., Distrito 1° Quepos. Inicia en la intersección entre la ruta Nacional N° 34 y la Radial de entrada a Quepos en el Colegio y finaliza en el Puerto de Quepos. Para una longitud total de 3.5 Km.
- Radial Matapalo: Se localiza en las Provincias: 6, Puntarenas; Cantón: 6. Aguirre., Distrito 2 Savegre, con esta obra se pretende mantener habilitada la ruta actual que atraviesa el poblado de Matapalo, mejorando así la calidad de vida de los pobladores. Presenta una longitud total de 2.0 Km. Esta carretera se encuentra en lastre a nivel de préstamo.
- Radial Hatillo: Se localiza en las Provincias: 6, Puntarenas; Cantón: 6. Aguirre, Distrito 2 Savegre. Con esta obra se pretende mantener habilitada la ruta actual que atraviesa el poblado de Hatillo, mejorando así la calidad de vida de los pobladores. Presenta una longitud total de 3.0 Km. Esta carretera se encuentra en lastre a nivel de préstamo.

El monto del contrato es de \$ 19 509 722,88 (dólares US) y el plazo de ejecución inicial era de 360 días efectivos contados a partir de la orden de inicio de la obra.

### **3. ANTECEDENTES**

Previo a este informe de auditoría en años anteriores se trabajó en varios proyectos del CONAVI con la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI), tanto para pavimentos flexibles como rígidos, entre estos se pueden citar, los informes de auditoría LM-AT-063-09 Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 10, Sección: Cartago – Paraíso y LM-AT-071-09 Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 102, Sección: San Vicente de Moravia – San Isidro de Coronado, ambos en pavimentos asfálticos y entregados el día 29 de mayo del 2009.

En términos generales los resultados del Índice de Regularidad Internacional en estos informes realizados por la Unidad de Auditoría, muestran valores mayores y por lo tanto no cumplen con los valores de las especificaciones internacionales tomadas como referencia.

En estos proyectos evaluados en el pasado se recomendó al CONAVI que para futuros proyectos considere 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, tal como se solicitó en el proyecto objeto de esta auditoría técnica.

Es importante mencionar que en los últimos años, en Costa Rica, se ha venido introduciendo la medición del IRI como parámetro de aceptación de diferentes proyectos de obra vial, al igual que en el proyecto Quepos-Barú, entre los proyectos que se puede mencionar:

- Ruta No 18. Sección Limonal-Tempisque: Reconstrucción y mejoramiento
- Ruta No 21. Sección Pavones-Intersección Corozal. Santa Rita-Jicaral-Lepanto-Playa Naranjo 11: Mejoramiento.
- Ruta No 23. Sección Interamericana-Caldera: Reconstrucción.

#### 4. METODOLOGÍA

En el Cartel del Licitación del proyecto Costanera Sur, sección: Quepos-Barú, se indica que... *“Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una rugosidad aceptable si todos los promedio consecutivos de cinco valores de IRI tienen un valor igual o inferior a 1,5m/Km., y ninguno de los valores individuales supera 2,0 m/km.”*

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 N°1 que resume algunas referencias de especificaciones de IRI utilizadas a nivel internacional, las cuales se presentan como una referencia para la Administración, de forma que puedan ser utilizadas como base para contrastar los valores obtenidos para el proyecto objeto de esta auditoría.

**Tabla N° 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 $\leq 2.0$ m/km Promedio Individual $\leq 2.8$ m/km		Promedio de 5 tramos consecutivos $\leq 3.0$ m/km Promedio Individual $\leq 4.0$ m/km														
	<b>Recepción de Obra Nueva</b>																	
	No se indica el intervalo de medición	IRI $\leq 1.5$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 1.9$ m/km, en el 85% de los datos IRI $\leq 2.3$ m/km, en el 99% de los datos	IRI $\leq 2.0$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 2.5$ m/km, en el 85% de los datos IRI $\leq 2.8$ m/km, en el 99% de los datos	IRI $\leq 2.4$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 2.9$ m/km, en el 85% de los datos IRI $\leq 3.4$ 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 $\leq 2.0$ m/km Promedio Individual $\leq 3.0$ m/km		----														
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos con un intervalo de medición de 100 m	IRI $\leq 1.5$ m/km, en el 50% de los tramos del proyecto IRI $\leq 2.0$ m/km, en el 80% de los tramos del proyecto IRI $\leq 2.5$ 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>&lt; 1.1</td> <td>Pav. Nuevo</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.17</td> <td>1 Año</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.29</td> <td>2 Años</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.33</td> <td>3 Años</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.37</td> <td>4 Años</td> </tr> <tr> <td>&lt; 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 $\leq 1.4$ m/km IRI $\leq 2.4$ m/km		----														
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	<b>Caminos Rurales</b>																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI $\leq 3.0$ m/km	----	----														
	<b>Vías Interurbana</b>																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI $\leq 2.0$ m/km	IRI $\leq 2.5$ m/km	----														
Quebec, Canadá	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI $\leq 1.2$ m/km, en el 70% de los datos IRI $\leq 1.4$ m/km, en el 100% de los datos	----	----														
Eslovenia	<b>Carreteras de alto tránsito</b>																	
	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		----														
	<b>Carreteras de bajo tránsito</b>																	
	IRI obtenido en tramos de 20 m	4.0 $\leq$ IRI $\leq$ 4.6 m/km		----														
	IRI obtenido en tramos de 100 m	3.0 $\leq$ IRI $\leq$ 3.8 m/km		----														
Portugal	No se indica el intervalo de medición	IRI $\leq 1.5$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 2.5$ m/km, en el 80% de los datos IRI $\leq 3.0$ m/km, en el 90% de los datos	IRI $\leq 2.0$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 2.5$ m/km, en el 75% de los datos IRI $\leq 3.0$ m/km, en el 100% de los datos	----														

Fuente: Informe UI-03-08, LanammeUCR.

Para el presente informe LM-AT-096-10 se realizó la medición del IRI el 22 de noviembre del 2010, para el análisis de resultados se consideraron como singularidades cambios de carril, baja velocidad y puentes, por lo tanto las mediciones de IRI no se incorporan en el análisis de los datos 50 metros después de la singularidad.

Como singularidad se conoce:” *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*<sup>3</sup>”.

La medición se realizó en ambos sentidos de circulación en toda la longitud del proyecto, tal y como se muestra en la Figura N°3.



Figura N° 3. Proyecto Quepos-Barú. Identificación del tramo de estudio

<sup>3</sup> Fuente: LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

#### **4.1 AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME PRELIMINAR LM-AT-096B-10**

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica donde se le brinda audiencia a la parte auditada para que se refiera al informe preliminar, el día 19 de octubre 2010 se llevó a cabo la reunión para la presentación del informe LM-AT-096B-10 en la que participaron el Ing. Enrique Sánchez Marín, Director Ejecutivo de la Unidad Ejecutora Costanera Sur y el equipo auditor encargado del desarrollo del informe.

Tomando en cuenta los comentarios y observaciones realizados en esta reunión, así como el oficio LM-AT-166-10 del 10 de noviembre del 2010, emitido por la Ing. Jenny Chaverri Jiménez, Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica y el oficio UEC 2010-908 del 22 de noviembre 2010, emitido por el Ing. Enrique Sánchez Marín, en el que dio respuesta escrita al informe preliminar, se procedió a realizar las revisiones y análisis respectivos al informe borrador para la emisión del presente informe final.

#### **5. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA**

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

Se entiende como hallazgo de auditoría un hecho que hace referencia a una normativa o bien, a algún documento contractual; ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, las observaciones se fundamentan en normativas o especificaciones que no son documentos contractuales, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería y a la experiencia internacional. Además 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 prevengan el riesgo potencial de incumplimiento.

## 5.1 HALLAZGOS DE LA AUDITORÍA

En esta sección, se detalla sobre los hallazgos que se detectaron durante el proceso de ejecución de esta Auditoría Técnica. La medición fue realizada en noviembre del 2010.

### 5.1.1 Hallazgo No 1: Sobre el cumplimiento en el control del Índice de Regularidad Internacional (IRI) del proyecto

En el proyecto se observó que la condición de regularidad de la superficie de ruedo no cumple con la especificación indicada en el cartel de licitación, particularmente para el caso de valores promedio.

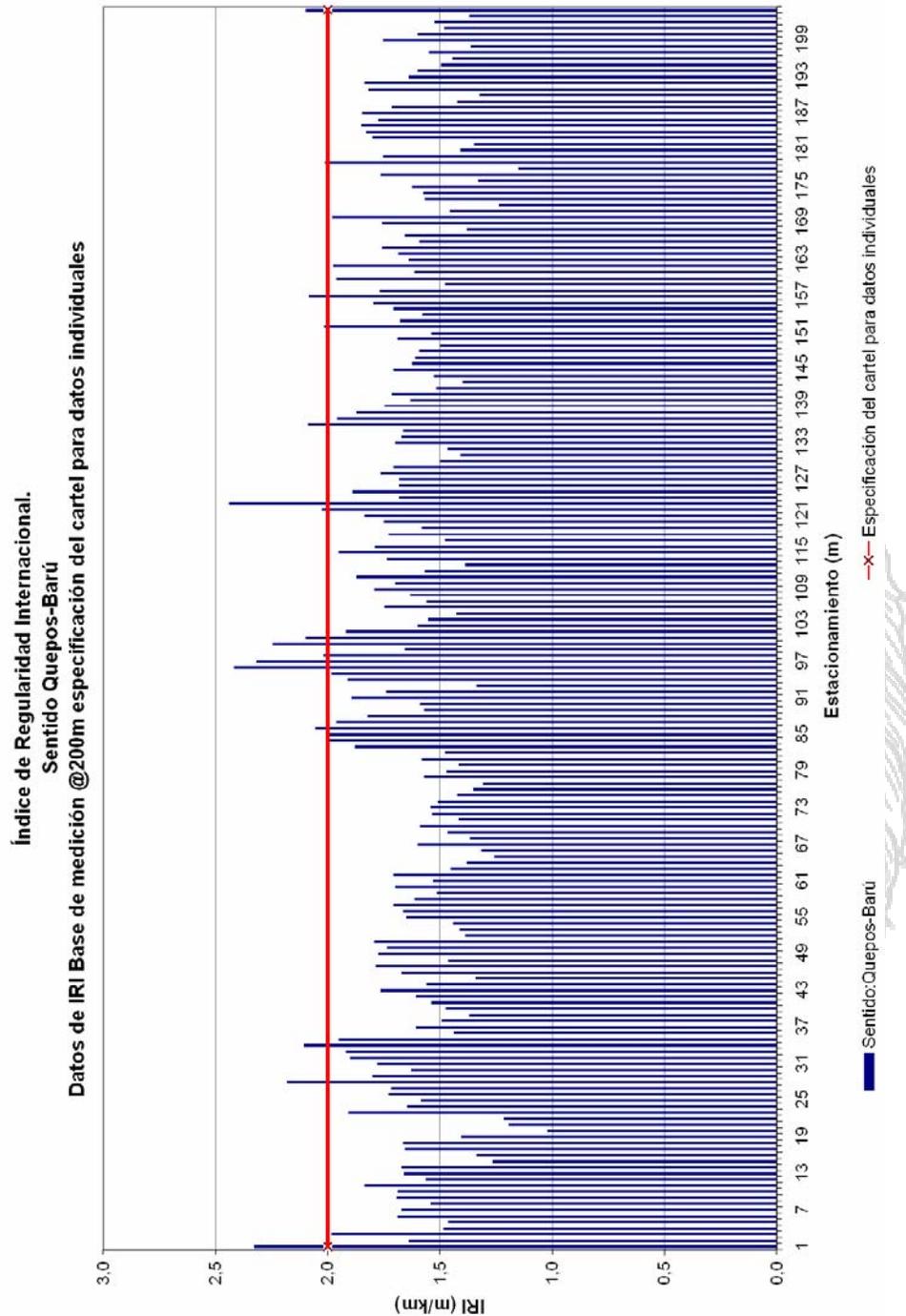
En el cartel de licitación en la sección 11 “Control de Rugosidad (IRI)” se menciona lo siguiente: ...“*Se medirá de forma continua en tramos de 200m*”...” *La evaluación del IRI se realizará por tramos de cinco tramos consecutivos. Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una rugosidad aceptable si todos los promedios consecutivos de cinco valores de IRI tienen un valor igual o inferior a 1,5 m/Km., y ninguno de los valores individuales supera 2,0 m/km.*”

También se menciona que... “*En caso de incumplimiento, el contratista deberá efectuar las reparaciones necesarias para llegar a un IRI bajo el límite máximo establecido. En caso contrario, se le aplacará 40% del costo de las capas asfáltica y de la base estabilizada*”.

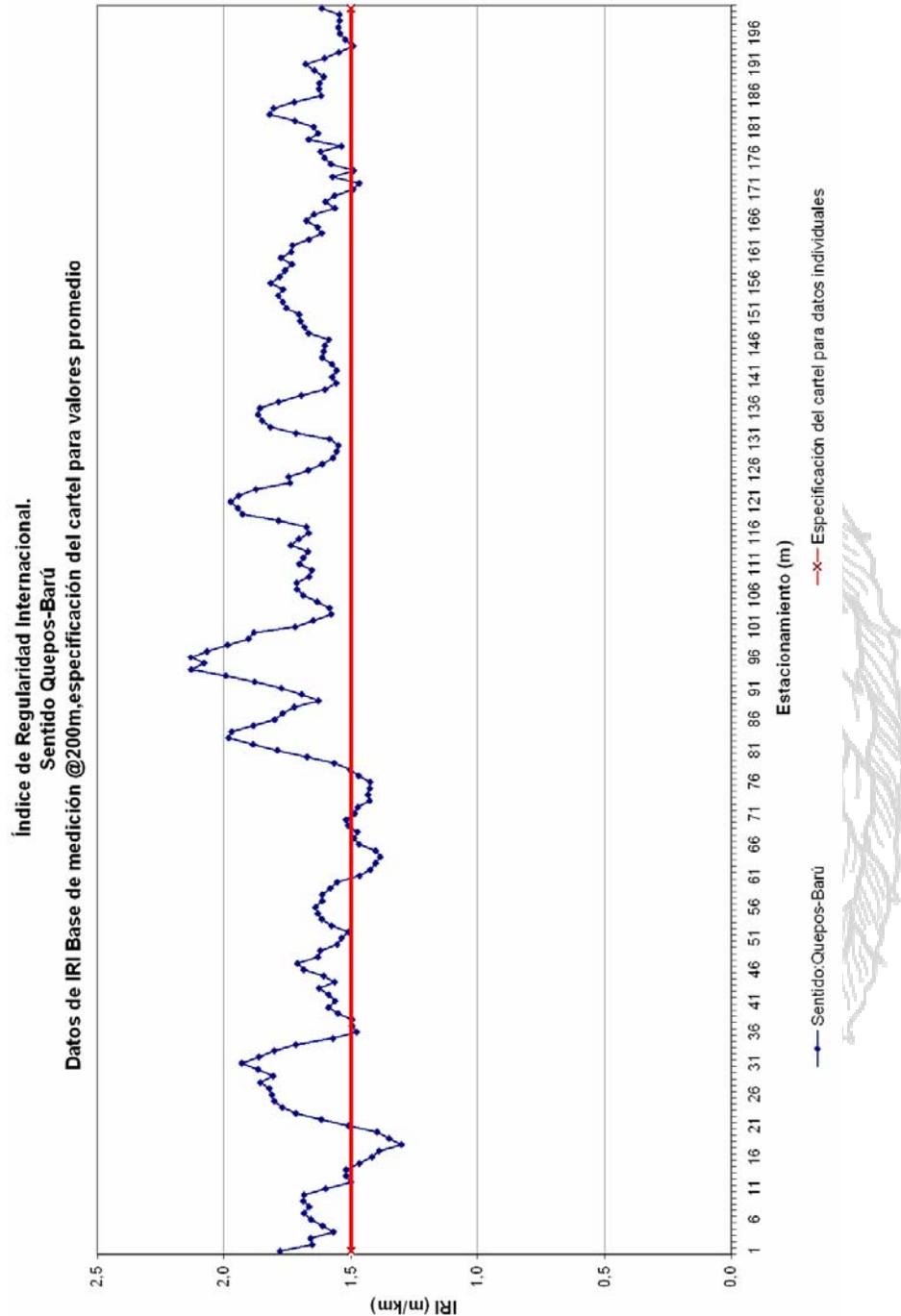
A continuación se presentan los gráficos del N° 1 al N° 4, en los cuales se muestra de forma gráfica la especificación señalada por el cartel.

#### Sentido Quepos-Barú

A continuación se muestran en los siguientes gráficos, la condición del IRI según el cartel de licitación del proyecto, para tramos consecutivos de 200 m. En el Gráfico N° 1 se puede observar el valor de los datos individuales y la especificación; en el Gráfico N° 2 se muestra el promedio de 5 tramos consecutivos de 200m.



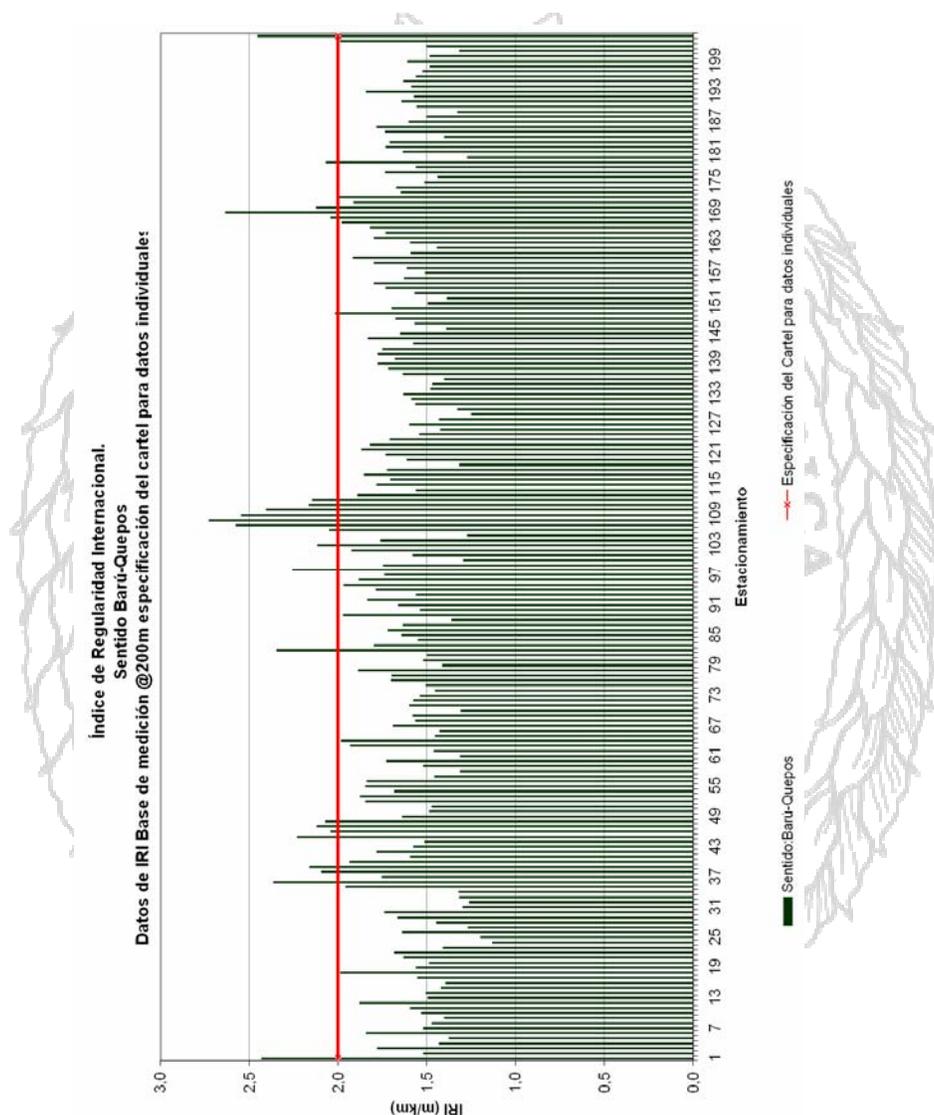
**Gráfico N° 1.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Quepos-Barú. Base de medición cada 200m, en comparación con la especificación de IRI del Cartel de Licitación.  
Fecha de realización del ensayo: 22/11/10



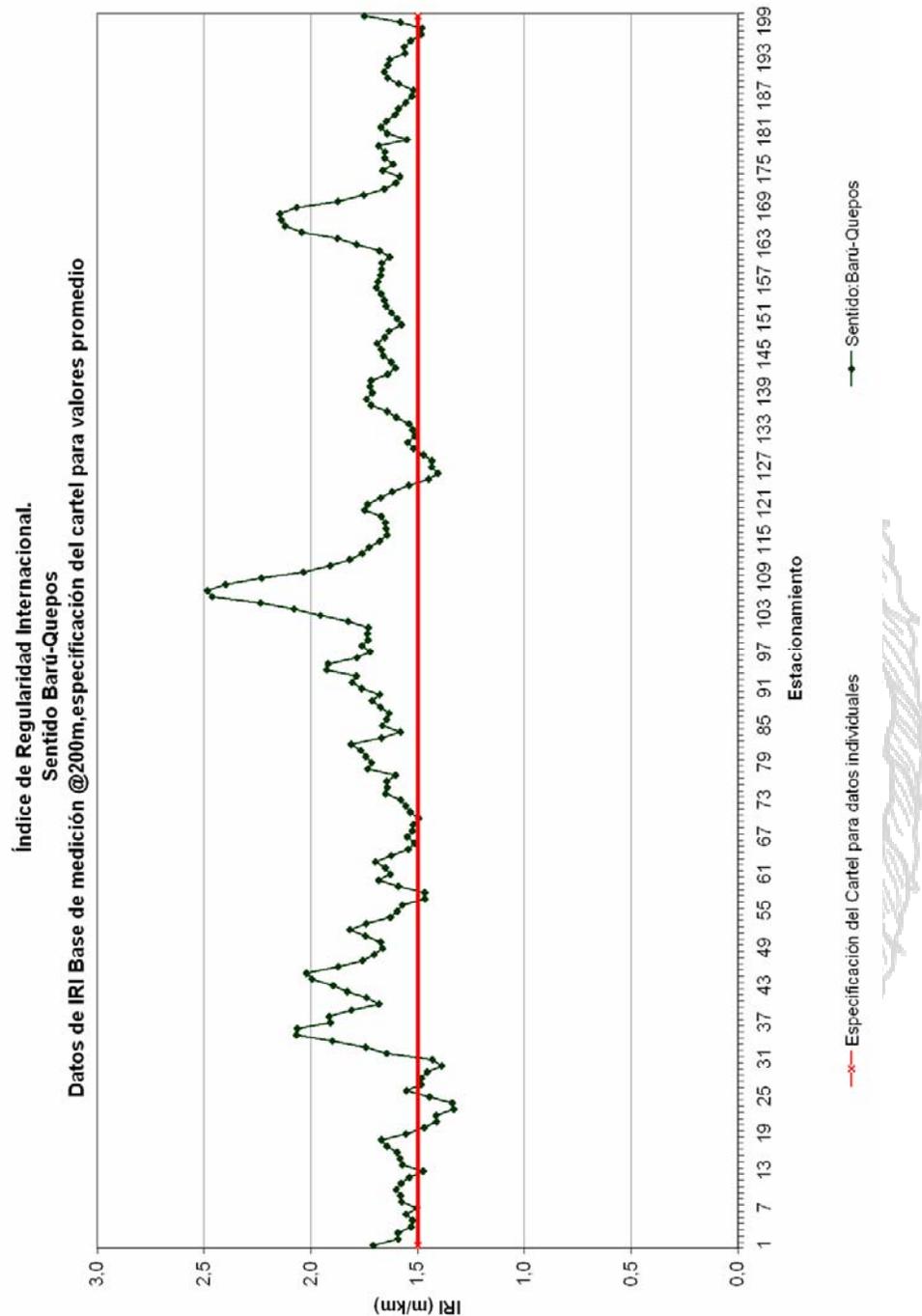
**Gráfico N° 2.** Datos de valores consecutivos de IRI, en el sentido de circulación Quepos-Barú. Base de medición cada 200m, en comparación con la especificación de IRI del Cartel.  
Fecha de realización del ensayo: 22/11/10

## Sentido Barú-Quepos

A continuación se muestran en los siguientes gráficos, la condición del IRI según el cartel de licitación del proyecto para el sentido Barú-Quepos, para tramos consecutivos de 200 m. En el Grafico N° 3 se puede observar el valor de los datos individuales y la especificación; en el Gráfico N° 4 se muestra el promedio de 5 tramos consecutivos de 200m.



**Gráfico N° 3.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Barú- Quepos. Base de medición cada 200m, en comparación con la especificación de IRI del Cartel de Licitación.  
Fecha de realización del ensayo: 22/11/10



**Gráfico N° 4.** Datos de valores consecutivos de IRI, en el sentido de circulación Barú-Quepos. Base de medición cada 200m, en comparación con la especificación de IRI del Cartel de Licitación.  
Fecha de realización del ensayo: 22/11/10

Según pruebas de IRI realizadas por el LanammeUCR en noviembre del 2010, indican que el promedio de 5 tramos consecutivos de 200m, en algunos casos no cumple con la especificación indicada en el cartel de licitación del proyecto, la que indica que los valores promedio de cinco tramos consecutivos deben ser menor o igual a 1,5 m/Km., ni en la que los valores individuales deben ser menores a 2,0 m/km. Esto se evidencia en los gráficos del N° 1 al N° 4 donde se presentan los resultados obtenidos utilizando el perfilómetro láser, para ambos sentidos del proyecto. En el anexo de este informe se adjuntan los resultados del Laboratorio de Campo del LanammeUCR

Es importante mencionar que diferentes investigaciones realizadas, revelan que los costos de operación de los vehículos dependen de la magnitud de las irregularidades superficiales del pavimento, afectando la velocidad de circulación, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible.

Los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, pueden reflejarse no sólo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación.

En investigaciones en las cuales se ha evaluado la influencia de valores iniciales de IRI con el comportamiento del pavimento a largo plazo (Zaghloul, 1996), demuestran que valores iniciales elevados de IRI ocasionan mayores deterioros en el tiempo, mayor costo de mantenimiento, una vida útil de servicio inadecuada y rehabilitaciones o reconstrucciones a temprana edad del pavimento. Aún solucionándose los deterioros iniciales, el pavimento siempre presentará fallas funcionales en el tiempo más graves que aquel pavimento que inició su vida útil con un valor de IRI menor.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Fuente: LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

## 5.2 OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA

Como se indicó anteriormente, las observaciones se fundamentan en normativas o especificaciones que no son documentos contractuales, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería y a la experiencia internacional.

Como parte del proceso de auditoría aplicado en este informe, se analiza parte de la información aplicando los conceptos y las especificaciones establecidas en el “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010” con el propósito de fundamentar la importancia de la aplicación de herramientas estadísticas en el control de procesos de producción.

### 5.2.1 Observación N° 1: Sobre los resultados del ensayo del Índice de Regularidad internacional IRI, en comparación con la especificación contractual y el método de Aceptación del Trabajo de la sección 107 del CR-2010.

Utilizando como base de medición del IRI cada 200 m, tal como lo requiere la especificación cartelaria, se realizó un análisis comparativo de los valores obtenidos para cada sentido de circulación en el proyecto y los rangos establecidos en el cartel de licitación del proyecto Costanera Sur, sección: Quepos-Barú.

Para realizar dicha comparación, se utilizó como herramienta la sección 107 *Aceptación del Trabajo* del CR-2010, en la cual se realiza un análisis estadístico utilizando los límites superiores de los requisitos establecidos. De esta forma se cuantifica mediante un estimado estadístico ( $P_T$ ) la cantidad (porcentaje) de resultados que se encuentran por fuera de los límites de referencia para la aceptación de una superficie de ruedo.

Para el sentido de circulación Quepos-Barú, se obtiene que  $P_T=7,0\%$  (Porcentaje defectuoso) que se refiere al porcentaje total estimado de los datos individuales fuera del rango establecido ( $\geq 2,0$  m/Km.) y que para el rango de promedios consecutivos de cinco valores de IRI ( $\geq 1,5$  m/Km.) se obtuvo un  $P_T=85,0\%$ .

En el caso del sentido Barú-Quepos, se obtiene que  $P_T=22,0\%$  (Porcentaje defectuoso) que se refiere al porcentaje total estimado de los datos individuales fuera del rango establecido ( $\geq 2,0$  m/Km.) y que para el rango de promedios consecutivos de cinco valores de IRI ( $\geq 1,5$  m/Km.) se obtuvo un  $P_T=84,0\%$ .

### 5.2.2 Observación N° 2: Sobre los resultados del ensayo del Índice de Regularidad internacional IRI, realizado por el LanammeUCR.

El Índice de Regularidad Superficial se puede calcular utilizando diferentes bases de medición, ya que varían de acuerdo con el objetivo deseado. Si se requiere hacer un análisis a nivel de red (ejemplo: priorización de rutas para su intervención), entonces se suele utilizar una base de medición a cada 200m. Por otro lado, si se desea hacer una evaluación a nivel de proyecto (ejemplo: control de calidad y aceptación), entonces la base de medición disminuye.

A continuación en la Tabla N° 2 se muestra las bases de medición utilizadas por el equipo auditor para el análisis del IRI.

**Tabla N° 2.** Bases de medición de IRI utilizadas en el informe LM-AT-096-10

Nivel	Base de medición	Objetivo
Red	Cada 200m.	Aplicación para la verificación de la regularidad superficial a nivel de red (especificación de Chile) <sup>5</sup>
Proyecto	Cada 100m.	Aplicación para la verificación de regularidad superficial general del proyecto (especificación El Salvador, Canadá) <sup>6</sup>
	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

Para ilustrar esta diferencia de valores de IRI se presentan diversas gráficas con el propósito de mostrar las comparaciones calculadas a diferentes distancias. El LanammeUCR realizó el cálculo de mediciones de Índice de Regularidad Superficial en intervalos de 200m, 100m, 50m y 10m. Los resultados obtenidos se pueden observar en los gráficos de las siguientes secciones:

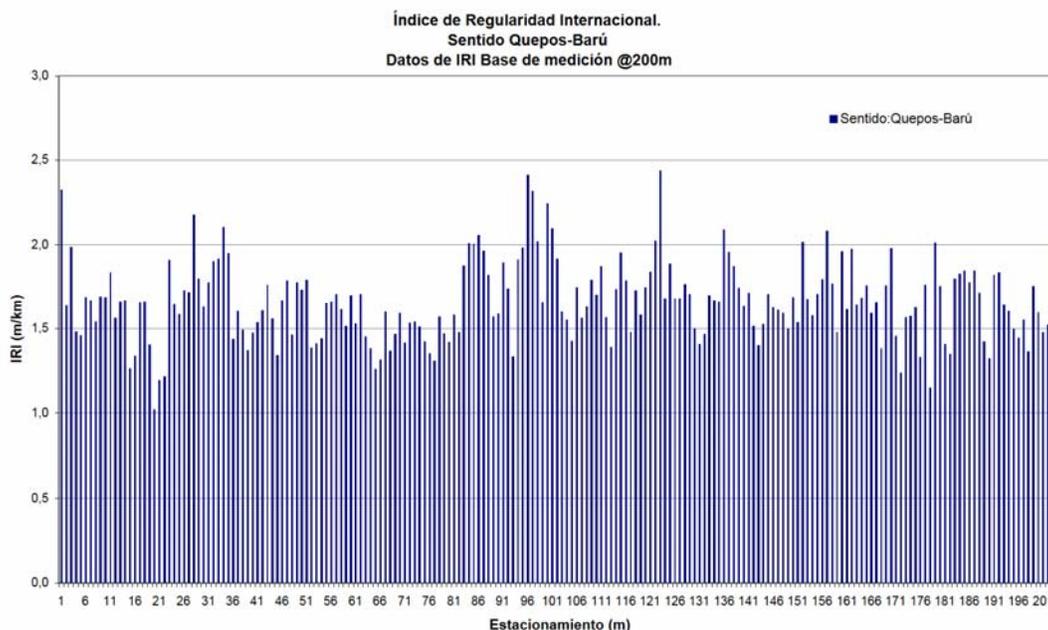
<sup>5</sup> Fuente: LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

<sup>6</sup> Fuente: Li Ningyuan et al. Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads", Canada.

### 6.2.1. Resultados de IRI con base de medición de 200 m:

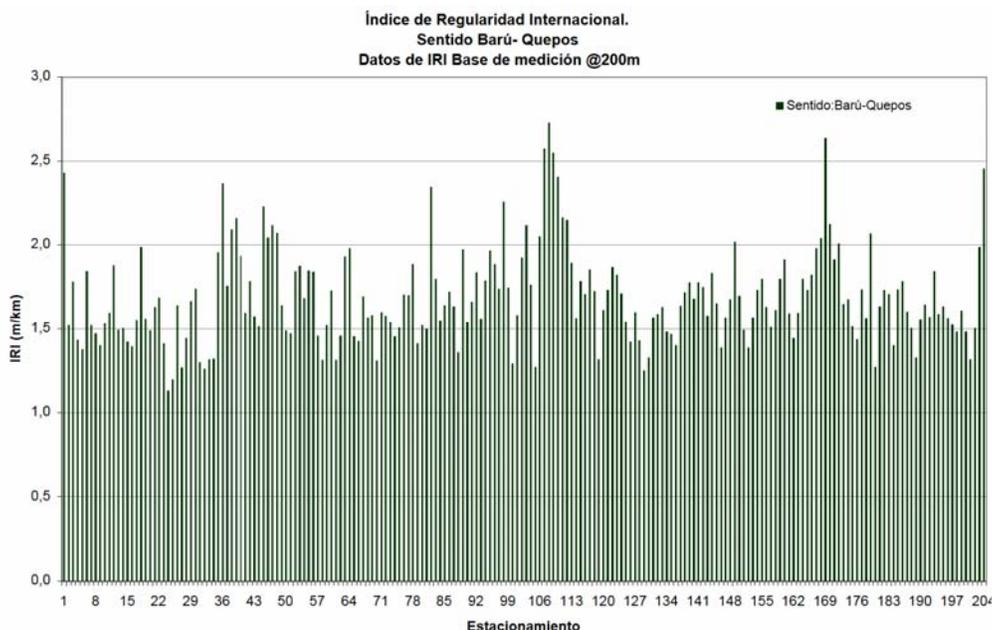
La medición del índice de regularidad internacional (IRI) en intervalos de 200 m se utiliza para realizar una evaluación a nivel de red vial, en la que no se requiere de mediciones detalladas, y las cuales se utilizan para programar intervenciones de mantenimiento o de reconstrucción y definir prioridades, tal y como se menciona en la Tabla N° 2. En el Cartel de Licitación de este proyecto se solicita utilizar esta base de medición.

A continuación se presentan los gráficos del N° 5 y N° 6 donde se muestra la variación del IRI a lo largo del proyecto utilizando una base de medición cada 200m.



**Gráfico N° 5.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Quepos-Barú. Base de medición cada 200m.

Fecha de realización del ensayo: 22/11/10



**Gráfico N° 6.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Barú-Quepos. Base de medición cada 200m. Fecha de realización del ensayo: 22/11/10

En los gráficos N° 5 y N° 6, se observa un rango de IRI de:

- Para el sentido Quepos-Barú: 1,0 a 2,4 m/km.
- Para el sentido Barú- Quepos: 1,1 a 2,7 m/km.

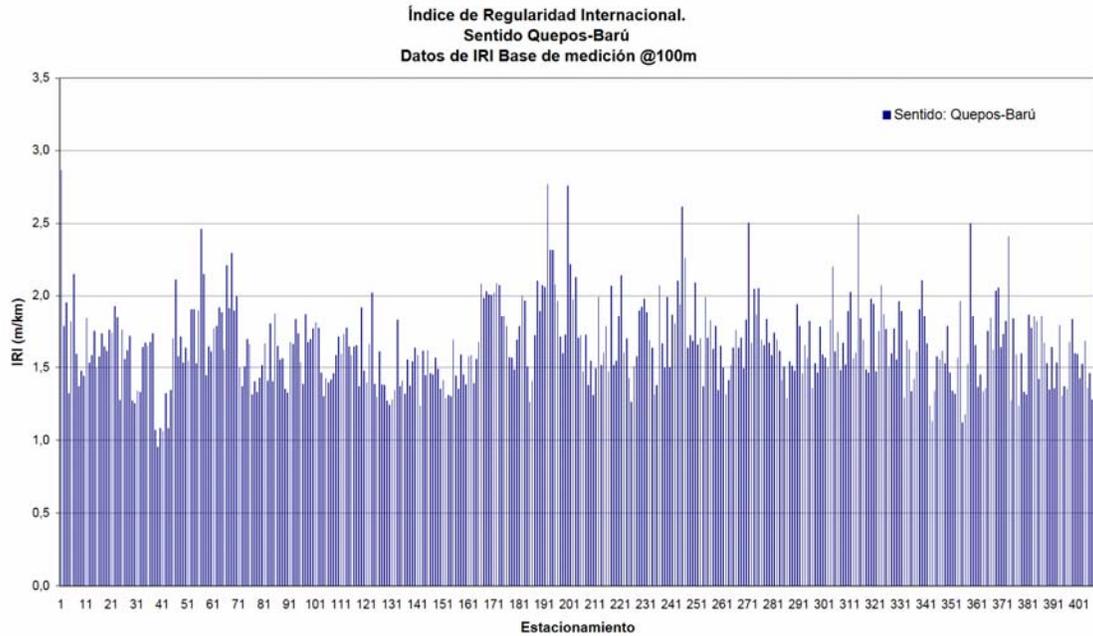
### 6.2.2. Resultados de IRI con base de medición de 100 m:

La medición del parámetro IRI en intervalos cada 100 m se utiliza, al igual que el caso anterior, para realizar una evaluación a nivel de red vial, en la que no se requiere de mediciones detalladas, pero siendo esta menor muestra más detalle de la regularidad del proyecto.

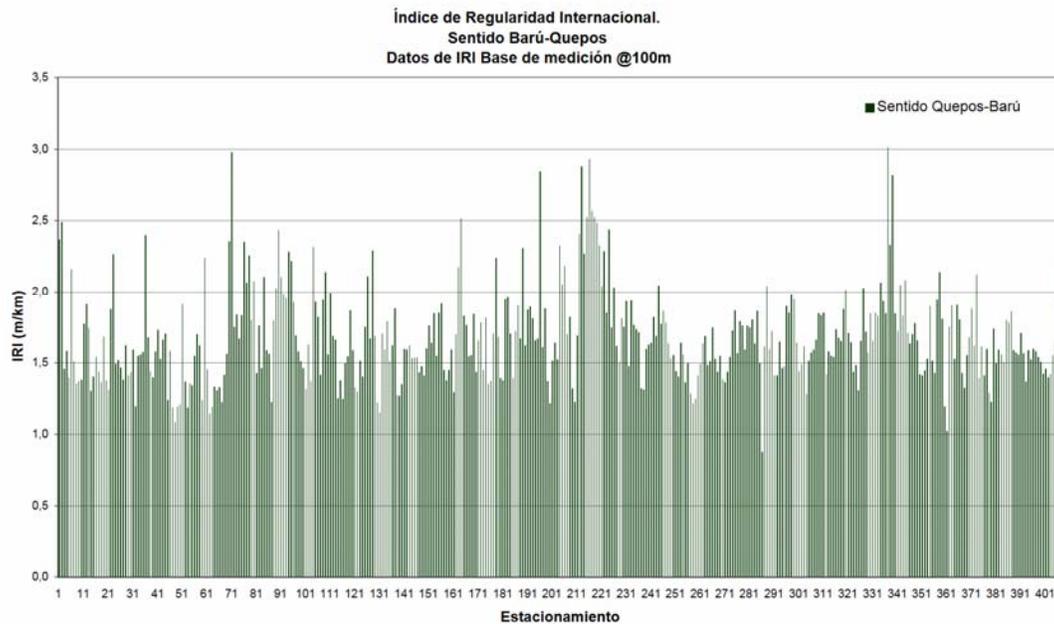
Los resultados de IRI como aplicación para la verificación de regularidad superficial general del proyecto, con base de medición de 100 m, se presentan a continuación en los gráficos N° 7 y N° 8.

En los gráficos N° 7 y N° 8 se observa un rango de IRI de:

- Para el sentido Quepos-Barú: 1,0 a 2,9 m/km.
- Para el sentido Barú-Quepos: 0,9 a 3,0 m/km.



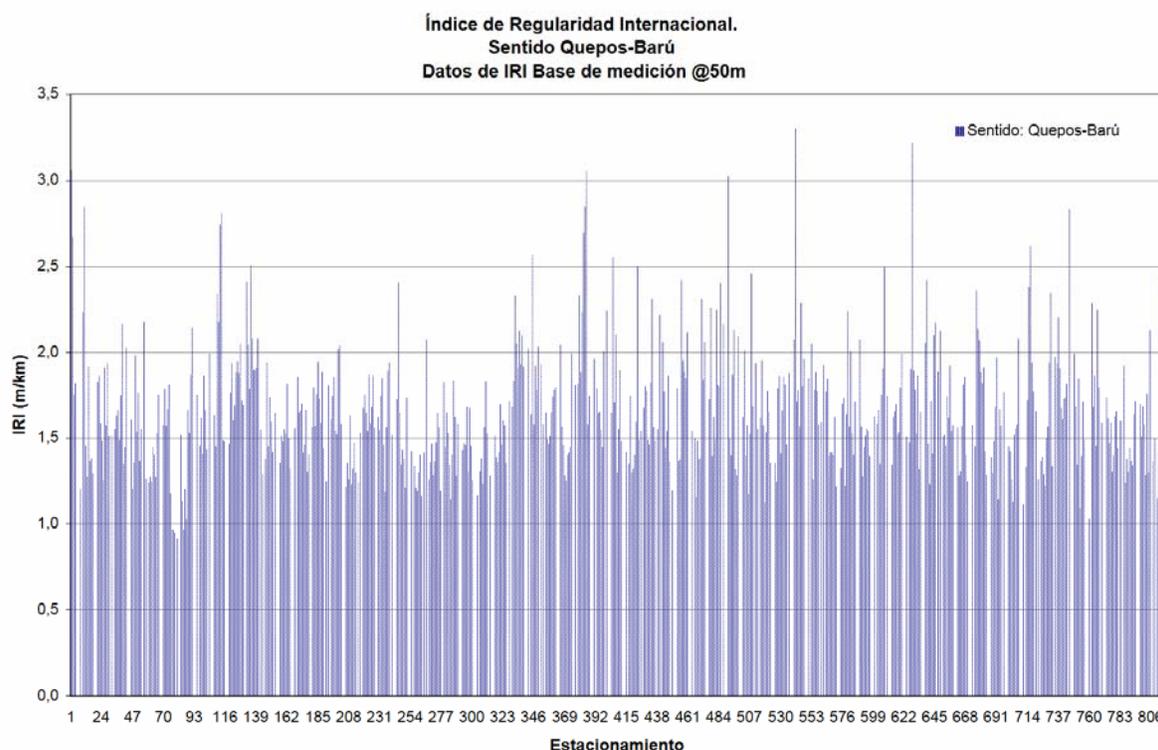
**Gráfico N° 7.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Quepos-Barú. Base de medición cada 100m. Fecha de realización del ensayo: 22/11/10



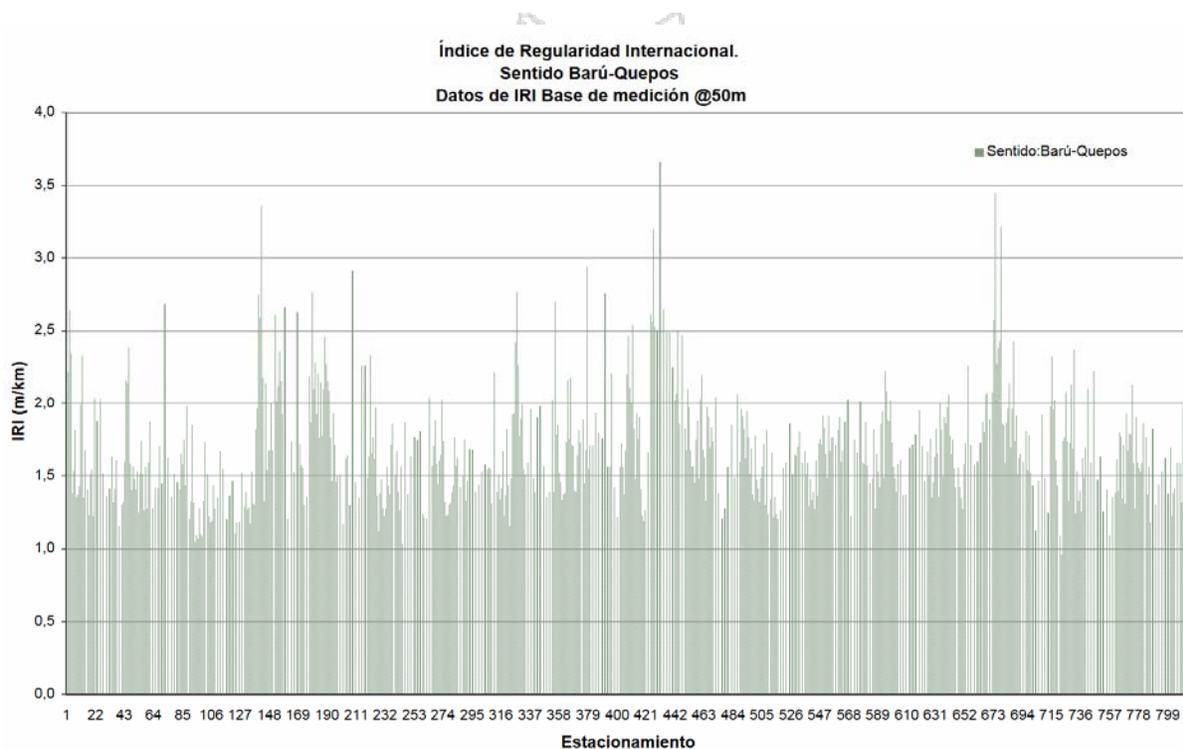
**Gráfico N° 8.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Barú-Quepos. Base de medición cada 100m. Fecha de realización del ensayo: 22/11/10

### 6.2.3 Resultados de IRI con base de medición de 50 m:

Al implementar la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en intervalos de 50 m, se busca realizar una verificación de regularidad superficial localizada del proyecto, al mostrar mayor detalle en los datos obtenidos se pueden identificar con mayor facilidad puntos con irregularidades importantes que al ser detectados pueden ser corregidos. A continuación se presentan los gráficos del N° 9 y N° 10 donde se muestra la variación del IRI a lo largo del proyecto utilizando una base de medición cada 50m.



**Gráfico N° 9.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Quepos-Barú. Base de medición cada 50m. Fecha de realización del ensayo: 22/11/10



**Gráfico N° 10.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Barú- Quepos. Base de medición cada 50m. Fecha de realización del ensayo: 22/11/10

En el Gráfico N° 9 y N° 10 se observa un rango de IRI de:

- Para el sentido Quepos-Barú: 0,9 a 3,3 m/km.
- Para el sentido Barú-Quepos: 1,0 a 3,7 m/km.

#### 6.2.4 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 Internacional 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:

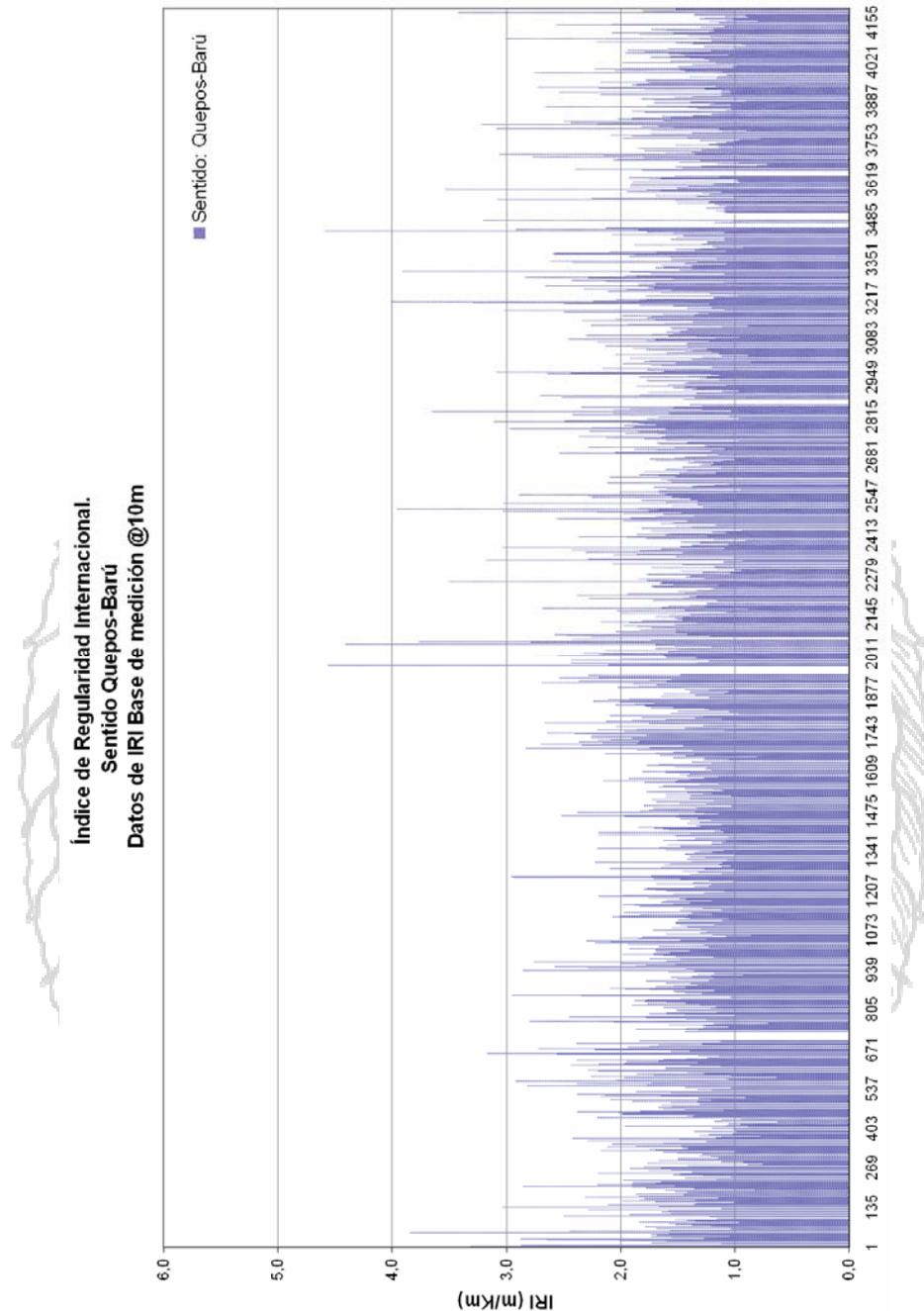
*“Por definición el IRI es un resumen estadístico de los datos agregados de la elevación del perfil. Cuando se usa como especificación de finiquito para pavimentos... recientemente construidos, se utiliza una base de medición relativamente amplia (p ej. 100 metros) permitiría una evaluación global del 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.”<sup>7</sup>*

La medición del IRI para evaluar una obra a nivel de proyecto, requiere 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, se presenta el resultado de IRI utilizando como base de medición 10 metros, para ambos sentidos de circulación.

---

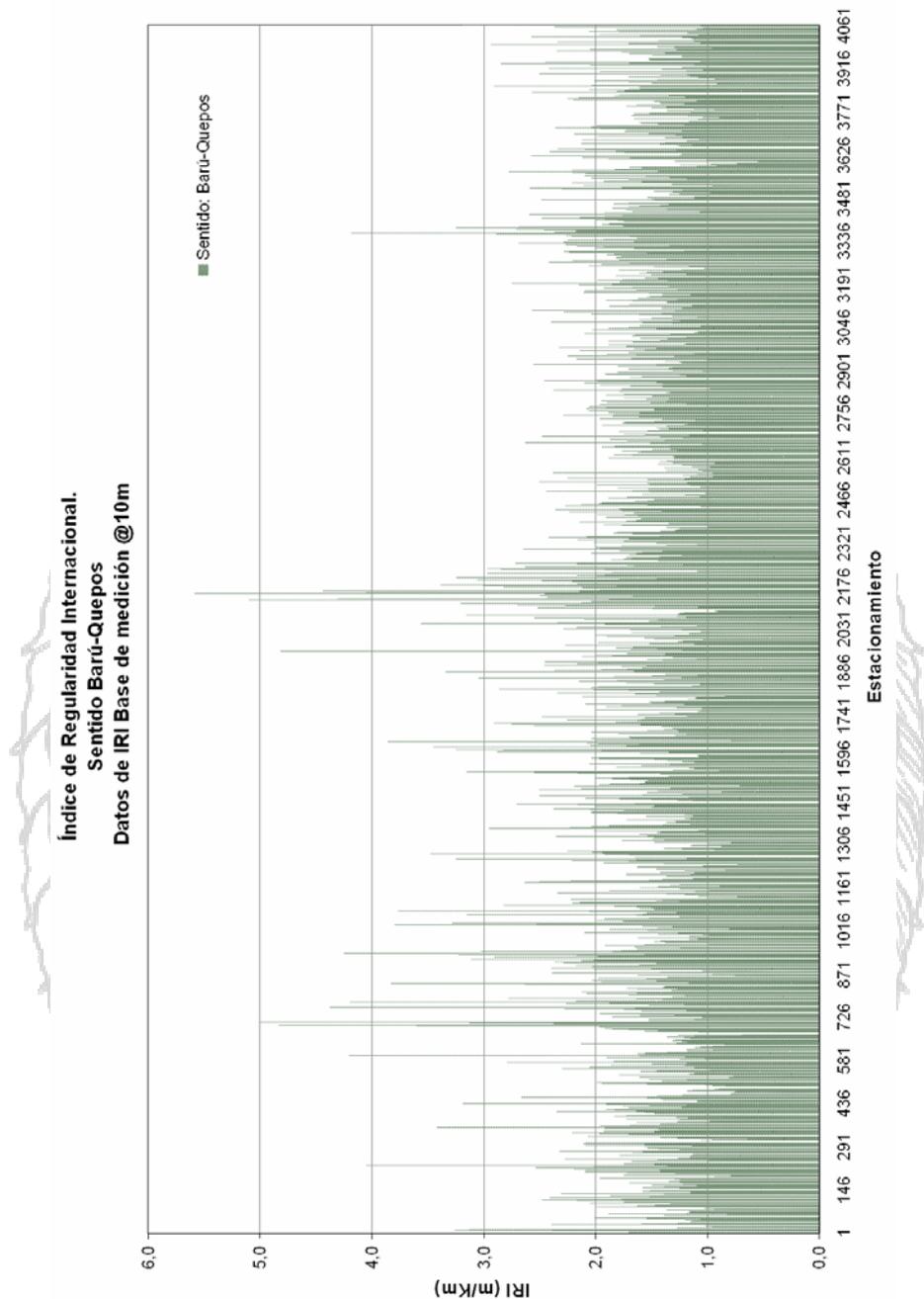
<sup>7</sup> Traducción de Li Ningyuan, Frank Marciello and Tom Kazmierowski. “Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads”, Canada.



**Gráfico N°11.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Quepos-Barú. 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: cambios de carril, disminución de velocidad y puentes.

Fecha de realización del ensayo: 22/11/10



**Gráfico N°12.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Barú- Quepos. 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: cambios de carril, disminución de velocidad y puentes.

Fecha de realización del ensayo: 22/11/10

En los gráficos N° 11 y N° 12, se observa un rango de IRI de:

- Para el sentido Quepos-Barú: 0,6 a 4,9 m/km.
- Para el sentido Barú-Quepos: 0,5 a 5,6 m/km.

Como se puede observar las mediciones realizadas cada 10 metros, reflejan para el valor máximo de IRI, irregularidades mayores 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, para de esta manera mejorar la regularidad de la superficie de ruedo.

En síntesis, para el proyecto Quepos-Barú se tienen los siguientes resultados de IRI para las diferentes bases de medición:

**Tabla N° 3.** Resumen de  
Resultados de IRI (m/km.) en el Proyecto: Quepos-Barú

Proyecto	Base Medición	Sentido	
		Quepos-Barú	Barú-Quepos
Quepos-Barú	@ 200 m	1,0 a 2,4	1,1 a 2,7
	@ 100 m	1,0 a 2,9	0,9 a 3,0
	@ 50 m	0,9 a 3,3	1,0 a 3,7
	@ 10 m	0,6 a 4,9	0,5 a 5,6

## 6. CONCLUSIONES

**6.1** El cartel de licitación del proyecto “Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 34, sección: Quepos – Barú” establece como requisito la medición del IRI, aspecto importante de resaltar ya que este parámetro de aceptación es utilizado en otros países debido a la importancia del IRI en el desempeño futuro del pavimento.

**6.2** Para el caso de los valores de IRI obtenidos con una base de medición de 200 m y en contraste con especificaciones del Cartel de Licitación del proyecto el IRI del proyecto Quepos-Barú no cumple con algunos de los valores establecidos para las características mencionadas, particularmente para el caso de los valores promedio. Esto se puede observar en los gráficos del N° 1 al N° 4.

**6.3** Utilizando la sección 107 “Aceptación del Trabajo” del CR-2010, se puede observar que: en el sentido de circulación Quepos-Barú se obtiene un  $P_T = 7,0\%$  de probabilidad de encontrar datos fuera del rango especificado para datos individuales y de  $P_T = 85,0\%$  en el caso de valores promedios. En el sentido Barú-Quepos se obtiene un  $P_T = 22,0\%$  de probabilidad de encontrar datos fuera del rango especificado para datos individuales y de  $P_T = 84,0\%$  en el caso de valores promedios.

## 7. RECOMENDACIONES

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

**Al Ministerio de Obras Públicas y Transportes y a la Unidad Ejecutora Costanera Sur.**

**7.1** Para futuros proyectos de construcción de obra vial, al igual que en este caso, continuar considerando 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, tal como se especificó en este proyecto, para futuras obras 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.



---

Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, MSc.  
Coordinador de PITRA  
LanammeUCR

**Firmas del equipo auditor**

---

Inga. Jenny Chaverri Jiménez, MSc. Eng.  
Coordinadora de Auditorías Técnicas.  
LanammeUCR

---

Inga. Raquel Arriola Guzmán  
Auditora LanammeUCR

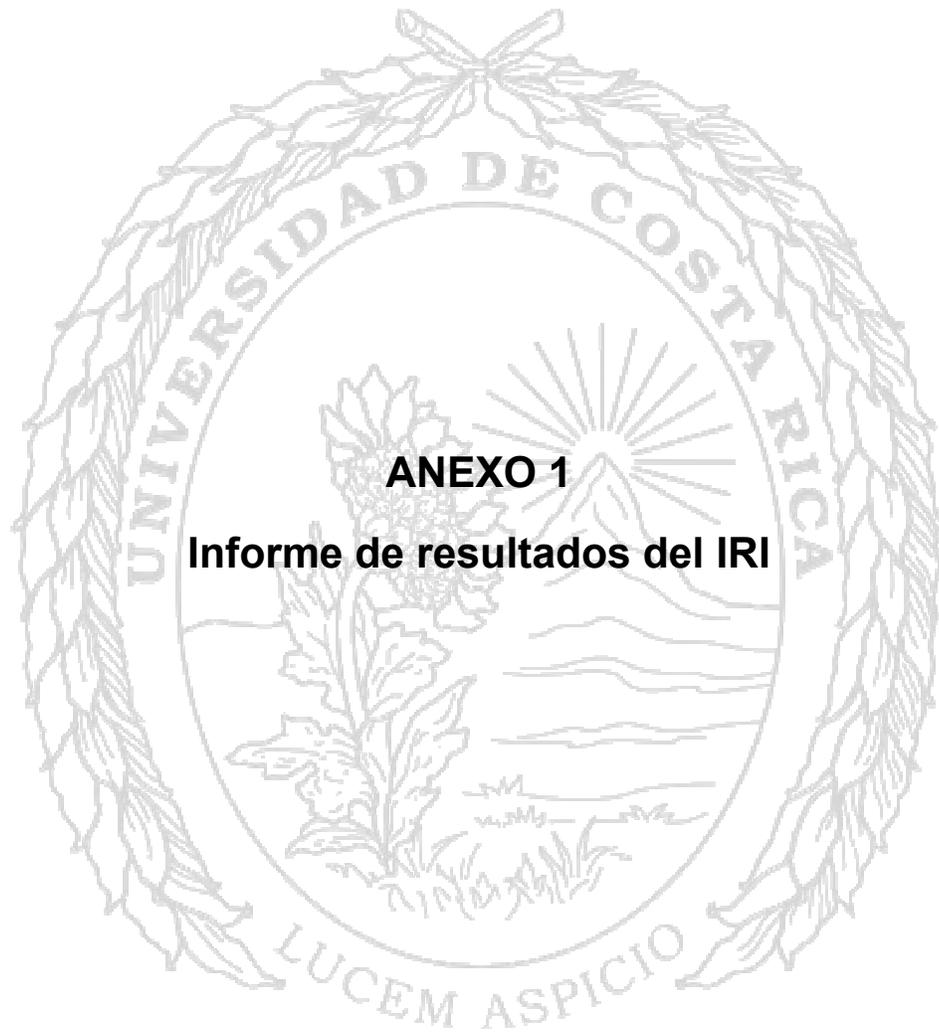
---

Inga. Ana Elena Hidalgo Arroyo  
Auditora LanammeUCR

**Visto Bueno De Legalidad**

---

Lic. Miguel Chacón Alvarado  
Asesor Legal Externo  
Auditorías Técnicas LanammeUCR



## **ANEXO 1**

### **Informe de resultados del IRI**