



3 de octubre de 2023  
**EIC-Lanamme-959-2023**

Ing. David Camacho Brenes  
Unidad Técnica de Gestión Vial  
Concejo Municipal del Distrito de Lepanto

Asunto: Atención de consulta sobre bastión en puente Quebrada La Fresca, Concejo Municipal de Lepanto .

Estimado señor:

Con fundamento en las disposiciones que determina el inciso g) del artículo 6 de la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias, le corresponde al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) la fiscalización para garantizar la calidad de la Red Vial Nacional, para lo cual se establece el asesoramiento técnico al sector municipal, sirva la presente para saludarle y a la vez hacer de su conocimiento que el día 13 de julio de 2023 se realizó una visita de inspección al puente vehicular ubicado sobre la Quebrada La Fresca en el distrito de Lepanto en el Camino Código 06-01-014, esto a partir de su solicitud de inspección recibida vía correo electrónico.

### 1. Descripción general

El puente visitado se ubica en la comunidad de La Fresca de Lepanto en las coordenadas 9.86458, -85.14751 sobre Quebrada La Fresca, ver figuras 1 y 2. Durante la visita se hizo énfasis en el bastión de margen derecha, el cual se indicó en la solicitud había presentado resistencias a la compresión en el concretas menores a las solicitadas.

En la siguiente tabla se resumen algunas características del puente:

Elemento	Descripción
Losa y vigas	El puente cuenta con una losa de concreto reforzado de 0.3m de espesor. No posee vigas adicionales.
Barandas	Las barandas del puente están conformadas por elementos metálicos cuadrados de 100 x 100mm en configuración de cercha, apoyados sobre un bordillo de concreto de 0.3m de altura. En total las barandas tienen una altura de 1,33m. Este puente cuenta con un paso peatonal en el sector aguas arriba.





EIC-Lanamme-959-2023  
Página 2

Elemento	Descripción
Bastiones	Los bastiones del puente son elementos tipo muro de concreto reforzado con un espesor de 0,3 m y una altura de 1,91 m desde el nivel de piso. Se tienen aletones en ambos márgenes.
Dimensiones principales	Longitud total: 7,10 m Ancho total: 6,8 m Altura libre al cauce: 1,9 m



**Figura 1:** Ubicación del puente.  
Fuente: Google Earth y LanammeUCR



EIC-Lanamme-959-2023  
Página 3



**Figura 2:** Vista general del puente.  
Fuente: LanammeUCR



EIC-Lanamme-959-2023  
Página 4

## 2. Análisis del caso:

### 2.1 Información aportada por CMD Lepanto

Como parte de los insumos aportados por el Consejo Municipal de Distrito (CMD) de Lepanto se recibió la siguiente información:

- Informe 1-0037-2023 LGC Ingeniería de pavimentos: En este informe se indica que la resistencia a la compresión de los cilindros muestreados en la colada del bastión #1 alcanzaba valores superiores a los 280kg/cm<sup>2</sup>. Con lo cual se estaba cumpliendo con lo indicado en los planos constructivos.

**Método de ensayo para la Resistencia a la compresión de especímenes de concreto hidráulico**  
**Método de ensayo para el moldeo y cura de especímenes de concreto hidráulico para ensayos en campo**

Identificación de la muestra	Estructura	Fecha de moldeo	Fecha de falla	Edad (días)	Carga (kN)	Resistencia Real		Resistencia Proyectada		Resistencia Teórica	
						MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
19-0767-23	Pantalla bastión #2	2023-02-23	2023-03-23	28	227.80	27.6	282	-	-	27.5	280
19-0768-23	Pantalla bastión #2	2023-02-23	2023-03-23	28	228.40	27.6	282	-	-	27.5	280
19-0769-23	Pantalla bastión #2	2023-02-23	2023-03-23	28	232.30	28.2	288	-	-	27.5	280
19-0789-23	Pantalla bastión #2	2023-03-01	2023-03-29	28	231.90	28.1	287	-	-	27.5	280
19-0790-23	Pantalla bastión #2	2023-03-01	2023-03-29	28	237.60	28.8	294	-	-	27.5	280
19-0791-23	Pantalla bastión #2	2023-03-01	2023-03-29	28	257.10	31.2	318	-	-	27.5	280
19-0825-23	Pantalla Bastión #1	2023-03-03	2023-03-31	28	239.40	29.0	296	-	-	27.5	280
19-0826-23	Pantalla Bastión #1	2023-03-03	2023-03-31	28	235.70	28.5	290	-	-	27.5	280
19-0827-23	Pantalla Bastión #1	2023-03-03	2023-03-31	28	229.70	27.8	283	-	-	27.5	280
19-1093-23	Delantal Entrada	2023-03-22	2023-03-29	7	171.50	20.8	212	29.7	303	27.5	280
19-1119-23	Losa Superior	2023-03-23	2023-03-30	7	200.30	24.3	248	34.7	354	27.5	280
19-1131-23	Delantal salida puente LD	2023-03-24	2023-03-31	7	121.80	14.8	151	21.1	216	27.5	280

**Figura 3:** Resultados de resistencia a la compresión del concreto  
Fuente: Informe 1-0037-2023 LGC Ingeniería de Pavimentos

- Informe CR-LAB-LIM-2023-2617b CACISA: En este informe se indica que la resistencia a la compresión de los cilindros muestreados alcanzaba valores inferiores a los 280kg/cm<sup>2</sup>. Con lo cual no se estaría cumpliendo con lo indicado en planos constructivos.



**RESISTENCIAS DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO AASHTO T 22 (ASTM C39)\*  
REVENIMIENTO DEL CONCRETO CON CEMENTO HIDRÁULICO (ASTM C143/C143M)\*:  
TEMPERATURA DEL CONCRETO (ASTM C 1046)\*:**

**Resistencia esperada a los 28 días: 280 kg/cm<sup>2</sup>**

N° CILINDRO	ELEMENTO	TEMPERATURA (°C)	*REV. (mm) sin aditivo	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE FALLA	EDAD (días)	DIAMETRO PROMEDIO (mm)	ÁREA TRANSV (mm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (KN)	TIPO DE FALLA	FALLA	FALLA	PROMEDIO Y/O PROYECCIÓN A LOS 28 DÍAS
											MPa		Kg/cm <sup>2</sup>
1	Muro #1	35,5	165	3-mar-23	10-mar-23	7	152,4	18232	307	2	16,8	172	253
2					17-mar-23	14	152,4	18232	362	2	19,8	202	241
3					31-mar-23	28	152,4	18232	391	5	21,4	219	218
4							152,4	18232	390	5	21,4	218	

**Figura 4:** Resultados de resistencia a la compresión del concreto  
Fuente: CR-LAB-LIM-2023-2617b CACISA

- Informe CR-LAB-LIM-2023-3093 CACISA: Este informe trata sobre los resultados obtenidos del ensayo de compresión ejecutada a núcleos de concreto muestreados del bastión #1 (margen derecha).

Núcleo N°	Fecha de falla	Hora de falla	Altura Promedio (mm)		Promedio Diametro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Relación (L/D)	Carga (KN)	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Factor de Corrección	Resist. Corregida		Cumplimiento
			Extraído	Aserrado								kg/cm <sup>2</sup>	Mpa	
1	09/05/2023	04:30 p.m.	300	207	102,2	8199,2	2140	2,03	173	214	1,00	214	21,0	No cumple
1A	09/05/2023	04:30 p.m.	300	125	102,2	8199,2	2100	1,22	184	228	0,92	210	20,6	No cumple

Nota: El valor de la incertidumbre del resultado de resistencia a la compresión es de 0,002016 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 5:** Resultados de ensayos en núcleos de concreto extraídos de bastión #1  
Fuente: CR-LAB-LIM-2023-2617b CACISA

- Lámina con detalle de refuerzo propuesto: se incluye una lámina constructiva indicando los detalles y ubicaciones del refuerzo propuesto para ser colocado en el bastión #1 del puente. La misma muestra el detalle de los anclajes, la sección de las columnas propuestas y sus respectivas ubicaciones. Esta lámina es coincidente con lo mostrado en el informe de análisis de capacidad mencionado anteriormente.



- Documento titulado “Análisis de capacidad de puente tipo alcantarilla”: este documento muestra el análisis de la condición del bastión #1 haciendo un estudio del desempeño de la estructura ante las cargas de diseño y una revisión de la capacidad del bastión bajo la consideración de que la capacidad del concreto es de 210kg/cm<sup>2</sup>. Como resultado, se muestra un diagrama de interacción donde el profesional estima que, para cargas axiales inferiores a las 500 toneladas, que son las condiciones de servicio estimadas de este puente, la capacidad estructural del muro no se ve afectada por la reducción en la resistencia del concreto. Sin embargo, como resultado propone la utilización de un reforzamiento adicional que consistente en cuatro columnas de acero HSS de 254 x 254 x 12,7 mm A500 grado B, esto como propuesta para solventar la reducción de la resistencia a la compresión mostrada en los resultados de los ensayos realizados al concreto, que, según el análisis realizado por el profesional, se concluyó que estas también tienen capacidad suficiente para soportar las cargas que actúan sobre el muro.
- Oficio CNS-2023-144-ING: Este documento por parte de Constructora Hermanos Navarro y Sojo retoma el detalle del cálculo del refuerzo propuesto y muestra fotografías de la ejecución de los trabajos realizados.

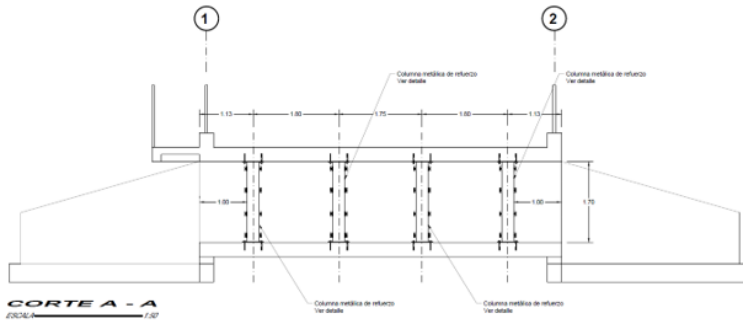
## 2.2 Inspección de campo

El día 13 de julio de 2023, personal profesional y técnico de la Unidad de Gestión Municipal del Lanamme realizó una visita al sitio para ejecutar una inspección especial al puente sobre Quebrada La Fresca, haciendo énfasis en las condiciones del concreto del bastión de margen derecha (bastión #1). Como resultado de esta inspección se tiene:

- Se realizó una verificación de ejecución de los trabajos de reforzamiento propuestos en la lámina constructiva, específicamente se constató el tamaño de las columnas y su ubicación, así como los anclajes propuestos. No se encontraron diferencias significativas entre lo propuesto en la lámina constructiva y lo existente en campo (ver figura 6).



EIC-Lanamme-959-2023  
Página 7



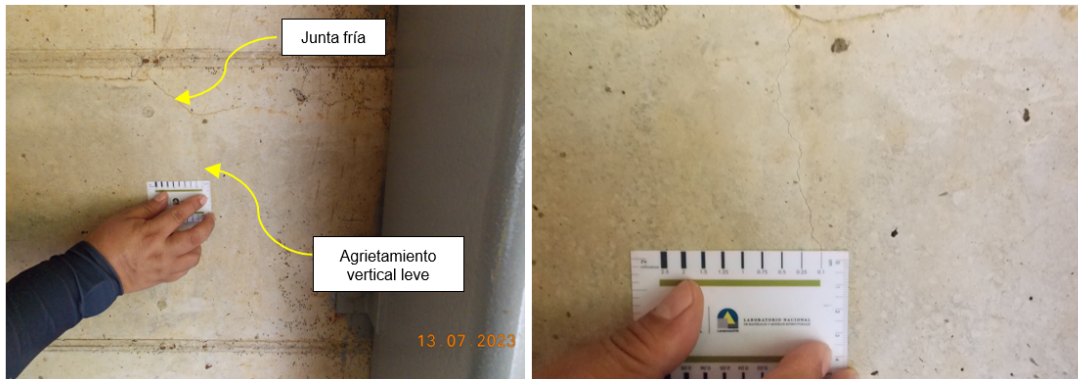
**Figura 6:** Verificación de trabajos ejecutados con relación a lo propuesto en lámina constructiva.  
Fuente: CMD Lepanto y LanammeUCR

- Se identifica un agrietamiento horizontal por junta fría en todo el ancho del bastión, el ancho máximo medido fue de 1 mm para este agrietamiento (ver figura 7).



**Figura 7:** Agrietamiento por junta fría con un ancho máximo medido de 1mm.  
Fuente: LanammeUCR

- Se identifican tres agrietamientos verticales en una dirección ubicados en la cara del bastión #1, estos agrietamientos poseen una abertura de 0.1mm (severidad leve). No presentan ramificaciones ni interconexiones entre sí (ver figura 8).



**Figura 8:** Agrietamiento vertical leve con ancho máximo de 0.1mm.  
Fuente: LanammeUCR

- Se identifican agrietamientos leves por contracción en borde superior del muro, los mismos presentan anchos máximos de 0.1mm (leves).



**Figura 9:** Agrietamientos por contracción en borde superior del bastión.  
Fuente: LanammeUCR

### 2.3 Aspectos de importancia a ser valorados

- Incumplimiento respecto a planos constructivos y normativa vigente:

La resistencia a la compresión del concreto solicitada en este proyecto es de 280kg/cm<sup>2</sup>, pero según los resultados obtenidos de los informes CR-LAB-LIM-2023-2617b CACISA y CR-LAB-LIM-2023-3093 CACISA esta resistencia no fue alcanzada por el concreto usado para la construcción de este bastión (ver Figura 4 y 5). Según la sección 552 del Manual de Especificaciones para la construcción de Carreteras y Puentes CR-2020 y la tabla 552-1(b) se establece que el concreto a utilizar en la construcción de bastiones debe tener una





EIC-Lanamme-959-2023  
Página 9

resistencia mínima a los 28 días de 28 MPa (280 kg/cm<sup>2</sup>). Por lo tanto, el concreto utilizado para la construcción de este bastión incumple con las condiciones solicitadas para el proyecto y con la normativa nacional vigente.

No obstante, en los capítulos 26 y 27 del ACI 318, indicado en los documentos del cartel como referencia donde se establecen los criterios para la evaluación y aceptación del concreto y para la evaluación de resistencia de estructuras existentes. En el Art. 26.12.6.1(g) se indica que, si los resultados de la resistencia de núcleos no se cumplen y si existe duda de la seguridad estructural, se pueden realizar evaluaciones adicionales según el Cap. 27 del mismo documento. Asimismo, en el Art. 27.2.2 se indica que, si los efectos de una deficiencia en la resistencia se entienden bien y es posible medir las dimensiones y propiedades de los materiales, se permite llevar a cabo una evaluación analítica de la resistencia.

- Capacidad estructural del bastión según análisis aportado:

De acuerdo con el análisis aportado por el contratista, el bastión #1 cuenta con una capacidad estructural suficiente para las cargas de servicio esperables en el puente a pesar de contar con una resistencia a la compresión menor a la solicitada. Adicionalmente, se cuenta con el reforzamiento de columnas de acero HSS de 254x254x12.7mm A500 grado B aplicado al bastión (verificado durante la inspección de campo). En el documento se demuestra que este refuerzo también cuenta con capacidad suficiente para soportar las cargas de diseño.

- Durabilidad del concreto:

La durabilidad se refiere a la capacidad del concreto de resistir deterioro prematuro ocasionado por el ambiente en donde es colocado, sin la necesidad de recurrir a mantenimiento excesivo. Entre las principales características del concreto que tienen un efecto directo en su durabilidad, se encuentra el recubrimiento de concreto al acero de refuerzo, así como la permeabilidad del concreto. Esta última propiedad describe la tasa de movimiento de líquidos y gases a través del concreto, los cuales podrían contener agentes contaminantes que causen corrosión del acero de refuerzo. Por lo tanto, un concreto con baja permeabilidad es favorable desde el punto de vista de durabilidad.

La relación agua/cemento del concreto tiene una relación estrecha tanto con la resistencia del concreto como con su permeabilidad. Una mayor relación agua/cemento de la mezcla por lo general implica una menor resistencia y una mayor permeabilidad del concreto. El hecho de que el concreto del bastión presentara una resistencia a la compresión inferior a la solicitada podría estar asociado a que la relación agua/cemento fuese mayor a la que requiere la normativa (0,49 para concreto de elementos estructurales, según la sección 552 del CR-2020). Esto a su vez resultaría en una mayor permeabilidad del concreto y, por lo tanto, en una menor durabilidad.



Es importante tener claro que la durabilidad no es una propiedad intrínseca del material, sino que también depende del ambiente particular a la que estará expuesto el concreto durante su vida de servicio. Condiciones particulares que podrían tener un efecto negativo sobre el concreto incluyen la exposición a sulfatos (concretos en contacto con el suelo o con aguas subterráneas) o a iones de cloruro (concretos en ambientes marinos o expuestos a agua salada). En caso de que alguna de estas condiciones pueda estar presente en la estructura en cuestión, se debería garantizar que exista un adecuado recubrimiento de concreto al acero de refuerzo y preferiblemente una baja permeabilidad del concreto. En caso de considerarse necesario, existen ensayos que se pueden realizar con el fin de asegurar o revisar la durabilidad del concreto. Entre estos ensayos se encuentran los siguientes:

- ASTM C1084: Método de ensayo para determinar el contenido de cemento de concreto endurecido. Este tipo de ensayos pueden ser útiles para determinar la causa de insuficiencia en la resistencia o la durabilidad del concreto.
- ASTM C1202 (AASHTO T277): método de ensayo para medir la conductividad eléctrica del concreto, la cual puede asociarse con la permeabilidad y resistencia a la penetración de iones de cloruro en el concreto.

Por otra parte, dado que la corrosión del acero de refuerzo requiere del ingreso de agua, oxígeno y agentes contaminantes al concreto, la protección del concreto con sistemas de barrera puede constituir una práctica efectiva para mejorar la durabilidad del concreto, en caso de que se determine necesario. Estos sistemas consisten en la aplicación de un material o pintura en la superficie de concreto para impedir el paso del agua, o bien, para resistir la difusión de gases como vapor de agua, dióxido de carbono y oxígeno dentro del concreto.

- Aceptación y pago en función de la calidad:

Con relación a la aceptación y pago en función de la calidad, se deben seguir los lineamientos establecidos por la sección 107.05 del CR-2020 en la cual se incluye el procedimiento para determinar la conformidad del trabajo y el factor de pago asociado a un material sobre el cual se han realizado pruebas de laboratorio por parte del control y verificación de la calidad. Según el inciso (3) de esta sección, el número mínimo de muestras para utilizar el método estadístico propuesto es de cinco muestras; de acuerdo con la información aportada por el CMD Lepanto del concreto utilizado para la construcción de este bastión, no se cumplió con este número mínimo de muestras necesario. Por lo tanto, para este caso se debe referir a la sección 107.04 del CR-2020 en la cual se establece:



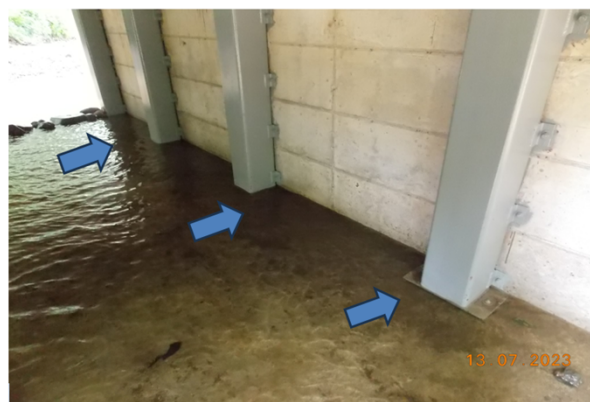
EIC-Lanamme-959-2023  
Página 11

*“Los resultados de la inspección o ensayos deberán demostrar valores dentro de los límites de tolerancia especificados. Cuando no se indique ningún valor de tolerancia en el Contrato, el trabajo será aceptado con base en lo estipulado en la manufactura de materiales y en las tolerancias de la construcción.”*

En conclusión, al no obtenerse el valor mínimo solicitado por los planos y especificaciones del proyecto para la resistencia del concreto utilizado para la construcción del bastión #1 y al no contarse con el número mínimo de muestras para aplicar el método estadístico, la sección 107.04 establece que solamente existe la posibilidad de aceptar o rechazar el material, el incumplimiento en este caso obligaría a rechazar el material utilizado (no aplicaría pago por el mismo).

- Protección de las columnas de refuerzo y del concreto del bastión:

Producto de la inspección en campo fue posible identificar que las columnas de acero colocadas para el reforzamiento del bastión están en constante contacto con el agua de la quebrada (ver figura 10), esta condición puede ocasionar un deterioro acelerado del metal e iniciar procesos de oxidación y corrosión en un corto plazo. Para prevenir esta situación que afectaría la durabilidad y capacidad estructural de las columnas se recomienda considerar la construcción de obras de protección para las columnas.



**Figura 9:** Contacto constante del agua con las columnas de refuerzo.  
Fuente: LanammeUCR



EIC-Lanamme-959-2023  
Página 12

### 3. Conclusiones

A partir de la información suministrada por parte del CMD Lepanto se concluye que el concreto utilizado para la construcción del bastión #1 (margen derecha) del puente sobre Quebrada La Fresca no cumple con la resistencia a la compresión mínima de 280 kg/cm<sup>2</sup> y requerida por la normativa contractual para este tipo de obras.

A pesar de no haber alcanzado la resistencia requerida, existe una memoria de cálculo que indica que el bastión cuenta con una capacidad estructural suficiente para soportar las cargas esperadas en el puente. Adicionalmente, las obras de reforzamiento del bastión, consistentes en la colocación de cuatro columnas de acero ancladas, también cuentan con suficiente capacidad estructural para soportar las cargas de diseño, de acuerdo con lo estimado por el profesional responsable del diseño. Sin embargo, estas obras no solventarían una eventual reducción de la durabilidad del concreto asociado con la reducción de resistencia.

La inspección en campo reveló la presencia de un agrietamiento horizontal en todo el ancho del muro que no estaría relacionado con la reducción de la resistencia del concreto. Además, se observaron agrietamientos verticales y por contracción de severidad leve.

No es posible aplicar el método establecido en la sección 107.05 del CR-2020 para estimar un factor de pago en función de la calidad para el concreto utilizado en la construcción del bastión #1, por lo tanto, debe utilizarse el criterio de la sección 107.04 en el cual se establece a su vez que si el material no cumple con los requisitos establecidos por la administración este no puede ser aceptado y, por lo tanto, no procede un pago por el mismo.

### 4. Recomendaciones y consideraciones finales

Con tal de evitar problemas de durabilidad del concreto en el futuro, se recomienda garantizar que exista un adecuado recubrimiento de concreto al acero de refuerzo y preferiblemente una baja permeabilidad del concreto del bastión. Se puede valorar la realización de ensayos adicionales para estudiar la permeabilidad del concreto, o bien, la colocación de sistemas impermeabilizantes en la superficie de concreto en caso de considerarse necesario.

Se recomienda ejecutar obras de protección a las columnas de acero para evitar el contacto directo con el agua de la quebrada y evitar un deterioro acelerado de estas.

La asesoría técnica brindada para este caso en particular constituye un insumo para el CMD Lepanto y se apega a las competencias del LanammeUCR en materia de fiscalización de



EIC-Lanamme-959-2023  
Página 13

obra vial en virtud de las disposiciones de la Ley 8114. Por lo tanto, conforme al principio de legalidad, nuestra competencia como asesor técnico especializado en la materia de infraestructura vial está agotada para continuar adelante con un seguimiento más profundo del caso. Lo procedente para resolver lo que corresponda depende de decisiones cuyo análisis implican aspectos legales o jurídicos, de control interno, contratación pública, e incluso hasta de resolución alterna de conflictos fuera de las competencias del LanammeUCR.

Los criterios aquí planteados constituyen recomendaciones hacia las autoridades municipales y están basados en la evidencia visual en sitio. No obstante, recomendamos que el CMD Lepanto tome las medidas necesarias y oportunas que considere y que debe establecer la forma en cómo se realizará la intervención de este puente.

Atentamente,

UCR | Firmado  
digitalmente

Ing. Erick Acosta Hernández  
Coordinador  
Unidad de Gestión Municipal

Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, M.Sc.  
Coordinadora General  
Programa de Infraestructura del Transporte

Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D.  
Director

Jq/eah/ale/jt

C.c Ing. Julián Trejos Villalobos, Coordinador PIE, LanammeUCR  
Archivo

Adjunto: No hay