

**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
DE SEGURIDAD VIAL
LM-PI-PV-AT-68F-06**

PROYECTO VIAL NARANJO-FLORENCIA

INFORME FINAL

OCTUBRE DEL 2006

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO

1.- JUSTIFICACIÓN DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

3.- HALLAZGOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Hallazgo 1: Inconsistencia en el diseño geométrico.

Hallazgo 2: Algunas secciones del proyecto vial auditado podrían estar incumpliendo con la mínima distancia de visibilidad de parada.

Hallazgo 3: Escasas posibilidades para el adelantamiento de vehículos.

Hallazgo 4: El señalamiento vial presenta múltiples deficiencias.

Hallazgo 5: Ausencia de sobreechamientos en los tramos curvos de la vía.

Hallazgo 6: Inadecuado manejo de las aguas superficiales en las secciones de relleno.

Hallazgo 7: La construcción parcial del proyecto impactará negativamente a la ciudad de San Ramón.

4.- CONCLUSIONES GENERALES

AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA DE SEGURIDAD VIAL PROYECTO VIAL NARANJO - FLORENCIA

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto vial Naranjo-Florencia se planificó como una ruta alternativa con altas expectativas en cuanto a su nivel de servicio por parte de la población costarricense en general, en virtud de que la ruta que actualmente se utiliza hacia Ciudad Quesada, presenta condiciones geométricas que provocan un pobre nivel de servicio para sus usuarios.

La evaluación detallada del diseño geométrico, en sus alineamientos horizontal y vertical, resultó en la determinación de múltiples inconsistencias, ya que al hacer comparaciones entre las magnitudes de las velocidades específicas calculadas para los distintos tramos viales del proyecto, se encontraron diferencias apreciables que de conformidad con los más recientes estudios referidos a la accidentalidad de las vías, significarían una condición de riesgo para los potenciales usuarios de este proyecto.

Físicamente lo que ocurriría es que los usuarios de esta ruta encontrarían en forma alternada tramos rectos de carretera o curvas de radios amplios, con curvas de radios reducidos y que súbitamente le restringirán su velocidad de operación, al tanto que pendientes sostenidas de hasta un 8% (caso máximo encontrado en el proyecto Naranjo-Florencia) podrían frustrar las expectativas de los usuarios en cuanto a las supuestas buenas condiciones que ellos esperan de la carretera. Esta frustración de los conductores podría derivar en constantes irrespetos a las velocidades máximas permitidas, o bien maniobras no autorizadas, con los consecuentes riesgos asociados.

Tomando en cuenta la información de los planos geométricos del proyecto, se incluyeron los datos geométricos relevantes del proyecto Naranjo-Florencia en el programa de cómputo IHSDM, del cual fue posible establecer que existen varias curvas verticales que no cumplen con el requerimiento de ofrecer al usuario la mínima distancia de visibilidad de parada, parámetro que deberá gobernar el diseño completo de una carretera con el fin de ofrecer la mínima condición de visibilidad que permita la oportuna reacción de un conductor, cuando eventualmente se vea obligado a detener completamente su vehículo ante cualquier imprevisto que así lo amerite.

En el contexto de una ruta como la analizada, para la cual se espera un porcentaje significativo de vehículos pesados circulando por ella, resulta de alto riesgo una proporción muy elevada de carretera sin la capacidad de adelantamiento por parte de los vehículos que circulan en "columnas". Este nivel

de riesgo se puede reducir desde la misma fase de diseño, estableciendo para ello normativa referente a un mínimo de longitud de carretera para la cual se deben ofrecer oportunidades de adelantamiento a los usuarios.

Mediante el uso del programa IHSDM se determinó, para subtramos de 10 kilómetros y en ambos sentidos de la vía, el porcentaje de la vía que presenta condiciones de visibilidad tal que permitirían realizar maniobras de adelantamiento, resultando en todos los casos muy inferiores al mínimo de 20% recomendado por la normativa colombiana, y usada como referencia para los efectos del presente informe.

La revisión de las láminas del conjunto de planos del proyecto, referidas al señalamiento vial, permitió establecer la necesidad de que el proyecto se actualice de acuerdo con los requerimientos del documento del SIECA llamado Manual de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.

Una revisión exhaustiva de las señales verticales indicadas en los planos constructivos del proyecto, revelan una ausencia de señales reglamentarias referidas a la velocidad de los vehículos, y conociendo que las expectativas de los usuarios pueden ser altas comparadas con las restricciones geométricas de este proyecto en particular, se recomienda reforzar la señalización referida al control de velocidades con señales de velocidad máxima permitida, indicación de velocidades restringidas y señales de despacio o similares para aquellos tramos de mucha curvatura.

Para el conjunto de condiciones geométricas imperantes en la carretera bajo análisis (Naranjo-Florencia), y de conformidad con los principios de las Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (Manual del SIECA), se deberían construir sobrecanchos en las curvas horizontales del alineamiento, sin embargo los planos constructivos del proyecto proponen un ancho invariable de 3.65 m.

Se propone en los planos constructivos de la carretera, que las aguas superficiales sean recogidas por un sistema de cunetas longitudinales colocadas en los taludes laterales, a 7 m. de altura en proyección vertical, lo que hace prever un importante arrastre de materiales hacia las cunetas, las cuales podrían verse severamente limitadas en su capacidad, obligando a la administración a constantes programas de limpieza, adicional al riesgo de que el talud mismo se vaya debilitando conforme reciba una considerable cantidad de escorrentía superficial.

La construcción del proyecto no contempla, por lo menos para los primeros años de funcionamiento, una sección inicial de aproximadamente 10 kilómetros,

hecho que obligaría entonces a que una proporción mayoritaria de los potenciales usuarios de esta carretera usen como ruta de paso las principales calle del Área Central Comercial (ACC) de la ciudad de San Ramón, con los consecuentes impactos de un deterioro prematuro de la superficie de rodamiento, trastornos por el ruido y la contaminación propia de una mayor cantidad de tránsito promedio diario, con asocio a mayores congestiones viales.

AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA DE SEGURIDAD VIAL

PROYECTO VIAL NARANJO - FLORENCIA

1.- JUSTIFICACIÓN DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

En cumplimiento de la Ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias, artículos 5 y 6, la Asamblea Legislativa le encarga a la Universidad de Costa Rica, mediante su Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), la tarea de realizar evaluaciones para garantizar la calidad de la red vial nacional.

De esta manera, se realizó una Auditoría Técnica de Seguridad Vial al proyecto vial conocido como Naranjo-Florencia, tomando como fuente de información los planos constructivos de fecha abril del 2002, así como información verbal expresada por personeros de la empresa contratada para ejecutar las obras de construcción de la carretera.

Para la fecha de elaboración del presente informe, esta carretera se encontraba en la etapa inicial del movimiento de tierras, por lo que se considera que esta auditoría y sus hallazgos tienen un carácter más bien preventivo.

2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto vial Naranjo-Florencia consiste en la construcción de una carretera de aproximadamente 39.5 kilómetros, iniciando con una intersección en la Ruta 1, Carretera Bernardo Soto, y terminando en una calle local que comunica las zonas de Ciudad Quesada y Florencia.

El proyecto se planificó como una ruta alternativa con altas expectativas en cuanto a su nivel de servicio por parte de la población costarricense en general, en virtud de que la ruta que actualmente se utiliza hacia Ciudad Quesada, presenta condiciones geométricas que provocan un pobre nivel de servicio para los usuarios, y aún más grave, con un nivel de riesgo considerable.

Los planos constructivos usados como referencia para realizar la presente auditoría, tienen fecha de abril del 2002, y fueron realizados por Moh and Assocites, INC., con auspicio del Ministry of Foreign Affairs, República de China.

3.- HALLAZGOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

3.1- Hallazgo 1: Inconsistencia en el diseño geométrico.

3.1.1- Descripción del Hallazgo.

La evaluación geométrica del proyecto, integrando el alineamiento horizontal y el vertical, resultó en la determinación de múltiples inconsistencias que elevarán los niveles de riesgo para los potenciales usuarios de la carretera, una vez que entre en funcionamiento.

Estas inconsistencias resultan de la alta dispersión encontrada en las velocidades específicas estimadas para los diversos tramos viales componentes del proyecto, dispersión que estadísticamente está asociada a mayores índices de accidentalidad.

3.1.2- Soporte Técnico del Hallazgo.

Una metodología aceptada internacionalmente para determinar las inconsistencias en el diseño geométrico de una carretera, incluye el cálculo y la comparación entre sí, de las velocidades específicas de los distintos tramos componentes de la ruta, así como en la comparación de estas velocidades con la velocidad de diseño supuesta para el proyecto.

Al hacer comparaciones entre las magnitudes de las velocidades específicas calculadas para los distintos tramos viales del proyecto Naranjo-Florencia, se encontraron diferencias apreciables que de conformidad con los más recientes estudios referidos a la accidentalidad de las vías, significarían una condición de riesgo para los potenciales usuarios de este proyecto.

Como la velocidad de circulación es la variable observable que mejor describe el comportamiento del conductor, la falta de consistencia puede describirse a partir de la diferencia entre la velocidad de circulación y la de diseño. Algunos autores han establecido que la velocidad percentil ochenta y cinco (V_{85}) es un buen indicador de la velocidad de operación, definiendo V_{85} como aquella velocidad por debajo de la cual circulan el 85% de los vehículos. De allí la conveniencia de calibrar ecuaciones en función de las características geométricas de la vía que estimen los valores de V_{85} , con el fin de poder analizar la consistencia en el trazado de un proyecto vial.

Al realizar un estudio exhaustivo de las características geométricas del proyecto bajo análisis, es posible derivar todos los parámetros necesarios para

estimar V_{85} en el centro de la curva bajo análisis, con la ayuda de ecuaciones derivadas por investigadores reconocidos a nivel mundial en el campo de la Ingeniería de Tránsito. Los resultados finales podrían cuestionarse en términos absolutos, siendo que corresponden a una realidad vial ajena a nuestro país, sin embargo, al realizar comparaciones entre tramos curvos, es perfectamente válido concluir en términos relativos.

Con el fin de estimar el comportamiento esperado para las velocidades de operación del proyecto, se elaboró una tabla en la que se incluyó información concerniente a los distintos tramos del proyecto vial, tales como estacionamiento, radio de curvatura, ángulo de desviación, pendiente, etc. Con dicha información se estableció la velocidad específica de los distintos tramos viales, para finalmente comparar entre tramos sucesivos y con la velocidad de diseño del proyecto.

También se contó con el apoyo de una herramienta específica para la revisión de la consistencia del diseño geométrico del proyecto, como fue el software IHSDM¹, con el cual fue posible evaluar todo la carretera.

De conformidad con los criterios de mayor aceptación internacional², se considera como pobre el diseño geométrico de dos tramos viales consecutivos cuyas velocidades específicas difieran por más de 20 km/hr, al tanto que si la diferencia de ambas velocidades está en el rango de 10 a 20 km/hr, se considera aceptable. Finalmente, si la diferencia de velocidades específicas de dos tramos viales consecutivos es menor a 10 km/hr, se considera que el diseño es adecuado.

Gráficamente la Figura 1 muestra la variación de velocidades estimadas para todo el proyecto, de donde es posible observar los cambios bruscos en las magnitudes de las velocidades específicas esperadas para tramos consecutivos de curvas horizontales y verticales, factor que incide negativamente en la seguridad vial, ya que no cumple con el requisito de consistencia en el diseño geométrico. En esta figura se han recalcado los enlaces considerados como críticos, producto de la aparición de diferencias mayores a 20 kilómetros entre las velocidades al inicio y al final del tramo de carretera, señaladas para efectos visuales, con círculos rojos.

Físicamente lo que ocurriría es que los potenciales usuarios de esta ruta encontrarían en forma alternada tramos rectos de carretera, o bien, curvas de radios amplios, tal que le permitirán acelerar y ganar velocidad, con curvas de radios mucho menores y que súbitamente le restringirán su velocidad de

¹ IHSDM, Interactive Highway Safety Design Model, Versión Public 2004 V2.08. FHWA Office of Safety Research & Development

² Road Safety Manual, Recommendations from the World Road Association (PIARC), Part 3: Horizontal Alignment. 2002

operación, al tanto que pendientes sostenidas de hasta un 8% (caso máximo encontrado en el proyecto Naranja-Florencia) podrían frustrar las expectativas de los usuarios en cuanto a las supuestas buenas condiciones que ellos esperan de la carretera. Esta frustración de los conductores podría derivar en constantes irrespetos a las velocidades máximas permitidas, con los consecuentes riesgos asociados.

También se considera problemático el hecho de que la velocidad específica calculada para los diversos tramos viales, varíen en magnitudes significativas (de más de 20 km/hr) respecto de la velocidad de diseño del proyecto.

En este caso en particular, si la velocidad de diseño del proyecto fuera de 60 km/hr, se tendría una banda de aceptación de 40 a 80 km/hr, por fuera de la cual todas las velocidades específicas encontradas podrían aumentar los niveles de riesgo de los usuarios de la carretera, cuya expectativa de viaje incluye la operación a velocidades cercanas a la que consideran como adecuada para el proyecto, la cual probablemente estará influenciada por los tramos viales en que el proyecto le permite viajar a velocidades cercanas a la de diseño, surgiendo así inconsistencias entre las expectativas del usuario y la velocidad a la cual la carretera realmente le permite operar.

Únicamente para efectos referenciales, la Figura 2 muestra espacialmente los estacionamientos en donde se detectaron secciones críticas de la carretera, en vista de que sub-tramos viales consecutivos presentaron diferencias apreciables de velocidad, creando una situación de inconsistencia en el diseño.

3.1.3- Recomendaciones.

Se recomienda que la administración realice un análisis exhaustivo en cuanto a las posibles inconsistencias del trazado del proyecto, con el fin de lograr verificación en los análisis ejecutados para el presente informe de auditoría. La atención deberá ser enfocada principalmente a los tramos mostrados como críticos en la Figura 2.

En general, se deberá evitar la presencia de curvas horizontales de radio pequeño, aisladas entre tramos rectos de mucha longitud, o entre curvas de radio muy amplio.

FIGURA 1: Diagrama Espacio – Velocidad.

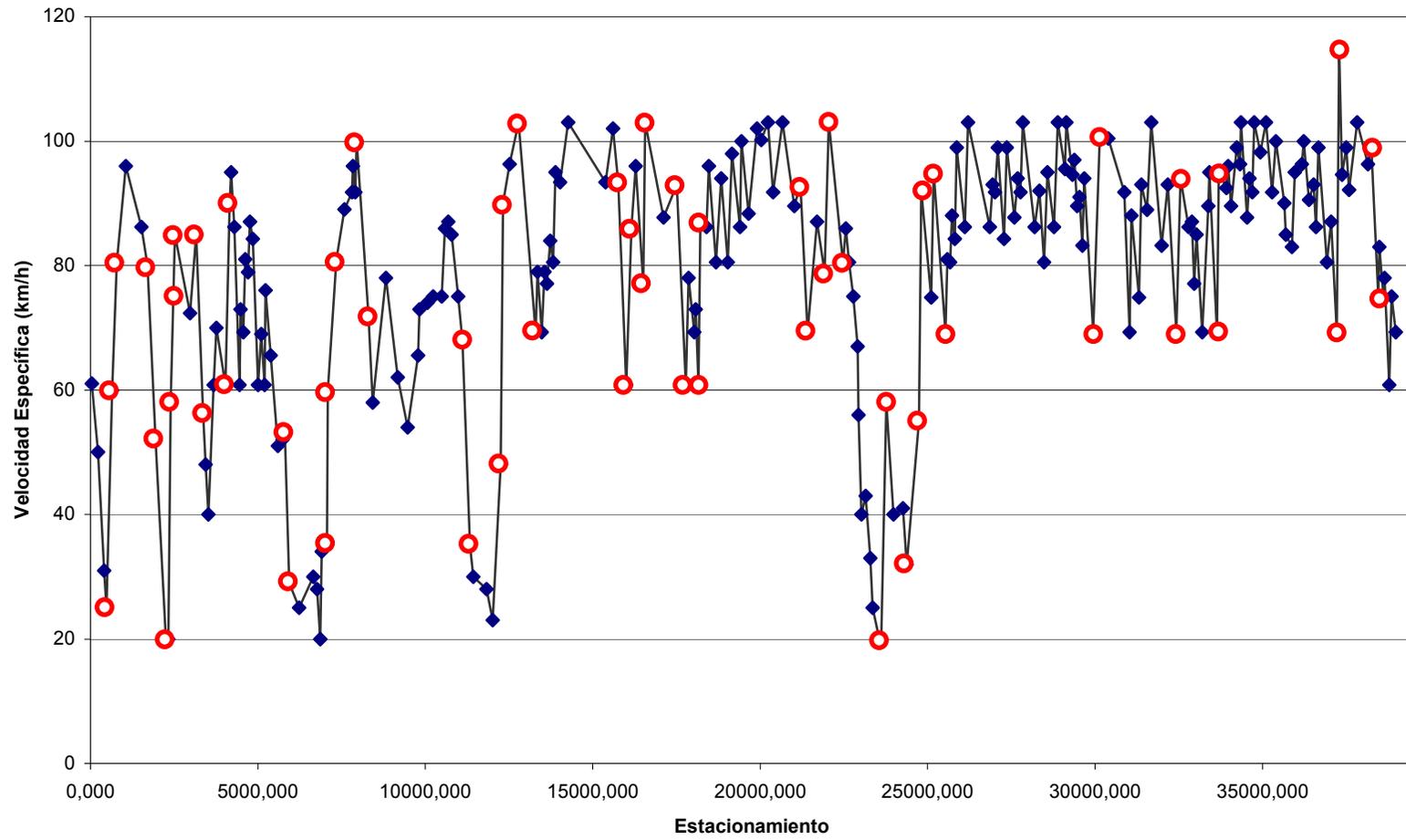
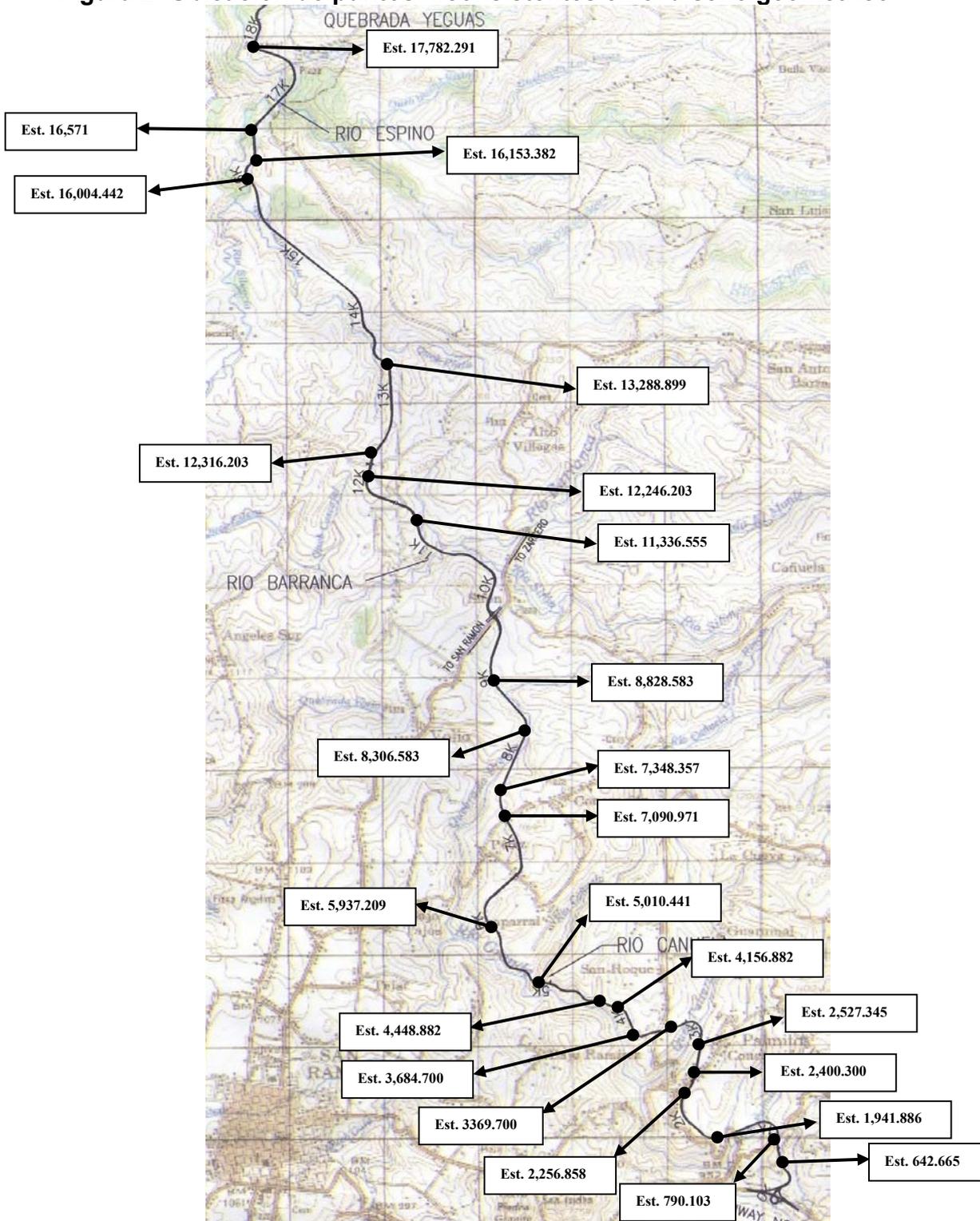
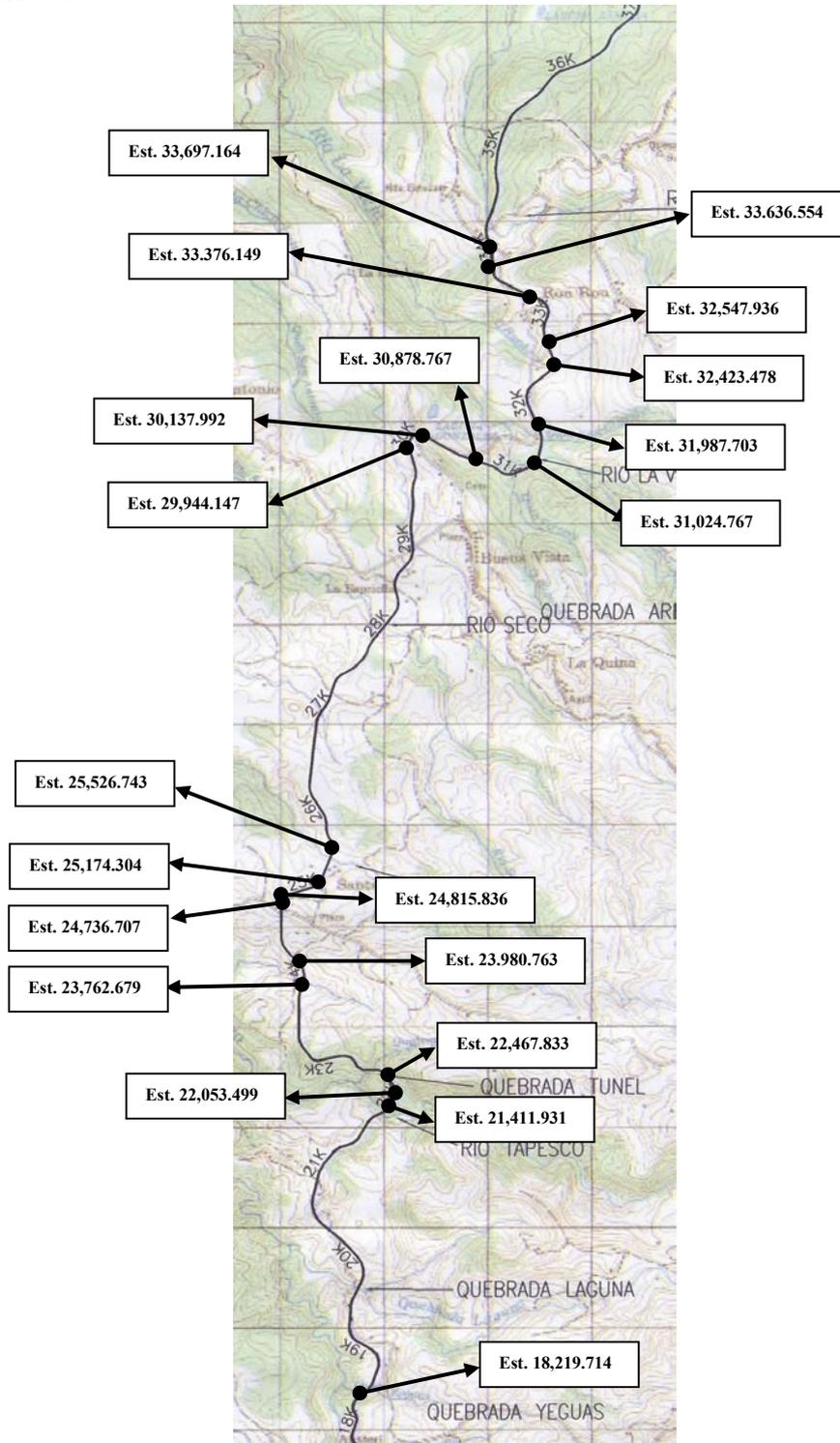


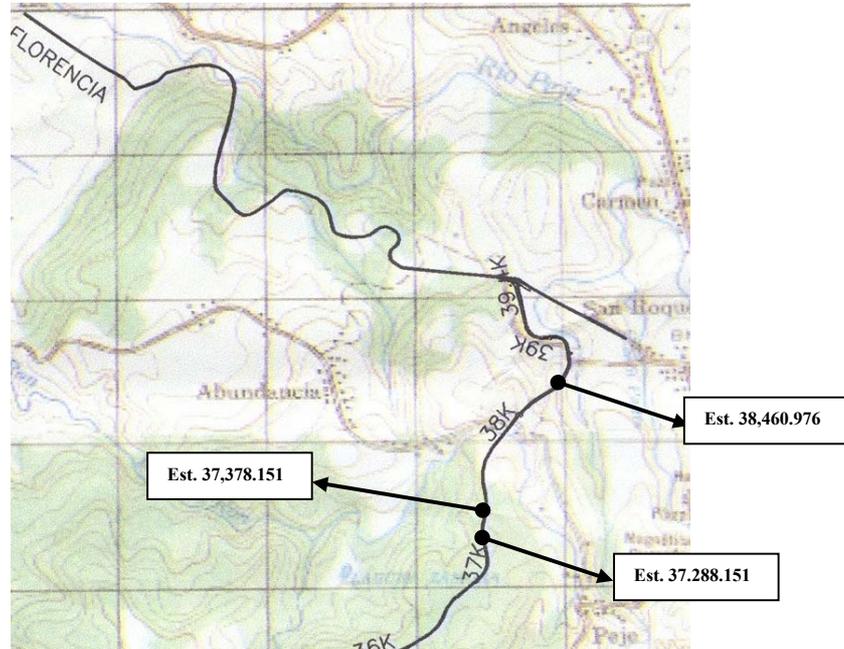
Figura 2: Ubicación de puntos inconsistentes en el diseño geométrico.



Continuación Figura 2: Ubicación de puntos inconsistentes en el diseño geométrico.



Continuación Figura 2: Ubicación de puntos inconsistentes en el diseño geométrico.



3.2- Hallazgo 2: Algunas secciones del proyecto vial Naranjo-Florencia podrían estar incumpliendo con la mínima distancia de visibilidad de parada.

3.2.1- Descripción del Hallazgo.

De conformidad con el análisis realizado al diseño geométrico del proyecto, se detectaron algunos tramos que podrían estar incumpliendo con la mínima distancia de visibilidad de parada, necesaria para garantizar la seguridad vial en el flujo vehicular. Se menciona este hallazgo en términos probables por cuanto cierta información usada como base para los análisis, no fue posible confirmarla a la fecha de confección de este informe, tal el caso de la velocidad de diseño del proyecto, pero por la importancia que esta variable de la visibilidad tiene en la seguridad vial, se hicieron estimaciones con el fin de evaluarla.

3.2.2- Soporte Técnico del Hallazgo.

Según James Cárdenas en su libro Diseño Geométrico de Carreteras³ Una de las características más importantes que deberá ofrecer el proyecto de una carretera al conductor de un vehículo es la habilidad de ver hacia delante, tal que le permita realizar una circulación segura y eficiente.

La distancia de visibilidad se define como la longitud continua de carretera que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella. Esta distancia de visibilidad deberá ser de suficiente longitud, tal que le permita a los conductores desarrollar la velocidad de diseño y a su vez controlar la velocidad de operación de sus vehículos ante la realización de ciertas maniobras en la carretera, como lo pueden ser por la presencia de un obstáculo fijo sobre su carril de circulación, o el adelantamiento de un vehículo lento en carreteras de dos carriles, dos sentidos.

La distancia de visibilidad de parada de un determinado punto de una carretera, se define como la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo fijo que aparezca en su trayectoria.

Esta distancia de visibilidad de parada deberá gobernar el diseño completo de una carretera con el fin de ofrecer la mínima condición de visibilidad que permita la oportuna reacción de un conductor cuando eventualmente se vea obligado a detener completamente su vehículo ante cualquier imprevisto que así lo amerite.

³ Diseño Geométrico de Carreteras, James Cárdenas Grisales, ECOE EDICIONES, Colombia, 2002.

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico del SIECA, para una velocidad de diseño de 50 Km/hr, con velocidades de marcha entre 47 y 50 Km/hr, se requieren distancias de visibilidad de parada del orden de 57 a 63 m., en condiciones planas de la vía.

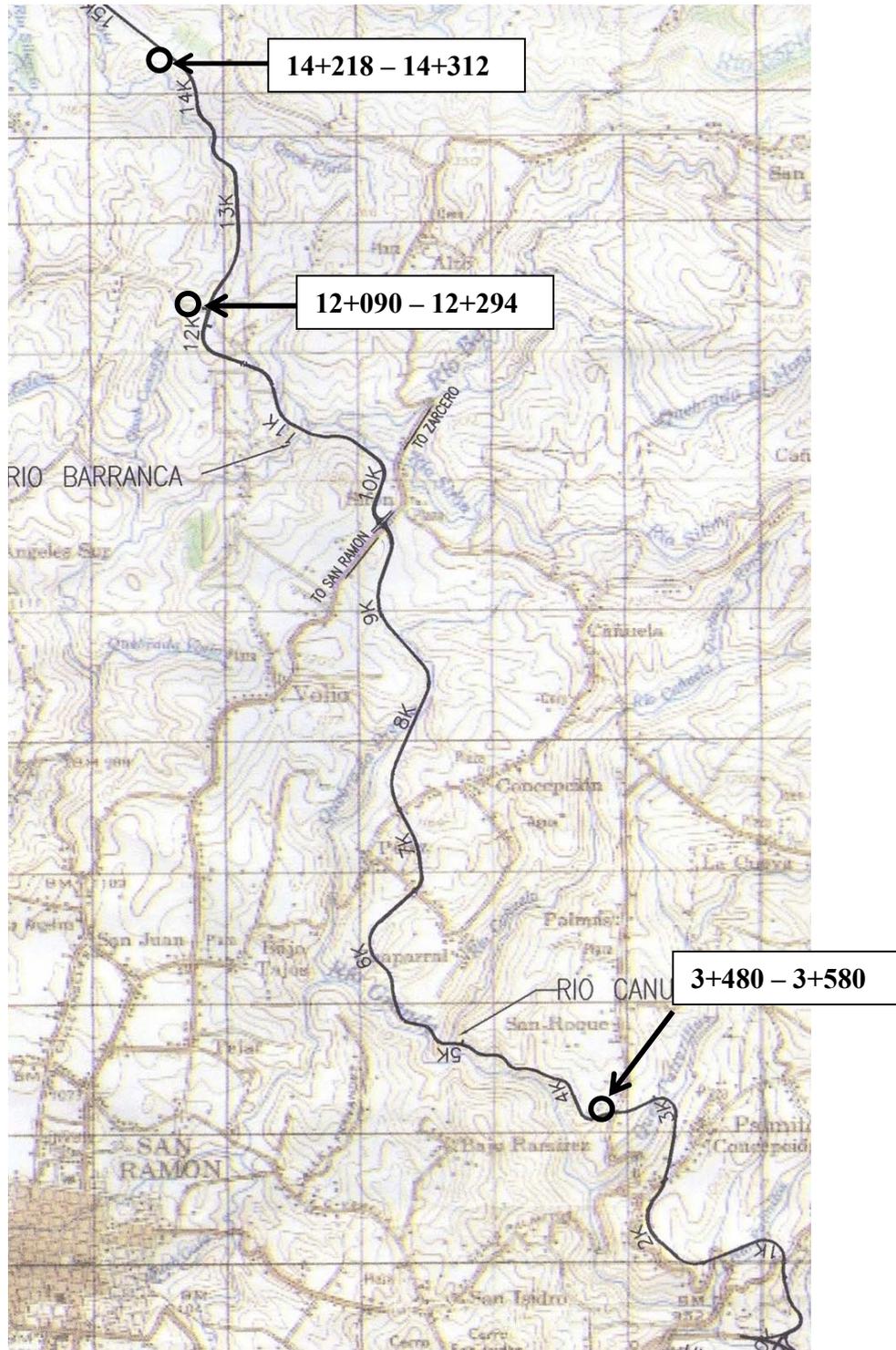
Tomando en cuenta la información de los planos geométricos del proyecto, y únicamente para efectos referenciales, se incluyeron los datos geométricos relevantes del proyecto Naranjo-Florencia en el programa IHSDM, del cual fue posible establecer que existen varias curvas verticales que no cumplen con el requerimiento de ofrecer al usuario la mínima distancia de visibilidad de parada, asumida por el programa como 62,8 m.

La Figura 3 muestra la ubicación espacial de los tramos que según el IHSDM presentan problemas de distancia de visibilidad de parada, con el único fin de que sirva de referencia a las autoridades responsables del proyecto vial auditado, a los cuales se recomienda realizar un estudio más exhaustivo sobre esta variable tan importante para la seguridad de cualquier proyecto vial.

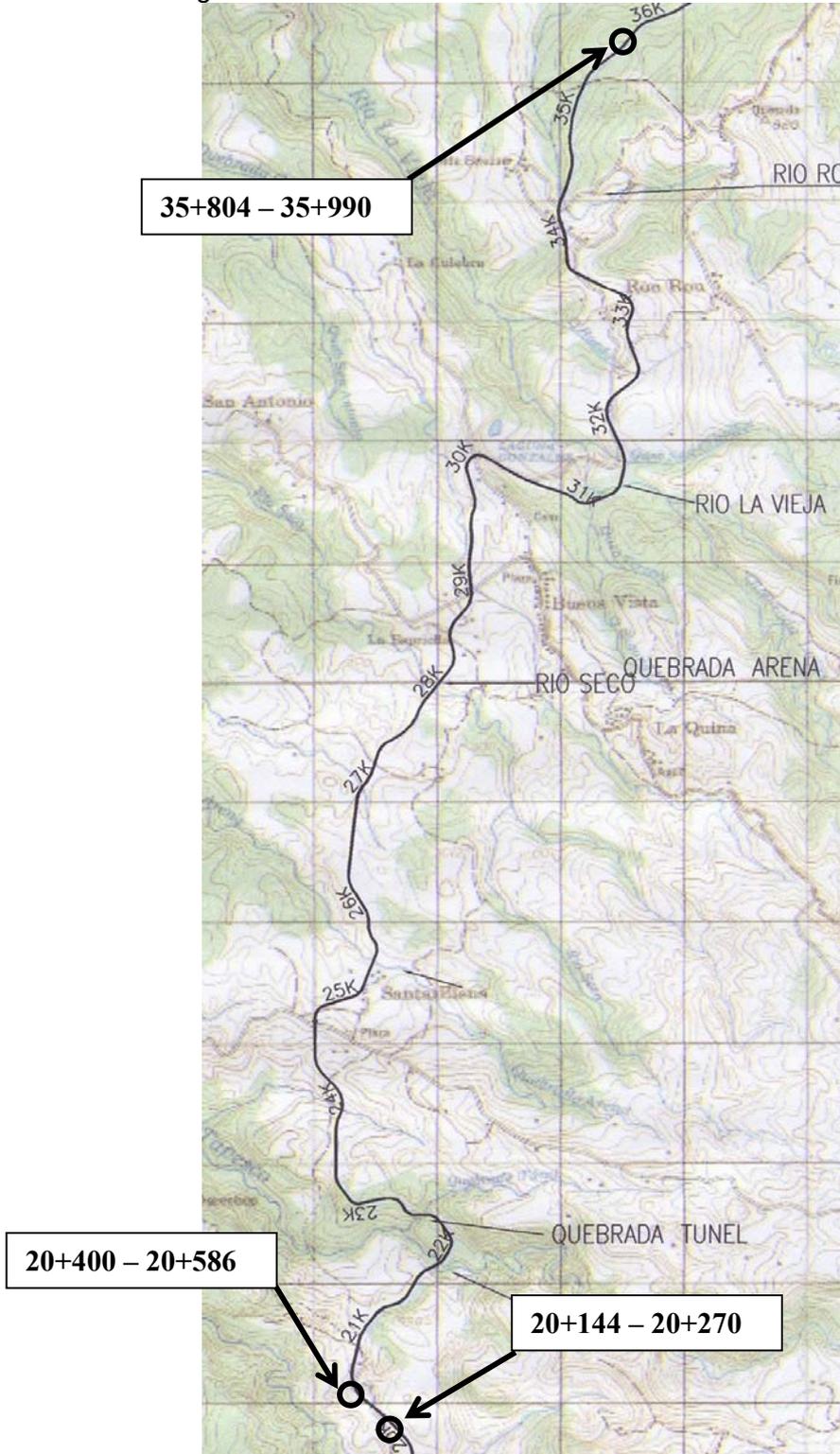
3.2.3- Recomendaciones.

Extender la longitud de toda aquella curva vertical cuya configuración y ubicación dentro del proyecto, no permita que el usuario que potencialmente realice un viaje por esta carretera cuente en todo momento con la mínima distancia de parada.

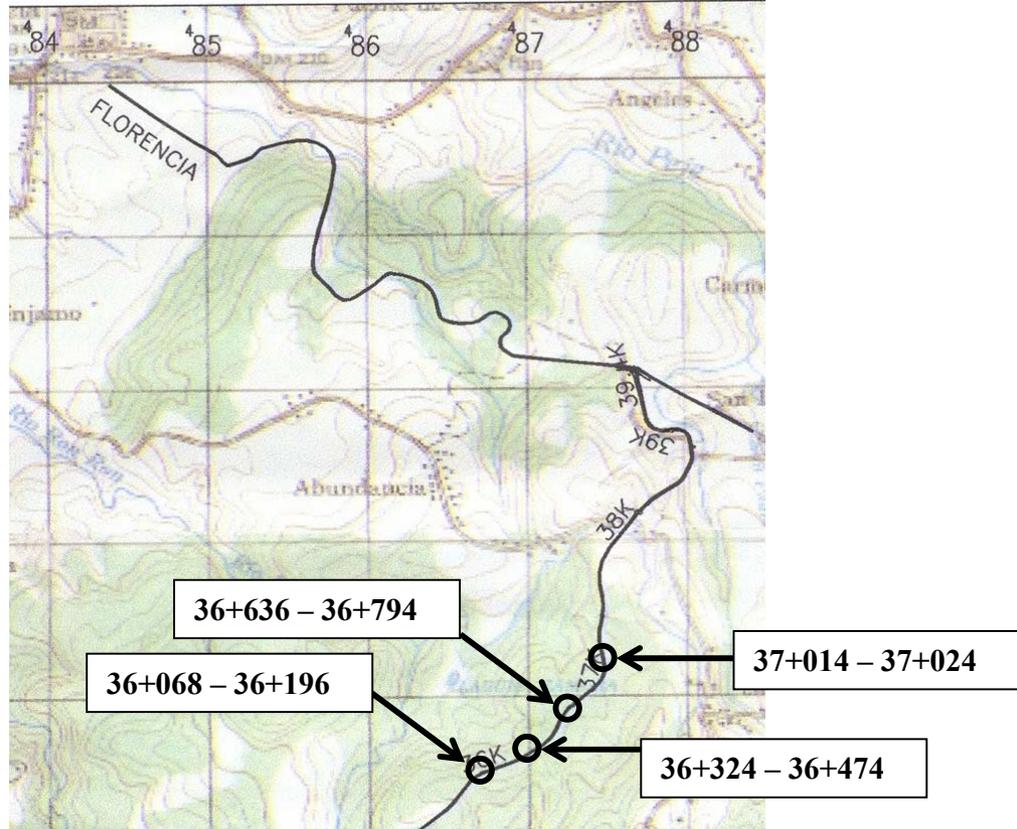
Figura 3: Localización de subtramos con deficiente distancia de visibilidad de parada.



Continuación Figura 3: Localización de subtramos con deficiente distancia de parada.



Continuación Figura 3: Localización de subtramos con deficiente distancia de parada.



Hallazgo 3: Escasas posibilidades para el adelantamiento de vehículos.

3.3.1- Descripción del Hallazgo.

La predominancia de una sección típica del proyecto, consistente en un único carril por sentido, aunado a las particulares características geométricas del proyecto Naranjo-Florencia, permiten estimar muy pocos tramos en los cuales se esperaría condiciones óptimas para realizar maniobras de adelantamiento ante la eventual presencia de “columnas” de vehículos, con los consabidos riesgos asociados a posibles maniobras de falso adelantamiento.

3.3.2- Soporte Técnico del Hallazgo.

El proyecto Naranjo-Florencia presenta una sección transversal típica de un carril por sentido, con un alineamiento vertical que podría categorizarse como ondulado, con pendientes máximas del 8%, hecho que aunado a la constante aparición de curvas horizontales (con radios mínimos de hasta 80 m.), permiten prever una condición muy restringida para la aparición de tramos viales con una adecuada distancia de visibilidad de adelantamiento y por ende, para las reales posibilidades de adelantamiento entre vehículos circulando en “columnas”.

En el contexto de una ruta como la analizada, para la cual se espera un porcentaje significativo de vehículos pesados circulando por ella, resulta de alto riesgo una proporción muy elevada de carretera sin la capacidad de adelantamiento por parte de los vehículos que circulan en “columnas”. Este nivel de riesgo se puede reducir desde la misma fase de diseño, estableciendo para ello normativa referente a un mínimo de longitud de carretera para la cual se deben ofrecer oportunidades de adelantamiento a los usuarios.

A manera de ejemplo, el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia, en su capítulo referido a la visibilidad necesaria en carreteras, presenta la Tabla 3.2.4, en donde se recomienda, en forma porcentual, cuáles deben ser las oportunidades de adelantamiento que presenten los proyectos de carreteras, en tramos de cinco kilómetros. Dicha tabla se reproduce a continuación en el Cuadro 1.

Como corolario de la discusión anterior, es deseable obtener la máxima longitud posible en que la visibilidad de adelantamiento sea superior a la mínima establecida para un proyecto. Igualmente, como norma de diseño se deberá proyectar, para carreteras de dos carriles de doble sentido, tramos con distancia de visibilidad de adelantamiento, de manera que en tramos de cinco kilómetros (norma colombiana), se tengan varios sub-tramos de distancia mayor a la mínima especificada, de acuerdo a la velocidad de diseño.

Cuadro 1
Oportunidades de adelantar por tramos de cinco kilómetros

Velocidad de diseño (km/hr)	30-50	60-80	90-100
Longitud mínima con distancia de visibilidad de adelantamiento (%)	20%	30%	40%

Fuente: Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, Instituto Nacional de Vías de Colombia.

De conformidad con el manual colombiano, para un proyecto como Naranjo-Florencia, con una velocidad de diseño de 50 km/hr, se debería establecer una longitud mínima con distancia de visibilidad de adelantamiento del orden del 20%, medida en tramos de cinco kilómetros.

Del análisis de los planos constructivos del proyecto Naranjo-Florencia, es posible resumir en el Cuadro 2 información relativa a la cantidad de carriles del proyecto Naranjo-Florencia, de donde se concluye que, en un viaje completo por el proyecto (ida y regreso), que representaría un recorrido cercano a 80 km., sólo en aproximadamente 4.9 km. se construirían dos carriles para alguno de los dos sentidos de la vía, lo que porcentualmente representaría un 6.2% de todo el proyecto (80 km).

Para los tramos viales de un único carril por sentido, las oportunidades de adelantamiento están en función de la mínima distancia de visibilidad de adelantamiento, así como del volumen de tránsito circulando por la vía. Existen recomendaciones relativas a la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento en función de la velocidad de diseño o de operación, según la normativa correspondiente a cada país, tal y como se muestra en el Cuadro 3.

El Manual de Diseño Geométrico de la SIECA establece para diferentes velocidades, distancias mínimas de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles. Dicha tabla, cuya fuente es el AASHTO 1994, se reproduce en el Cuadro 4.

De conformidad con el AASHTO, para una carretera con velocidad de diseño de 50 Km/hr, la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento sería del orden de 345 metros.

En otros países, Colombia por ejemplo, en donde se han implementado manuales propios de diseño geométrico⁴, se han establecido distancias de

4 Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

visibilidad menores a las recomendadas por AASHTO, según se muestra en la Tabla 3.2.3 extraída del manual colombiano y denominada en este informe como Cuadro 5.

La condición montañosa de la ruta Naranjo-Florencia afecta en dos sentidos. En primer término, la velocidad de operación de los vehículos en los tramos de mayor pendiente, necesariamente se verá disminuida. En segundo término, la condición montañosa y del clima propio de la zona, hacen prever la presencia de neblina y de lluvia durante una apreciable cantidad de horas al año, con las consabidas consecuencias negativas para la visibilidad de los conductores.

CUADRO 2
Cantidad de carriles según las secciones componentes del proyecto.

Estacionamiento		Longitud del tramo (metros)	Cantidad de carriles		
			Sentido hacia C. Quesada	Sentido desde C. Quesada	Total ambos sentidos
160	220.48	60	2	2	4
220.48	325.95	105	1	2	3
325.95	1760	1,434	1	1	2
1760	2449.58	690	2	1	3
2449.58	6280	3,830	1	1	2
6280	7000	720	2	1	3
7000	9560	2,560	1	1	2
9560	9872.43	312	2	2	4
9872.43	11520	1,648	1	1	2
11520	12200	680	2	1	3
12200	26520	14,320	1	1	2
26520	27200	680	1	2	3
27200	28900	1,700	1	1	2
28900	29400	500	1	2	3
29400	33600	4,200	1	1	2
33600	34040	440	1	2	3
34040	38160	4,120	1	1	2
38160	39200	1,040	1	2	3
39200	39300	100	1	1	2
39300	39400	100	2	2	4
Total		39,240			
Secciones con un único carril por sentido: 33,912 86.4%					
Secciones con tres carriles: 4,855 12.4%					
Secciones con cuatro carriles: 473 1.2%					

Cuadro 3**Recomendación para la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento**

País	Velocidad (km/hr)								
	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Australia	330	420	520	640	770	920	1100	1300	1500
Austria	-	400	-	525	-	650	-	-	-
Canada	340	420	480	560	620	680	740	800	-
Alemania	-	475	500	525	575	625	-	-	-
Grecia	-	475	500	525	575	625	-	-	-
África del Sur	340	420	490	560	620	680	740	800	-
Gran Bretaña	290	345	410	-	-	580	-	-	-
USA	345	407	482	541	605	670	728	792	-

Fuente: Road Safety Manual, Recomendaciones del World Road Association (PIARC), 2003.

Cuadro 4**Distancias Mínimas de Diseño para Carreteras Rurales de dos Carriles (m.)**

Velocidad de Diseño	Velocidades (Km/hr)		Distancia mínima de adelantamiento
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p.134

Cuadro 5

Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles, doble sentido.	
Velocidad de diseño (km/hr)	Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento (m.)
30	150
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	450
100	500

Fuente: Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías de Colombia.

Mediante el uso del programa IHSDM se determinó, para subtramos de 10 kilómetros, el porcentaje de la vía que presenta condiciones de visibilidad tal que permitirían realizar maniobras de adelantamiento, para ambos sentidos de vía, resultados que son presentados en el Cuadro 6.

En todos los casos, los porcentajes resultaron muy inferiores al mínimo de 20% recomendado por la normativa colombiana, y usada como referencia para los efectos del presente informe.

Cuadro 6: Porcentaje de carretera con distancia de visibilidad mínima para adelantamiento.

Tramo	Sentido*	% de Carretera
0+000 a 9+998	1-2	6.38
	2-1	7.56
10+000 a 19+998	1-2	14.68
	2-1	14.54
20+000 a 29+998	1-2	9.92
	2-1	8.16
30+000 a 39+426	1-2	10.88
	2-1	11.31

* Sentido 1-2: Naranjo-Florencia, sentido 2-1: Florencia-Naranjo.

3.3.3- Recomendaciones.

Se deben buscar alternativas que, de conformidad con criterios incluidos en normativas de otros países, permitan que en un mayor porcentaje del proyecto se ofrezcan las condiciones necesarias para la segura ejecución de maniobras de adelantamiento de vehículos.

Dos alternativas típicas para favorecer el adelantamiento de columnas de vehículos, en orden de importancia, son:

- Construir secciones viales con carriles de ascenso. Estos carriles adicionales se ubicarían en tramos con pendientes ascendentes altas que generen el movimiento vehicular en columnas.
- Mejorar la distancia de visibilidad del múltiples sub-tramos a lo largo del trazado de la carretera, de tal forma que se sobrepasen las mínimas distancias de visibilidad para adelantamiento. Esta medida presenta limitaciones importantes en tramos viales en donde por condiciones del entorno climatológico, abunda la neblina.

3.4- Hallazgo 4: El señalamiento vial presenta múltiples deficiencias.

3.4.1- Descripción del Hallazgo.

La revisión de las láminas del conjunto de planos del proyecto, referidas al señalamiento vial, permitió establecer tres deficiencias básicas, descritas a continuación.

a- Las señales y códigos presentados en los planos están desactualizados con respecto a una posterior normativa nacional.

Actualmente (año 2006), los proyectos de señalización deben tomar como referencia el documento del SIECA llamado Manual de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito.

b- No existe un control efectivo de la velocidad de operación de los futuros usuarios de la vía.

Hay ausencia de indicaciones específicas sobre los máximos límites de velocidad a los que deberán operar los usuarios de esta carretera, a pesar de que las condiciones geométricas del proyecto hacen prever una condición de operación de los vehículos bajo diversos rangos de velocidad, tal y como se estableció en el Hallazgo 1 de este mismo informe.

Una revisión exhaustiva de las señales verticales indicadas en los planos constructivos del proyecto, revelan que para el sentido Naranjo-Florencia se presentan únicamente dos señales de control de velocidad y ambas son de carácter preventivo, no reglamentario, por lo que su dimensión es más reducida y por ende menos visible.

La primer señal de velocidad corresponde a 50 KPH, al tanto que la segunda señal, también de carácter preventivo, indica una magnitud de 30 KPH, que pareciera ser la velocidad máxima para el resto de la ruta, ya que no existe ninguna otra indicación posterior para el resto de la carretera.

c- La ubicación de algunas señales verticales presenta deficiencias.

Existe un grupo de señales verticales con una ubicación establecida al nivel de planos, demasiado cercanas entre sí, proyectadas entre los estacionamientos 0+560 y 0+605. En total se presentan seis señales verticales en 45 metros, y varias de ellas separadas en 5 metros solamente. Estas señales no podrían ser

apreciadas individualmente por los usuarios de la vía, aún conduciendo a una muy baja velocidad, por lo que no cumplirían su función de forma adecuada.

3.4.2- Recomendaciones.

Será necesario actualizar todo el detalle de señalamiento vial presentado en los planos constructivos del proyecto Naranjo-Florencia, según la más reciente normativa costarricense.

La actualización del señalamiento vial del proyecto deberá incluir elementos como el diseño mismo de cada señal, formas, dimensiones, colores, e incluso especificaciones técnicas en cuanto a los materiales por usar en su fabricación. Al uniformar el señalamiento vial con respecto al que progresivamente se ha ido colocando en otras carreteras del país, el usuario se habituara a dicho señalamiento, reaccionando de manera similar ante la presencia de señales estandarizadas para tal efecto.

Debe rediseñarse el señalamiento vial que sirva de control para las máximas velocidades permitidas a los futuros usuarios de la carretera. Esta recomendación es básica para ofrecer al usuario indicaciones oportunas y constantes sobre las condiciones de conducción que la ruta le ofrece. La ausencia de señales reglamentarias referidas a la velocidad de los vehículos, plantea dudas a los usuarios de la vía, y en este sentido, es conocido que la seguridad de una ruta disminuye en la medida en que se delegue al criterio de los conductores las decisiones relativas al proceso de conducción, y en este caso en particular, la velocidad a la cual podrá operar.

En virtud de que la indicación de velocidades es muy pobre a todo lo largo de la carretera, y conociendo que las expectativas de los usuarios pueden ser altas comparadas con las restricciones geométricas de este proyecto en particular, se recomienda reforzar la señalización referida al control de velocidades con señales de velocidad máxima permitida, indicación de velocidades restringidas y señales de despacio o similares para aquellos tramos de mucha curvatura y por ende de poca visibilidad.

Por último, se recomienda la reubicación del grupo de señales indicadas en planos entre los estacionamientos 0+560 y 0+605, con el fin de que su espaciamiento cumpla requerimientos de oportunidad y facilidad de lectura para los futuros usuarios de la carretera.

3.5- Hallazgo 5: Ausencia de sobreebanos en los tramos curvos de la vía.

3.5.1 Descripción del Hallazgo.

Los planos constructivos del proyecto proponen un ancho de carril invariable de 3.65 m., independientemente de si el tramo de carretera es recto o presenta una curvatura específica, por lo que no se plantean sobreebanos en el diseño de este proyecto. No obstante, de conformidad con la velocidad de diseño del proyecto y según los principios contenidos en las Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (conocido como Manual del SIECA), el diseño debió contemplar la recomendación de sobreebanos en muchos de sus tramos curvos.

3.5.2- Soporte Técnico del Hallazgo.

Según el Manual de Normas para el Diseño Geométrico, los sobreebanos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar que las maniobras de los vehículos se realicen en forma eficiente, segura, cómoda y económica.

Es en este sobreebano que se puede acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado, al tomar un tramo curvo de carretera, según se puede visualizar gráficamente en la Figura 5.

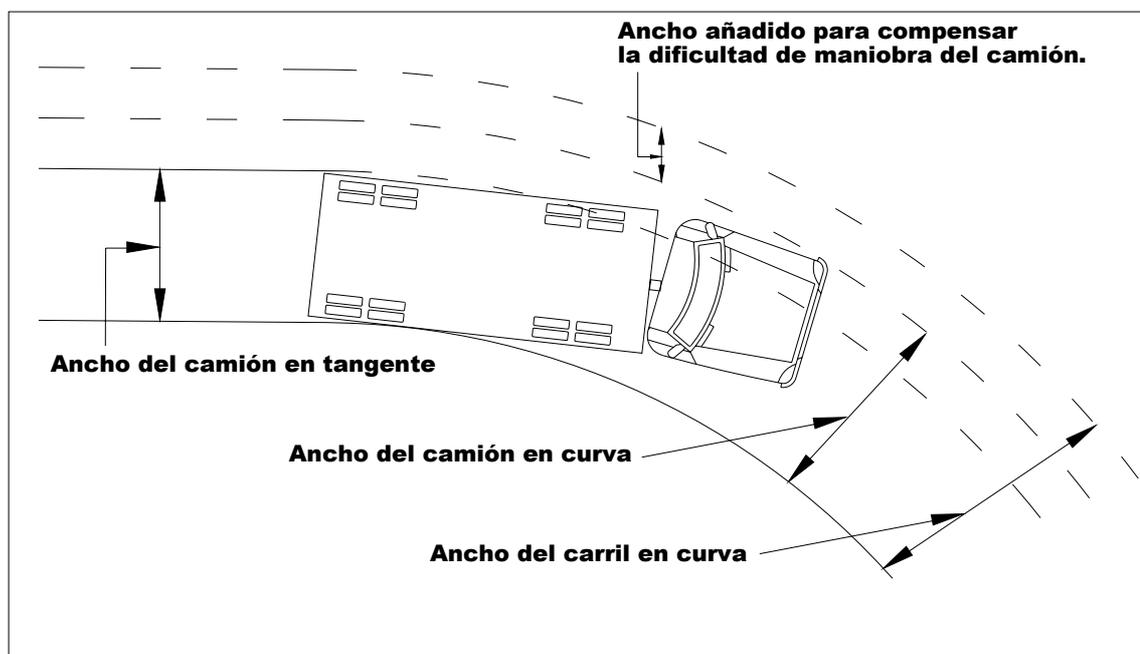
Así por ejemplo, para el caso de una carretera de dos carriles, con ancho de calzada de 7.2 m. y velocidad de diseño de 50 Km/hr, el Cuadro 4.16 del mencionado manual estipula un sobreebano de 1 metro para curvas de radio 80 m., y de 0,8 m. para curvas de radio 100 m. Este sobreebano deberá repartirse igualmente entre el borde interno y el externo de la curva, ya que en este proyecto en particular existen curvas de transición.

Un investigador, Zegger (1980) basado en estudios conducidos en los Estados Unidos, determinó una reducción de accidentes conforme los carriles o los espaldones de las secciones curvas de la carretera son construidos con sobreebanos. El Cuadro 6 reproduce la Tabla HA-6 del Road Safety Manual, en donde se muestran los resultados obtenidos por Zegger.

De conformidad con los estudios de Zegger, al implementar un sobreebano de 30 cm. por lado en los carriles de circulación del tránsito, se podría esperar una reducción de hasta un 5% en las tasas de accidentes.

El Road Safety Manual presenta una tabla en donde se recomiendan sobreebanos en función del Radio de la curva de la vía. Dicha tabla se reproduce en este informe en el Cuadro 7, a manera de referencia.

Figura 5: Sobreancho de carril en curva.



Cuadro 6

Reducción porcentual de accidentes esperada por la presencia de un sobreancho en el carril o en el espaldón.				
Sobreancho (m.)		% de reducción de accidentes		
		Sobreancho provisto en		
Total	Por lado	Carril	Espaldón pavimentado	Espaldón sin pavimentar
0,6	0,3	5	4	3
1,2	0,6	12	8	7
1,8	0,9	17	12	10
2,4	1,2	21	15	13
3	1,5		19	16
3,6	1,8		21	18
4,2	2,1		25	21
4,8	2,4		28	24
5,4	2,7		31	26
6	3		33	29

Fuente: Road Safety Manual, PIARC, 2003

Cuadro 7

Recomendación del sobreecho en curvas		
Radio (m.)	Carretera con ancho estándar	Carretera con ancho menor al estándar
90-150	0,3 m/carril	0,6 m/carril
150-300		0,5 m/carril
300-400		0,3 m/carril

Fuente: Road Safety Manual, PIARC, 2003

3.5.3- Recomendaciones.

Implementar un sobreecho en la sección transversal de tramos de carretera con curvatura horizontal que de conformidad con las Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales, así lo requieran.

3.6- Hallazgo 6: Inadecuado manejo de las aguas superficiales en las secciones de relleno.

3.6.1 Descripción del Hallazgo.

De acuerdo con los planos constructivos, todas las secciones en relleno del proyecto se caracterizan por un manejo de las aguas superficiales hacia los taludes, pero sin la presencia de cunetas o bordillos longitudinales en la corona de la sección, elementos que podrían captar dichas aguas y conducir las longitudinalmente, protegiendo así a los taludes de una escorrentía superficial que eventualmente podrían comprometer su estabilidad.

3.6.2- Soporte Técnico del Hallazgo.

Se propone en los planos constructivos de la carretera, que las aguas superficiales de la calzada sean recogidas por un sistema de cunetas longitudinales colocadas en los taludes laterales, a 7 m. de altura en proyección vertical, lo que hace prever un importante arrastre de materiales hacia las cunetas, las cuales podrían verse severamente limitadas en su capacidad, obligando a la administración a constantes programas de limpieza, adicional al riesgo de que el talud mismo se vaya debilitando conforme reciba una considerable cantidad de escorrentía superficial.

3.6.3- Recomendaciones.

Debe considerarse que la zona en donde se emplaza el proyecto es muy lluviosa, por lo que un control adecuado de las aguas superficiales es prioritario. Se recomienda evaluar la posibilidad de construir sistemas colectores de aguas de escorrentía superficial al nivel de la corona, protegiendo así la estabilidad de los taludes de relleno del proyecto.

Hallazgo 7: La construcción parcial del proyecto impactará negativamente a la ciudad de San Ramón.**3.7.1 Descripción del Hallazgo.**

Considerando que la construcción del proyecto no contempla, por lo menos para los primeros años de funcionamiento, una sección inicial de aproximadamente 10 kilómetros, obligaría entonces a que una proporción mayoritaria de los potenciales usuarios de esta carretera usen como ruta de paso el Área Central Comercial (ACC) de la ciudad de San Ramón, cruzando entonces sus principales calles locales.

El impacto a la principales calles del ACC de San Ramón, incluiría aspectos que abarcan desde un deterioro prematuro de las superficies de rodamiento, al tener que soportar un repentino crecimiento en las cargas transmitidas por los vehículos, hasta el ruido y la contaminación propia de una mayor cantidad de tránsito promedio diario, con asocio a mayores congestiones viales.

3.7.2- Recomendaciones.

La administración deberá considerar los posibles impactos derivados de la no construcción de una primera sección de la carretera, de aproximadamente diez kilómetros, sobre la vialidad del ACC de San Ramón, así como posibles medidas de mitigación en el caso de que se establezcan impactos de consideración.

4.- CONCLUSIONES GENERALES

Los criterios actuales usados en el proceso de revisión del diseño geométrico de una carretera, incluyen el análisis de la seguridad vial asociada a cada uno de sus elementos componentes, en asocio con el entorno y las características de los vehículos que transitarán por ella.

La evaluación de la seguridad vial del proyecto Naranjo-Florencia permite concluir que varios aspectos específicos relativos a su diseño incidirán negativamente en la calidad de operación de los potenciales usuarios de la vía, incluso con niveles de riesgo de consideración.

Los análisis realizados tomaron en cuenta el diseño geométrico y los detalles de la sección transversal mostrados en los planos constructivos del proyecto, por lo que se recomienda a la administración evaluar cada uno de los hallazgos descritos en este informe de auditoría y revisar los planos a la luz de los criterios expuestos en cada uno de ellos y eventualmente tomar las acciones correctivas necesarias.

De forma general, la principal deficiencia encontrada en los planos constructivos se resume en la falta de consistencia del diseño geométrico, reflejado en un irregular perfil de velocidades de operación esperado para esta ruta.

Adicionalmente, se considera de alto riesgo para los potenciales conductores de esta carretera, el hecho de que los análisis revelaron un porcentaje muy reducido de la carretera con condiciones geométricas propicias para realizar maniobras de adelantamiento, ante la eventual formación de "columnas" de vehículos en los tramos de un único carril por sentido. Esta última condición de un único carril por sentido es la predominante en este proyecto de carretera.

El diseño del proyecto deberá ser actualizado en relación al señalamiento vial propuesto, de tal forma que se dé cumplimiento al criterio de estandarización de la demarcación, conforme lo indica el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. Adicionalmente, se consideran insuficientes los controles mostrados en planos y propuestos para la regulación de la velocidad máxima permitida.

Profundizando en este último concepto y con el fin de corregir la deficiencia encontrada, se recomienda la colocación de señales verticales que regulen de forma oportuna la velocidad máxima permitida en sub-tramos viales con características geométricas diferentes, aunque siempre bajo la consideración de posibles riesgos asociados a la excesiva variación en la magnitud de la velocidad

de operación de sub-tramos consecutivos, aspecto que se supone debió ser corregido con anterioridad.

Constructivamente, el proyecto también deberá ser revisado en función de la ausencia de sobre-anchos en las secciones curvas, ya que los análisis realizados establecen su necesidad, sobre todo en el conjunto de curvas con radios de 80 y 100 metros.

EQUIPO AUDITOR RESPONSABLE

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MscEng.
Coordinadora Auditorías Técnicas

Ing. Jorge Picado Abarca
Ingeniero Auditor