

Contratación: Sp-01-2016, codificado en el Programa PIT como PIT-30-SBCC-CF-2016, Servicios de diseño para los siguientes proyectos: 1-Birmania-Santa Cecilia y la Cruz-Santa Cecilia. 2-Diseño de los Intercambios Taras y la Lima. 3-Diseño de Palmar Norte-Paso Canoas dentro del programa PIT.

**DISEÑO DE LOS INTERCAMBIOS ENTRE LA INTERSECCIÓN
DE LAS RUTAS NACIONALES Nº 2 Y 236 (TARAS),
Y LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES Nº 2 Y 10 (CARTAGO),
INCLUYENDO EL MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL Nº 2, SECCIÓN:
TARAS - LA LIMA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO**



INFORME FINAL

06 – RESUMEN EJECUTIVO

Tabla de Revisiones



DISEÑO DE LOS INTERCAMBIOS ENTRE LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES Nº 2 Y 236 (TARAS), Y LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES Nº 2 Y 10 (CARTAGO), INCLUYENDO EL MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL Nº 2, SECCIÓN: TARAS - LA LIMA, EN LA PROVINCIA DE CARTAGO.

Informe Final

06 – Resumen Ejecutivo

Redactado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Manuel Gómez (MGM)	Carmen Sánchez (CSZ) Eva Martínez (EMS)	Ramón Ramírez (RRL)
09/02/2018	09/02/2018	09/02/2018

Área	Encargo	Informe	Revisión	CD
IC	20614	A02-RES-01	03	07.00

Tabla de Ediciones

Revisión	Fecha	Objeto de la edición
00	09 febrero 2018	Edición Inicial tras supervisión del Informe de Avance N°2
01	06 abril 2018	Modificaciones incluidas en supervisión Informe Final
02	27 abril 2018	Modificaciones incluidas en supervisión Informe Final
03	31 agosto 2018	Edición final con modificaciones en Puente Peatonal

Modificaciones respecto a la edición anterior

Incluye modificaciones en la posición del Puente Peatonal Sur por petición de la Unidad Ejecutora.

Lista de pendientes

N°	Apartado	Descripción

Índice

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO	7
2	UBICACIÓN	8
3	ANTECEDENTES	9
3.1	INFORMACIÓN DE PARTIDA.....	9
3.2	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE PARTIDA	9
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	14
4	MARCO NORMATIVO	19
5	LINEAMIENTOS DEL DISEÑO	20
5.1	LINEAMIENTOS GENERALES	20
5.2	PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO COMPARADO AL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EXISTENTE	20
6	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	21
6.1	DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DEL EJE PRINCIPAL Y LAS VÍAS MARGINALES.....	21
6.2	SECCIONES TIPO	26
6.3	INTERCAMBIOS.....	29
6.4	ACERAS Y CICLOVÍAS.....	29
6.5	PARADAS DE AUTOBÚS	30
6.6	PUENTES PEATONALES	30
6.7	TRÁNSITO	30
6.7.1	TPDA.....	30
6.7.2	Datos de tránsito para diseño de pavimentos.....	32
6.7.3	Microsimulaciones de tránsito	34
6.8	GEOTECNIA	36
6.9	DRENAJE	37
6.10	PAVIMENTOS.....	39
6.10.1	Análisis de alternativas de pavimentación de nueva ejecución	39
6.10.2	Diseño del refuerzo de pavimentación existente	43
6.11	ESTRUCTURAS	44
6.11.1	Descripción de las estructuras	44
6.11.1.1	Paso elevado de Taras	44
6.11.1.2	Paso elevado Avenida 23	46
6.11.1.3	Paso elevado La Lima Nº 1	48
6.11.1.4	Paso elevado La Lima Nº 2	51
6.11.1.5	Paso elevado La Lima Nº 3	53

6.11.1.6	Pórtico La Lima	56
6.11.1.7	Paso inferior La Lima	58
6.11.1.8	Muros de suelo reforzado	59
6.11.1.9	Muros de concreto	60
6.12	SEGURIDAD VIAL Y EQUIPAMIENTO	61
6.12.1	Señalización Vertical	61
6.12.2	Señalización Horizontal	62
6.12.3	Balizamiento	63
6.12.4	Defensas	63
6.13	OBRAS COMPLEMENTARIAS	64
6.13.1	Iluminación	64
6.13.2	Cerramientos	64
6.13.3	Paradas de autobús	65
6.14	ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN DE PASOS DE FAUNA	65
6.15	INVENTARIO FORESTAL	65
6.16	REDES DE SERVICIO	67
6.16.1	Redes Eléctricas	67
6.16.2	Redes de telecomunicaciones	68
6.17	EXPROPIACIONES	68
6.18	PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO	69
6.18.1	Intercambio de Taras	69
6.18.2	Intercambio de La Lima	70
6.18.3	Tronco Principal	72
7	PRESUPUESTOS	73
7.1	PRESUPUESTO CON PAVIMENTO RÍGIDO	74
8	PROGRAMACIÓN DE OBRA	74

Índice de Tablas

Tabla 1. Tasas de crecimiento del tránsito en los intercambios de Taras y La Lima. Fuente: IDOM-DEHC.	10
Tabla 1. Datos de diseño geométrico. Fuente: IDOM-DEHC.	25
Tabla 2. Dimensionamiento bahía de autobuses. Fuente: Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras	30
Tabla 3. Volúmenes del periodo de mañana y tarde y proyección hasta el 2038. Intercambio de Taras. Fuente: IDOM-DEHC.	31
Tabla 4. Volúmenes del periodo de mañana y tarde y proyección hasta el 2038. Intercambio de La Lima. Fuente: IDOM-DEHC.	32
Tabla 5. Volúmenes de tránsito en la intersección A. Fuente: IDOM-DEHC.	33

Tabla 6. Volúmenes de tránsito en el Paso Superior sobre la Avenida 23. Fuente: IDOM-DEHC.	33
Tabla 7. Volúmenes de tránsito en la intersección E. Fuente: IDOM-DEHC.	33
Tabla 8. Valores máximos para la tramificación de diseño de firmes propuesta. Fuente: IDOM-DEHC.	33
Tabla 9. Parámetros geotécnicos de cálculo para las distintas unidades geotécnicas definidas en el proyecto.	36
Tabla 10. Ubicación de muros de suelo reforzado. Fuente: IDOM-DEHC.	60
Tabla 11. Distribución diamétrica del número de árboles por especie.	65
Tabla 12. Tabla resumen de costos totales de inversión. Fuente: IDOM-DEHC. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 13. Tabla resumen de costos totales de inversión con solución de pavimento rígido. Fuente: IDOM-DEHC. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 14. Duración de actividades con y sin penalización por climatología adversa. Fuente: IDOM-DEHC.	77

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación y emplazamiento de la Actuación N.º 2. Fuente: IDOM-DEHC.	8
Figura 2. Mapa de Vialidad a escala 1:40.000 del Plan Regulador de Cartago. Fuente: Municipalidad de Cartago.	11
Figura 3. Ampliación del Mapa de Vialidad a escala 1:40.000 del Plan Regulador de Cartago. Fuente: Municipalidad de Cartago.	12
Figura 4. Mapa de Zonificación a escala 1:40.000 del Plan Regulador de Cartago. Fuente: Municipalidad de Cartago.	13
Figura 5. Estructura vial propuesta en el GAM 2013. Fuente: IDOM-DEHC sobre plano del GAM 2013.	14
a) Vista de la zona. Fuente: IDOM-DEHC.	15
b) Vista de la zona. Fuente: IDOM-DEHC.	15
c) Vista de la zona. Fuente: IDOM-DEHC.	15
d) Vista de la zona. Fuente: IDOM-DEHC.	15
e) Señalamiento vertical en mal estado. Fuente: IDOM-DEHC.	15
f) Exceso de señales verticales. Fuente: IDOM-DEHC.	15
Figura 6. Señalamiento vertical con vandalismo y en mal estado. Fuente: IDOM-DEHC.	16
Figura 7. Acceso norte en sentido San José —Taras. Fuente: IDOM-DEHC.	16
Figura 8. Salida norte de Cartago en sentido Taras —San José. Fuente: IDOM-DEHC.	17
Figura 9. Parada de autobús al margen de la vía en la salida norte de Cartago en sentido Taras —San José. Fuente: IDOM-DEHC.	17
Figura 10. Falta de aceras para los peatones. Fuente: IDOM-DEHC.	18
Figura 12. Planta general de la Actuación. Fuente: IDOM-DEHC.	21
Figura 13. Planta general del Intercambio de Taras. Fuente: IDOM-DEHC.	22
Figura 14. Planta general del paso a desnivel de la Av. 23. Fuente: IDOM-DEHC.	23
Figura 15. Planta general del Intercambio La Lima. Fuente: IDOM-DEHC.	24
Figura 16. Ubicación de secciones típicas A y B. Fuente: IDOM-DEHC.	26

Figura 17. Sección típica A. RN2 El Guarco – San José. Fuente: IDOM-DEHC.....	26
Figura 18. Sección típica B. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC	27
Figura 19. Ubicación de secciones típicas C y D. Fuente: IDOM-DEHC.....	27
Figura 20. Sección típica C. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC.....	27
Figura 21. Sección típica D. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC.....	27
Figura 22. Ubicación de secciones típicas H, I y J. Fuente: IDOM-DEHC	28
Figura 23. Sección típica H. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC.....	28
Figura 24. Sección típica I. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC	29
Figura 25. Esquema de velocidades para la propuesta del Tramo 2. Fuente: IDOM-DEHC.	34
Figura 26. Esquema de velocidades para la solución diseñada en el año horizonte	35
Figura 27. Condición máxima de solicitud hidráulica en la conducción de la quebrada Chumico.	38
Figura 28. Planta de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.....	44
Figura 29. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.	45
Figura 30. Sección tipo. Fuente: IDOM-DEHC.	45
Figura 31. Planta de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.....	46
Figura 32. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.	47
Figura 33. Sección tipo. Fuente: IDOM-DEHC.	47
Figura 34. Planta de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.....	49
Figura 35. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.	49
Figura 36. Figura 2. Sección tipo. Fuente: IDOM-DEHC.	50
Figura 37. Planta de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.....	51
Figura 38. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.	52
Figura 39. Sección tipo. Fuente: IDOM-DEHC.	52
Figura 40. Plantas tableros de 7.60m de anchura. Fuente: IDOM-DEHC.....	54
Figura 41. Plantas tableros de 6.20m de anchura. Fuente: IDOM-DEHC.....	54
Figura 42. Alzado de vigas. Fuente: IDOM-DEHC.....	54
Figura 43. Sección tipo tablero 7.60m. Fuente: IDOM-DEHC.	55
Figura 44. Sección tipo tablero 6.20m. Fuente: IDOM-DEHC.	55
Figura 45. Alzado de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.....	57
Figura 46. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.	57
Figura 47. Ejemplo de señal vertical de reglamentación Alto (R-1-1).....	61
Figura 48. Ejemplo de señalización horizontal. Líneas de giro y flecha V<60 km/h. Fuente: SIECA 2014.	63
Figura 49. Etapas de construcción en el intercambio de Taras. Fuente: IDOM-DEHC.....	70
a) Etapas de construcción en el intercambio de La Lima. Fuente: IDOM-DEHC.....	¡Error!
Marcador no definido.	
Figura 50. Etapas de construcción en el paso elevado de la Avenida 23. Fuente: IDOM-DEHC.	72

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente documento forma parte de los entregables de la Contratación para Servicios de Consultoría: Sp-01-2016, codificado en el Programa PIT como PIT-30-SBCC-CF-2016, Servicios de diseño para los siguientes proyectos: 1-Birmanía-Santa Cecilia y la Cruz-Santa Cecilia. 2-Diseño de los Intercambios Taras y la Lima. 3-Diseño de Palmar Norte-Paso Canoas dentro del programa PIT.

Los servicios de consultoría incluyen la redacción de los diseños de las siguientes actuaciones de infraestructura vial:

1. Actuación Nº 1: Actualización del Diseño existente para el "Mejoramiento de la Ruta Nacional Nº 4, Sección: Birmania - Santa Cecilia" y para la "Construcción de cinco puentes nuevos en la Ruta Nacional Nº 4. Sección: La Cruz - Santa Cecilia", Provincias de Guanacaste y Alajuela
2. Actuación Nº 2. Diseño de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales Nº 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales Nº 2 y 10 (Cartago), incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional Nº 2, Sección: Taras - La Lima, en la Provincia de Cartago.
3. Actuación Nº 3. Diseño de la Rehabilitación y Mejoramiento de la Ruta Nacional Nº 2, Carretera Interamericana Sur, Sección: Palmar Norte - Paso Canoas, Provincia de Puntarenas.
 - a. Sección 3.1.: Palmar Norte (intersección Ruta Nacional Nº 34) - Chacarita (intersección Ruta Nacional Nº 245).
 - b. Sección 3.2.: Chacarita (intersección Ruta Nacional Nº 245) - Río Claro (intersección Ruta Nacional Nº 14).
 - c. Sección 3.3.: Río Claro (intersección Ruta Nacional Nº 14) - Paso Canoas (intersección Ruta Nacional Nº 238).

El objeto del documento es la descripción general de los diseños de la Actuación Nº 2 **Diseño de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales Nº 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales Nº 2 y 10 (Cartago), incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional Nº 2, Sección: Taras - La Lima, en la Provincia de Cartago**” (en adelante Actuación Nº 2).

El proyecto consiste en la construcción de dos intercambios a desnivel, los cuales serán construidos en las intersecciones de Taras y La Lima, así como el mejoramiento del tramo intermedio ente los intercambios, de aproximadamente 2 km de longitud, debido al alto nivel de congestión y falta de seguridad vial en el tramo.

En Taras se construirá un paso a desnivel entre las Rutas Nacional Nº 2 y Nº236.

En La Lima se propone implementar los giros izquierdos por medio de rampas a desnivel, en donde el movimiento descrito como "Tejar y zona sur — San José" y el Cartago- Tejar y zona sur" se realizarían a distinto nivel. Se ha tenido en cuenta en el diseño el futuro desarrollo urbanístico previsto en la Zona Industrial de Cartago. En el plan de ordenación territorial este intercambio adquiere una situación central en la mancha urbana de Cartago, lo que hace indispensable tener en cuenta en el diseño todos los movimientos de tránsito futuros, no sólo los actuales.

En el tramo se plantea también la posibilidad de un intercambio intermedio a la altura de la Av. 23, que ayude a los movimientos de retorno y giros a izquierda en una zona ya densamente urbanizada.

2 UBICACIÓN

La Actuación Nº 2 se encuentra en la zona central del país, en el distrito de San Nicolás, provincia de Cartago, entre la Intersección de las Rutas Nacionales Nº 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales Nº 2 y 10 (La Lima).

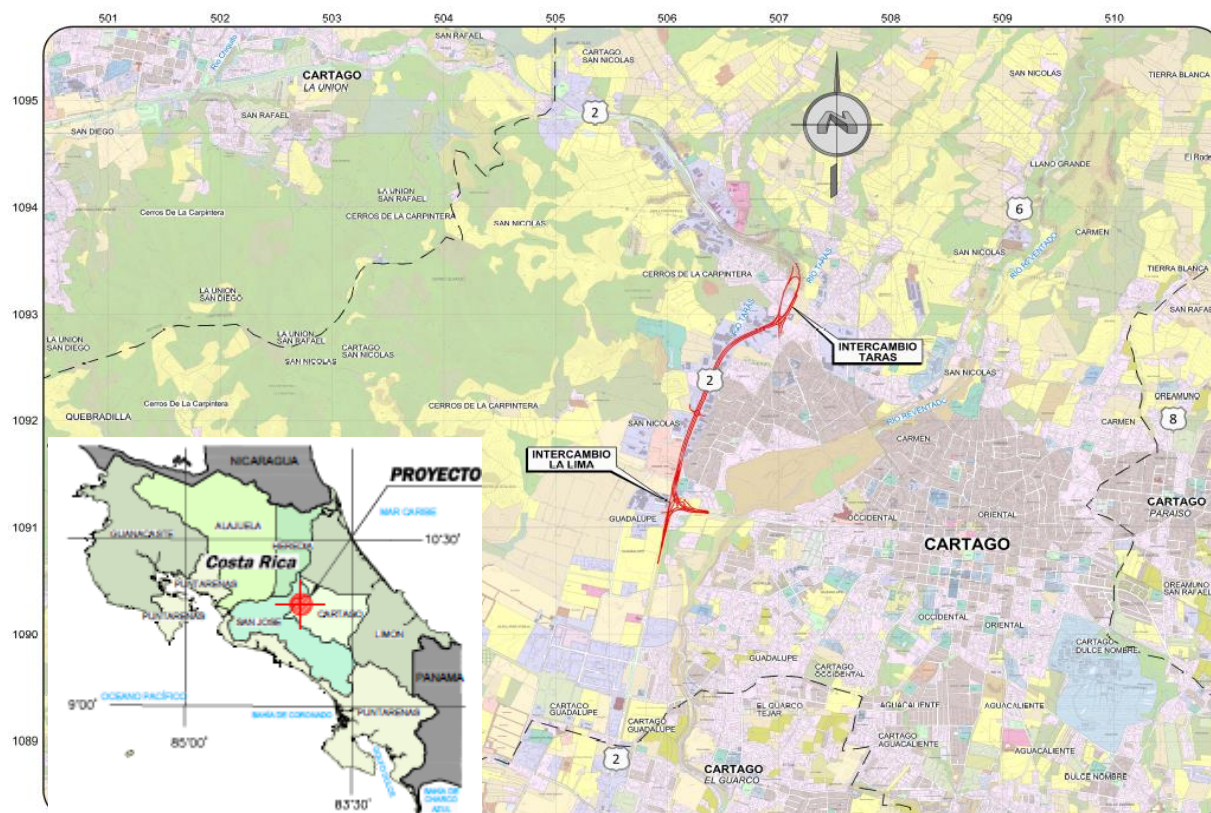


Figura 1. Ubicación y emplazamiento de la Actuación Nº 2. Fuente: IDOM-DEHC.

El tramo forma parte de la Autopista Florencio del Castillo que une San José con el Guarco, con un tránsito promedio actual de unos 40.000 vehículos diarios.

El entorno del tramo se configura como una zona densamente urbanizada, principalmente de carácter comercial e industrial. En la zona de Taras-El Ochomogo existen edificaciones residenciales próximas al derecho de vía e inclusive dentro del retorno existente en la denominada Isla de Ochomogo.

El tramo entre Taras y La Lima mantiene prácticamente libres los 50 m de derecho de vía, ocupándose los laterales de la actual ruta principalmente con zonas de parqueos de las instalaciones industriales y comerciales existentes.

3 ANTECEDENTES

3.1 Información de partida

Para la elaboración del diseño conceptual de los intercambios y el mejoramiento de la sección Taras-La Lima se parte de la información recabada de los siguientes estudios:

- Estudio de Factibilidad “Estudios, Diseño y Construcción de los Intercambios Viales en La Lima y Taras de Cartago”.
- Anuario de Información de Tránsito 2013 y 2015 del MOPT
- Plan Regulador de Cartago.
- Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana 2013
- Guía de Inversión de Cartago. Zona Económica Especial.

Del análisis de cada uno de los anteriores se ha obtenido información secundaria de relevancia para el desarrollo del estudio, especialmente en las etapas iniciales del proyecto.

3.2 Análisis de la información de partida

De entre todos los anteriores, la información que se extrae para realizar el diseño de encaje geométrico es la referente a los siguientes elementos:

- Cartografía existente del lugar
- Información geológico-geotécnica
- Aforos de tránsito vehicular realizados en el ámbito del proyecto

En cuanto a la disponibilidad de datos de tránsito de estudios anteriores, resulta de especial relevancia para el objeto del presente informe aquella referente a los estudios de tráfico existentes.

A través de los resultados de los análisis de movimientos y los conteos vehiculares realizados en el “Estudio de Factibilidad “Estudios, Diseño y Construcción de los Intercambios Viales en La Lima y Taras de Cartago”, se ha procedido a la consolidación de dicha información para establecer unos esquemas que representen los datos globales de tránsito asociados a cada movimiento, así como el nivel de servicio ofrecido por cada uno de los viales en su situación de partida, tanto para el intercambio de Taras como el de La Lima:

Por último, se muestran las tasas de crecimiento empleadas en estudio en la siguiente tabla.

Tasa de crecimiento de tránsito. Ruta Nº 2. Estación 522 (Zona franca Cartago)				Tasa de crecimiento de tránsito. Ruta Nº 10. Estación 749 (Puente Río Reventado)			
Año	% crec.	Año	% crec.	Año	% crec.	Año	% crec.
2014	2.40	2026	0.54	2014	3.06	2026	1.17
2015	2.14	2027	0.47	2015	2.85	2027	1.07
2016	1.90	2028	0.41	2016	2.65	2028	0.98
2017	1.69	2029	0.36	2017	2.46	2029	0.9
2018	1.49	2030	0.32	2018	2.28	2030	0.82
2019	1.32	2031	0.28	2019	2.11	2031	0.75
2020	1.17	2032	0.24	2020	1.95	2032	0.68
2021	1.03	2033	0.21	2021	1.79	2033	0.62
2022	0.91	2034	0.19	2022	1.65	2034	0.57
2023	0.80	2035	0.16	2023	1.52	2035	0.52
2024	0.70	2036	0.14	2024	1.4	2036	0.47
2025	0.62	2037	0.12	2025	1.28	2037	0.43

Tabla 1. Tasas de crecimiento del tránsito en los intercambios de Taras y La Lima. Fuente: IDOM-DEHC.

También se ha analizado en profundidad el Plan Regulador de Cartago donde, de especial importancia resultan los mapas de usos de suelo y distribución zonal previstos para los próximos años en el cantón y los mapas de vialidad, donde se representa la infraestructura vial existente y prevista durante los próximos años.

Comenzando por la vialidad, se muestra a continuación el Mapa de Vialidad a escala 1:40.000 del Plan Regulador:

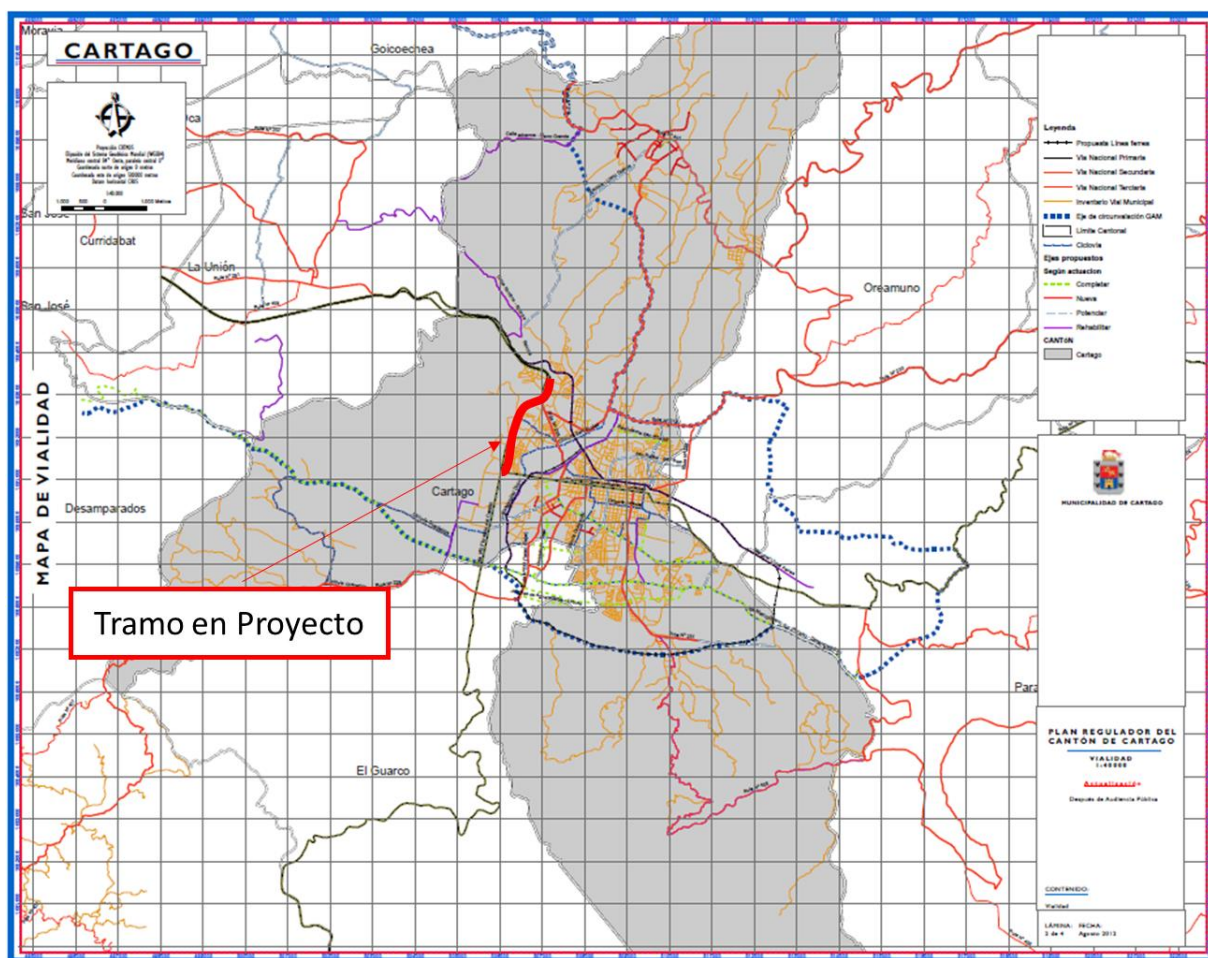


Figura 2. Mapa de Vialidad a escala 1:40.000 del Plan Regulador de Cartago. Fuente: Municipalidad de Cartago.

En el mapa mostrado se identifica la vialidad objeto de estudio de la Actuación Nº2 como “Vía Nacional Primaria”, máxima categoría dentro de la jerarquización definida en el Plan. Otros aspectos de relevancia son el entramado de viales nuevos, a potenciar y a rehabilitar en el entorno inmediato de los intercambios y zonas aledañas. Asimismo, se identifica un eje de circunvalación del Gran Área Metropolitana que tiene previsto conectar San José (Desamparados) con la zona sur de Cartago, atravesando la futura zona de desarrollo industrial.

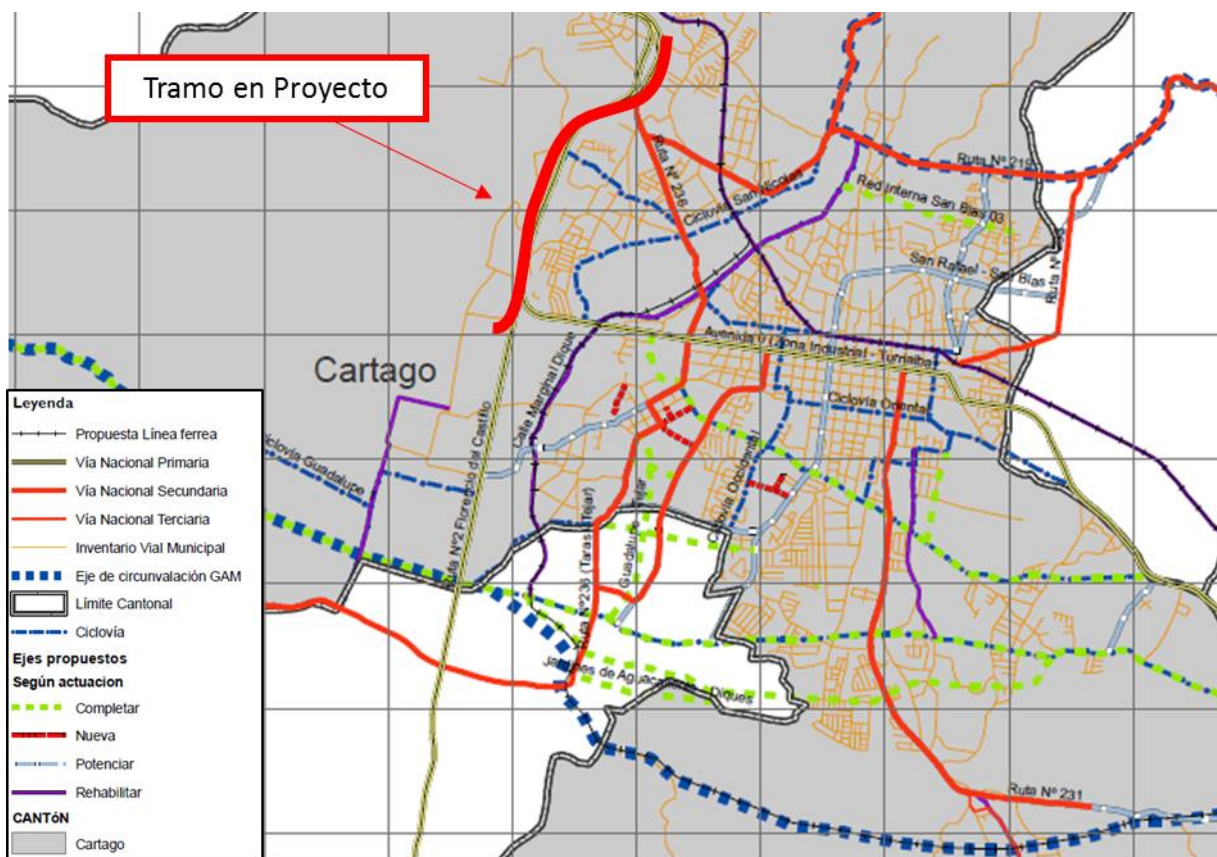


Figura 3. Ampliación del Mapa de Vialidad a escala 1:40.000 del Plan Regulador de Cartago. Fuente: Municipalidad de Cartago

De igual manera, se ha procedido al análisis de la zonificación propuesta en el ámbito del proyecto dado que los diferentes usos de suelos pueden condicionar fuertemente los volúmenes de tránsito, sus proyecciones temporales y pueden implicar fuertes variaciones en las matrices origen-destino y demanda inducida.

De igual manera, se ha procedido al análisis de la zonificación propuesta en el ámbito del proyecto dado que los diferentes usos de suelos pueden condicionar fuertemente los volúmenes de tránsito, sus proyecciones temporales y pueden implicar fuertes variaciones en las matrices origen-destino y demanda inducida.

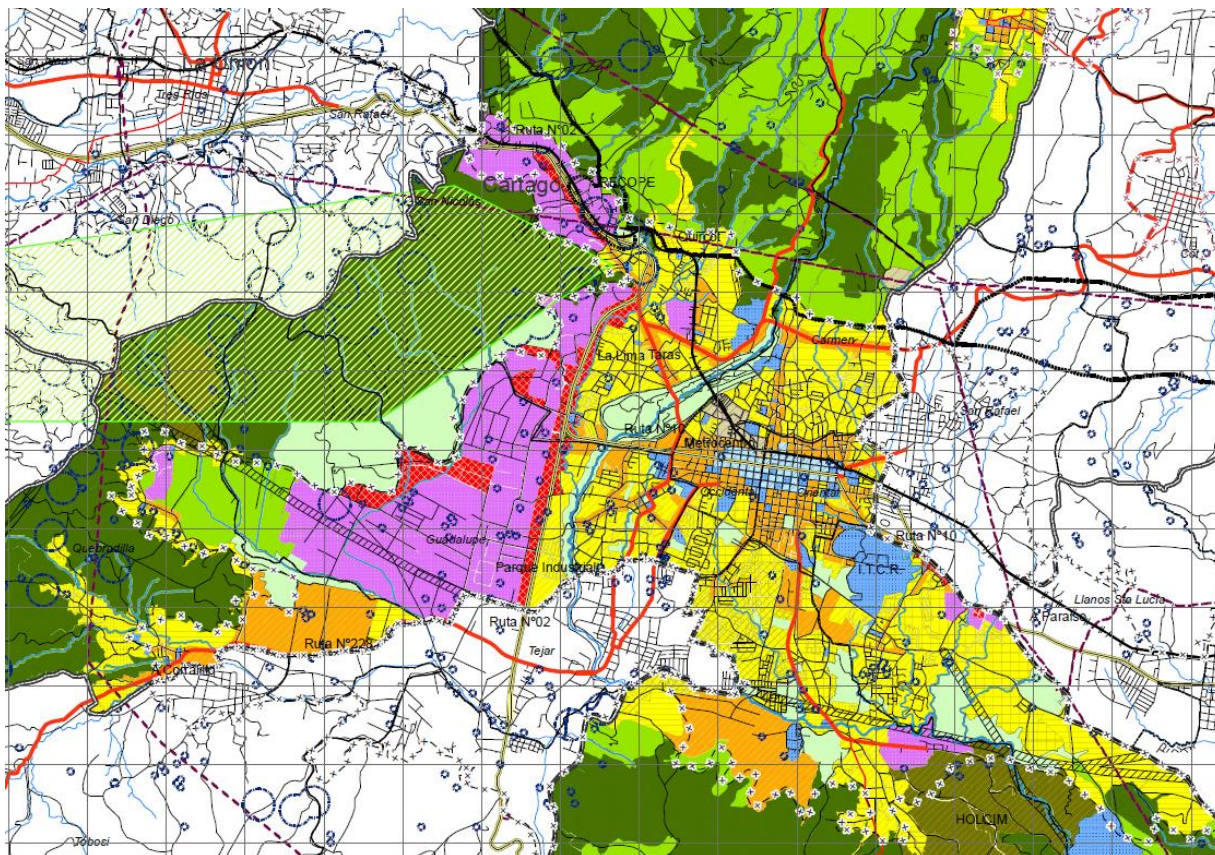


Figura 4. Mapa de Zonificación a escala 1:40.000 del Plan Regulador de Cartago. Fuente: Municipalidad de Cartago

En la imagen anterior se ha representado en color morado el área destinada al desarrollo industrial de Cartago, lo que supone un total aproximado de 700 ha de terreno disponible.

Según fuentes de la Zona Económica Especial de Cartago, se espera que en el medio plazo se produzca la primera etapa del desarrollo industrial ocupando un área aproximada de 78 hectáreas y generando un total de hasta 15.000 nuevos empleos.

Realizando un primer análisis de aproximación de una manera básica, se puede extrapolar ese ratio de empleos/área a la totalidad de la zona destinada al desarrollo industrial. De esta forma, se obtendría que la generación de empleo total en Cartago resultaría de unos 125.000 nuevos empleos, cifra que se puede ser considerada muy ambiciosa a día de hoy, sobre todo teniendo en cuenta que la población total del cantón de Cartago es de poco más de 160.000 habitantes.

Del estudio del Plan Nacional de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana 2013 se extrae información de relevancia en cuanto al desarrollo en infraestructura vial propuesto. En este aspecto, se espera disponer de un anillo de circunvalación que conecte todo el GAM. El resultado esperado de dicha infraestructura de circunvalación es el que se muestra en la siguiente imagen:



a) Vista de la zona. Fuente: IDOM-DEHC.



b) Vista de la zona. Fuente: IDOM-DEHC.



c) Vista de la zona. Fuente: IDOM-DEHC.



d) Vista de la zona. Fuente: IDOM-DEHC.

El ámbito del proyecto posee abundante señalización vertical, aunque en determinadas ocasiones se considera insuficiente. Algunas señales presentan deterioro, otras afectado por vandalismo y en algunos puntos el exceso de señales de publicidad en las vías.



e) Señalamiento vertical en mal estado. Fuente: IDOM-DEHC.



f) Exceso de señales verticales. Fuente: IDOM-DEHC.



Figura 6. Señalamiento vertical con vandalismo y en mal estado. Fuente: IDOM-DEHC.

El acceso norte en sentido San José —Taras (movimiento directo) es el más crítico de la intersección, ya que posee sólo un carril de circulación, cuenta con poca visibilidad para realizar la maniobra de cruce debido a la topografía y geometría de la intersección. Además la velocidad inicial de la maniobra es nula con respecto a la velocidad del flujo principal, el cual posee una velocidad máxima de 80 km/h. Debido a lo anterior, este acceso presenta niveles de servicio y demoras inadecuadas, además el rebote de cola es de aproximadamente de 150 metros. Es una intersección especialmente peligrosa por el flujo de tránsito y la visibilidad disponible.



Figura 7. Acceso norte en sentido San José —Taras. Fuente: IDOM-DEHC.

La salida norte de Cartago en sentido Taras —San José, consta de una rampa la cual da ingreso a la ruta nacional. Es una rampa que no cuenta con su respectivo carril de aceleración y transición, lo que tiene dificultad en el ingreso a la ruta nacional. Se suma en este entorno de la intersección de Taras la falta de pasos peatonales o aceras para peatones en las márgenes de la carretera.



Figura 8. Salida norte de Cartago en sentido Taras —San José. Fuente: IDOM-DEHC.

En la salida norte de Cartago en sentido Taras —San José, también fue detectada una parada de autobuses sin bahía de diseño adecuado, donde el autobús para al margen de la vía muy cerca de la margen de la carretera. Esto constituye un tramo de peligro tanto para el autobús y los usuarios del sistema de transporte público que se encuentran en dichas paradas como para los vehículos en tránsito.



Figura 9. Parada de autobús al margen de la vía en la salida norte de Cartago en sentido Taras —San José. Fuente: IDOM-DEHC.

Se observa una general falta de facilidades tanto para peatones como para ciclistas, con ausencia de pasos peatonales en algunos puntos de alto flujo peatonal. Existen algunos pasos peatonales con diseños inadecuados, así como paradas de buses con diseño inapropiado (sin bahía de autobuses, casetas de espera para peatones ubicadas muy cercanas al margen de la carretera). Este hecho se hace más evidente en el entorno del puente peatonal de La Lima, un punto con mucho flujo peatonal.



Figura 10. Falta de aceras para los peatones. Fuente: IDOM-DEHC.

4 MARCO NORMATIVO

Los presentes diseños se rigen conforme a la siguiente prevalencia de documentos:

- a. La Solicitud de Propuestas y los Términos de Referencia.
- b. Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (SIECA), 3era. Edición, 2011, utilizando como fuente de referencia AASHTO 2011 ("Green Book"), cuando corresponda.
- c. El Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-2010).
- d. El Manual de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica MC-2002.
- e. Ley y Reglamento de Construcción.
- f. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Sixth Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012.
- g. AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011.
- h. Lineamientos de Diseño Sismo Resistente para Puentes, Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA), 2013.
- i. Circulares de Ingeniería Hidráulica de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos: HEC Nº18, FHWA HI-96-031, 2012, 5º edición; HEC Nº20, FHWA HI-96-032, 2012, 4º edición; HEC Nº23, FHWA HI-97-030, 2009, 5º edición.
- j. Código de Cimentaciones de Costa Rica, edición vigente.
- k. Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica, ACG, 2015.
- l. Decreto Ejecutivo No. 31363-MOPT del 02 de junio de 2003 (Reglamento de Circulación por Carreteras con base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga).
- m. Tomo de Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial
- n. Ley No. 7600. Ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad.
- o. Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial MOPT-CONAVI, para control de calidad de materiales y procedimientos constructivos.
- p. Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2004)
- q. AASHTO Guide for Design of Pavements Structures, 1993. American Association of State Highways and Transportation Officials.
- r. Normas para la Colocación de Dispositivos de Seguridad para Protección de Obras
- s. Manual para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial, en la formulación y ejecución de las obras públicas pertinentes, contratadas por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y por el Estado costarricense (Decreto Ejecutivo No. 37347-MOPT).
- t. Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, Universidad de Costa Rica. Valverde G. (2011)
- u. Respecto a la demarcación horizontal, los materiales deben cumplir con las normas nacionales INTE 11-02-01 Parte III, INTE 11-02-02; además, con la norma INTE 11-02-03: Guía de buenas prácticas para la demarcación vial horizontal, que constituye una guía para el trabajo en campo. Estas normas prevalecen sobre el CR-2010 en lo que se opongan.

Los casos de superposición de normativas y manuales o de toma de decisiones particulares durante el proceso de diseño son explicados de manera específica en los apartados correspondientes.

5 LINEAMIENTOS DEL DISEÑO

5.1 Lineamientos Generales

Los principales lineamientos seguidos para la definición de la solución de diseño han sido:

- Garantizar Nivel C en un horizonte de 20 años.
- Mejora de la seguridad vial, con especial atención a los peatones y ciclistas.
- Mejora de la conectividad entre zonas este y oeste de Cartago.

Los intercambios producen ventajas en cuanto a seguridad, fluidez y economía en la circulación, en tramos de alto nivel de circulación como es el que nos ocupa.

Los condicionantes más importantes para el diseño de los intercambios tienen que ver con los volúmenes de tránsito, la eliminación de embotellamientos o congestionamientos del tránsito, los aportes a la seguridad vial, así como la clasificación de colectora mayor urbana en lo relativo al control en los accesos.

5.2 Planteamiento del Diseño comparado al estudio de factibilidad existente

En el diseño final, el tramo difiere del diseño conceptual recogido en el Estudio de Factibilidad principalmente debido a:

- Toma en consideración de la expansión urbana proyectada al Oeste de Cartago, lo cual implica nuevos movimientos de tránsito e incremento en las proyecciones de los movimientos principales.
- Necesidad de tercer carril en el tramo Taras-La Lima, desde la Cuesta del Ochomogo hasta el Intercambio de Taras.
- Se considera necesario el desnivel del sentido Sur en Taras, para evitar problemas de congestión derivadas de las presas provocadas por la intersección de las rutas 236 y 219 en la entrada de Taras.
- Necesidad del cuarto nivel del Intercambio de La Lima para dar conectividad entre Cartago y su Zona Industrial en expansión.
- Se actúa en todo el tramo intermedio entre Taras y La Lima, en el derecho de vía completo de 50 m, para permitir el flujo principal con tres carriles por sentido, las vías marginales de acceso a la zona comercial e industrial colindante y el espacio necesario para peatones y ciclistas, así como para la iluminación y las redes de servicio existentes en la zona.

6 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.1 Descripción del Trazado del Eje Principal y las vías marginales

El tramo inicia en Est. 20+100 de la RN2 Autopista Florencio del Castillo, en la Cuesta de Ochomogo, concluyendo en el Est. 23+705.85 de la misma ruta, una vez se atraviesa La Lima. Consta de 2 intercambiadores, en Taras y La Lima, y un paso a desnivel sobre la Av. 23.



Figura 12. Planta general de la Actuación. Fuente: IDOM-DEHC.

El tramo comienza en el tramo bajo de la Cuesta de Ochomogo. Desde este punto la autopista pasa a tener 3 carriles por sentido.

En la solución diseñada, la calzada del sentido San José – Cartago se une a la calzada de subida, por el lado oriental de la actual Isla de Ochomogo. El tramo actual que constituye el final de la bajada de la cuesta se convierte así en entrada hacia la Ruta Nacional 236 en Taras.

El tronco principal San José -Cartago de la RN 2 discurre elevado sobre una nueva rotonda a conformar en la intersección actual de Taras. Mediante esta rotonda se permiten retornos en el sentido San José – Cartago, como en los movimientos de y hacia la RN 236.

El retorno de Ochomogo se mantiene para los movimientos internos entre Cartago-Taras y el Barrio alto de Ochomogo.

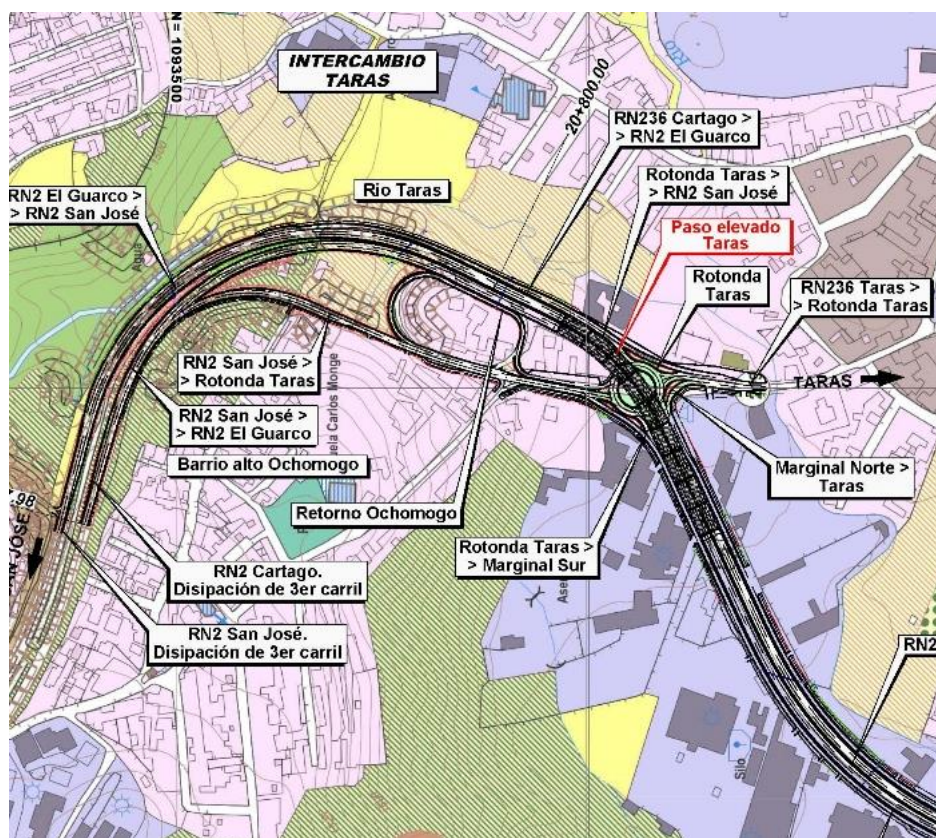


Figura 13. Planta general del Intercambio de Taras. Fuente: IDOM-DEHC.

Desde la Rotonda de Taras se disponen en los laterales dos vías marginales paralelas al eje principal, de un carril por sentido, que sirven para dar acceso a las propiedades colindantes. La vía marginal denominada “Norte”, de sentido Cartago-San José consta de dos carriles en su llegada a la Rotonda de Taras para disminuir las demoras de tránsito.

Después de la rampa del paso elevado sobre la Rotonda de Taras se disponen dos ramales de salida desde el Eje Principal hacia estas vías Marginales.

A la altura de la Av. 23 se dispone un paso a desnivel con rotonda inferior que permite movimientos intermedios en esta zona densamente urbanizada y de accesos frecuentes desde el entorno dada su condición comercial. Desde esta rotonda se tiene acceso a la Av. 23 hacia Taras – La Lima y, en un futuro, con la zona de expansión oeste industrial de la ciudad.

La disposición del paso a desnivel en la Av. 23 responde a la situación en una zona intermedia del tramo entre los intercambiadores de Taras y La Lima

A la llegada a la Rotonda de la Av. 23 las vías marginales tienen un tramo de dos carriles por sentido para disminuir las demoras de tránsito.



Figura 14. Planta general del paso a desnivel de la Av. 23. Fuente: IDOM-DEHC.

En el tramo desde la Rotonda de la Av. 23 hacia La Lima se mantiene la disposición de dos vías marginales que llegan a otra rotonda de distribución denominada Rotonda La Lima.

Es entorno a esta Rotonda de La Lima en la que se disponen los cuatro niveles del Intercambio de La Lima. La Rotonda se encuentra en el Nivel 0 del Intercambio. Los dos carriles centrales del eje principal, que conforman la RN2 antes de llegar a La Lima, se dirigen al paso inferior (Nivel -1) que les conecta con el tramo sur, congregando los movimientos hacia y desde El Guarco. Los 2 carriles exteriores de cada sentido en el tramo Taras-La Lima prosiguen elevándose (Nivel +1) sobre la Rotonda La Lima buscando la RN 10 hacia el centro de Cartago. Se mantiene así el número de carriles del principal movimiento de tránsito, que se da entre la RN10 y la RN2 hacia el norte.

El nivel superior del intercambio (Nivel +2) es para el movimiento Cartago-El Guarco, con un ramal que parte a la altura del paso inferior del Mall Paseo Metrópoli. El movimiento contrario, El Guarco-Cartago se realiza mediante un ramal desagregado en el nivel 0 del intercambio sin tener ninguna interferencia con los otros movimientos.

A la Rotonda de La Lima llegan ramales que conectan a las vías marginales del tramo Taras-La Lima, las entradas y salidas desde Cartago y el vial de acceso a la Zona Industrial de La Lima.

La vía marginal de acceso desde Cartago a la Rotonda de La Lima aprovecha la salida hacia el Mall Paseo Metrópoli. Se retoca la entrada a la RN10 desde el Mall, pasando a conectar a la Rotonda de La Lima, donde se podría hacer el retorno.

El acceso al Mall Paseo Metrópoli se hace desde la vía marginal que sale dirección oeste de la Rotonda de la Lima.

El diseño de este intercambio de La Lima, condicionado por un reducido espacio disponible, consigue distribuir a desnivel todos los movimientos de las 2 rutas principales, RN2 y RN10, permitiendo una

permeabilidad transversal entre el Centro de Cartago y la Zona Industrial de La Lima, en la que se prevé un crecimiento urbano muy importante en los próximos años.

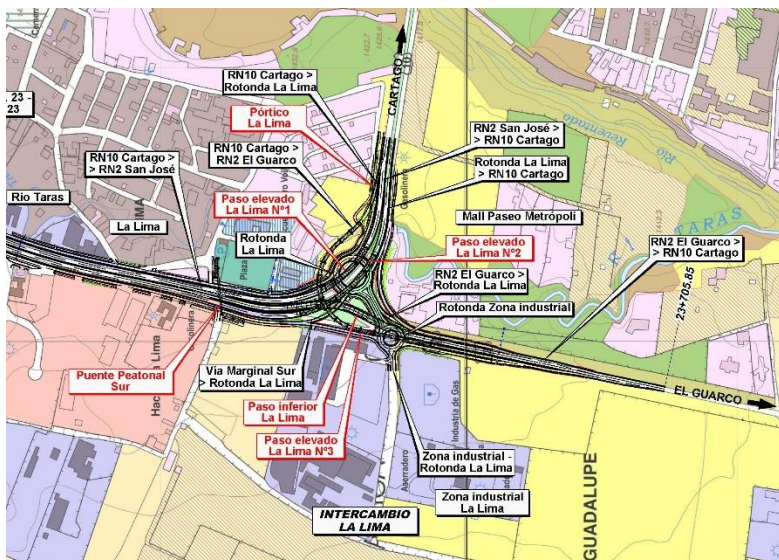


Figura 15. Planta general del Intercambio La Lima. Fuente: IDOM-DEHC.

Se adjunta a continuación una tabla con los parámetros de diseño geométricos adoptados para los presentes diseños, tanto para el tronco principal con sección de 3 carriles como en el tramo de 1 carril.

DATOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO			
PARÁMETROS DE DISEÑO	Unidad	TRONCO. Sección 3 carriles	TRONCO. Sección 1 carril
Estación		20+087.984 - 22+894.746	22+894.746 - 23+705.855
Tipo de terreno		Montañoso Ondulado	Ondulado
Tipo de carretera		Colector Mayor Urbana	Colector Mayor Urbana
Velocidad de diseño	km/h	70-80	40-70
Radio de curvatura mínimo	m	255.00	130.00
Radio de curvatura máximo	m	2000.00	250.00
Pendiente longitudinal máxima	%	7.00	6.00
Pendiente longitudinal mínima en corte	%	0.50	1.25
Pendiente longitudinal mínima en relleno	%	0.50	1.25

DATOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO			
PARÁMETROS DE DISEÑO	Unidad	TRONCO. Sección 3 carriles	TRONCO. Sección 1 carril
Superelevación máxima	%	5.64	6.00
Bombeo normal superficie de ruedo	%	2.50	2.50
Bombeo normal espaldones	%	2.50	2.50
Número de carriles		3	1
Ancho de superficie de ruedo en recta	m	3.30	3.60
Ancho de espaldones en corte o relleno	m	1.00 interior 1.20 exterior	1.20
Ancho de espaldones en puentes	m	0.90 interior 1.20 exterior	-
Ancho de mediana	m	1.00	-
Distancia de visibilidad de parada mínima		83	50
Ancho de puentes mínimo	m	12.90 calzada de 3 carriles 11.25 calzada de 2 carriles	-
Parámetro K mínimo en cresta		21.00	13.33
Parámetro K máximo en cresta		35.00	13.33
Parámetro K mínimo en columpio		30.00	13.00
Parámetro K máximo en columpio		500.00	13.00
Ancho de acera en corte o relleno	m	-	0.60
Ancho de acera en puentes	m	-	-
Tipo de cuneta		Cordón y cuneta triangular	Cordón y cuneta triangular
Detalles de cordón y caño, cuneta, tomas, cabezales y otros		Diseños estándares del Manual de Especificaciones generales CR-2010	Diseños estándares del Manual de Especificaciones generales CR-2010
Vehículo de diseño		WB-19	WB-19

Tabla 1. Datos de diseño geométrico. Fuente: IDOM-DEHC.

6.2 Secciones Tipo

La sección típica de la actuación viene muy condicionada por los anchos disponibles al ser una zona muy urbanizada.

El Eje principal consta de 3 carriles por sentido, de 3.30 m de ancho cada uno, hasta el intercambiador de Taras. Los espaldones de este eje principal son de 1.20 m el exterior y 1.00 m el interior, con mediana de 1.00 m en la que se disponen elementos de drenaje y barrera de seguridad de concreto tipo F.

En el tramo entre los intercambios se disponen vías marginales de acceso a las propiedades colindantes y de tránsito de buses con sus correspondientes bahías.

El gálibo vertical en pasos elevados y bajo puentes peatonales cumple en todo momento un mínimo libre de 5.5 m

Las distintas vías marginales constan de diferentes secciones dependiendo de su funcionalidad y del tramo en el que se encuentran. A continuación se presenta una muestra de distintas secciones típicas del tramo completo.

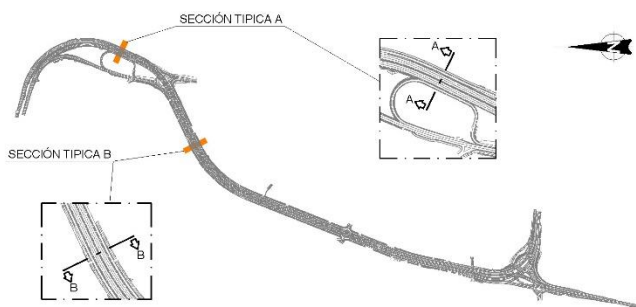


Figura 16. Ubicación de secciones típicas A y B. Fuente: IDOM-DEHC

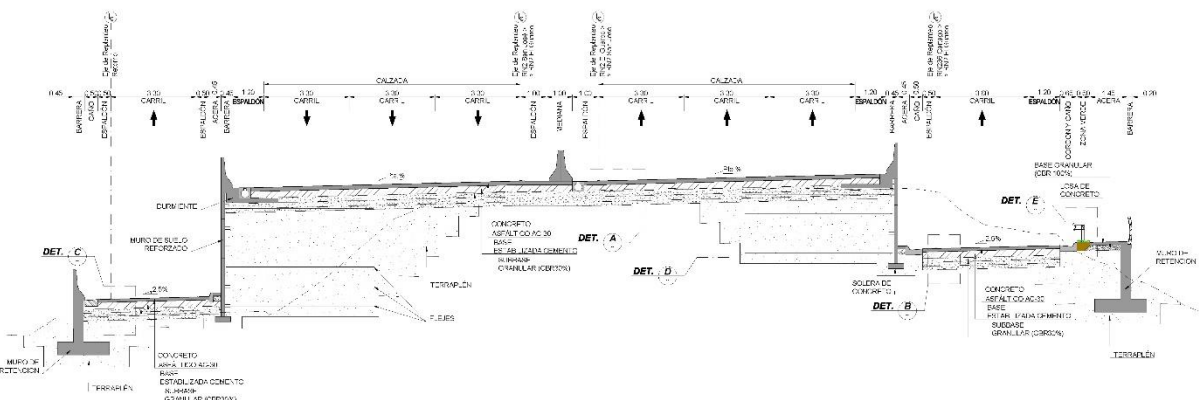


Figura 17. Sección típica A. RN2 El Guarco – San José. Fuente: IDOM-DEHC

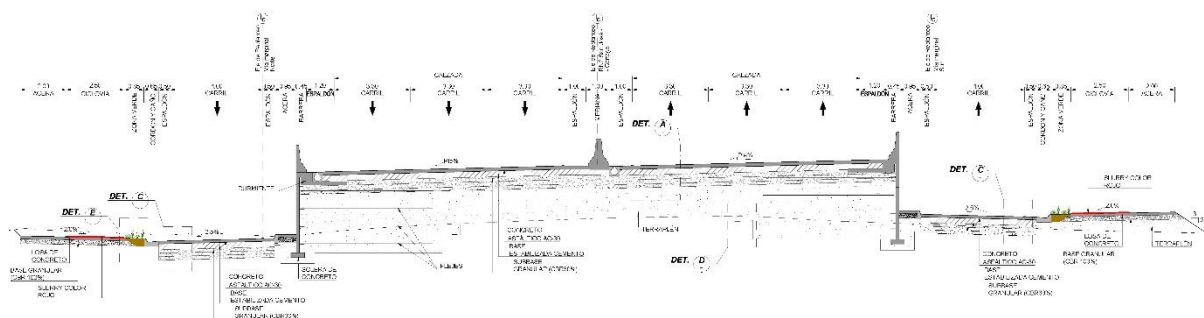


Figura 18. Sección típica B. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC

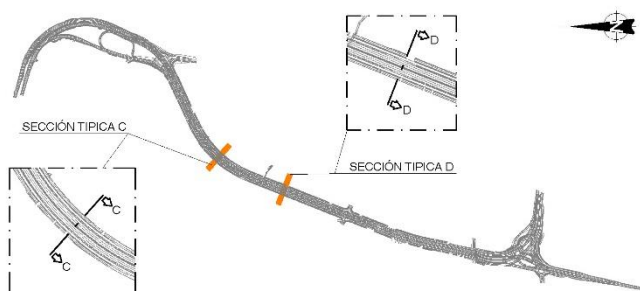


Figura 19. Ubicación de secciones típicas C y D. Fuente: IDOM-DEHC

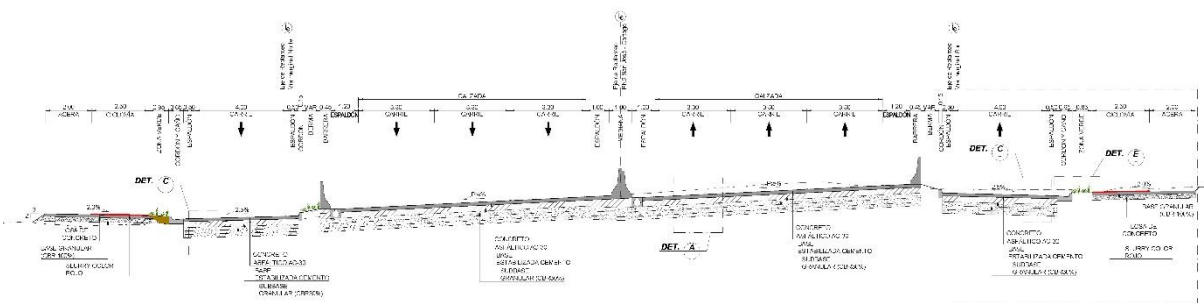


Figura 20. Sección típica C. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC

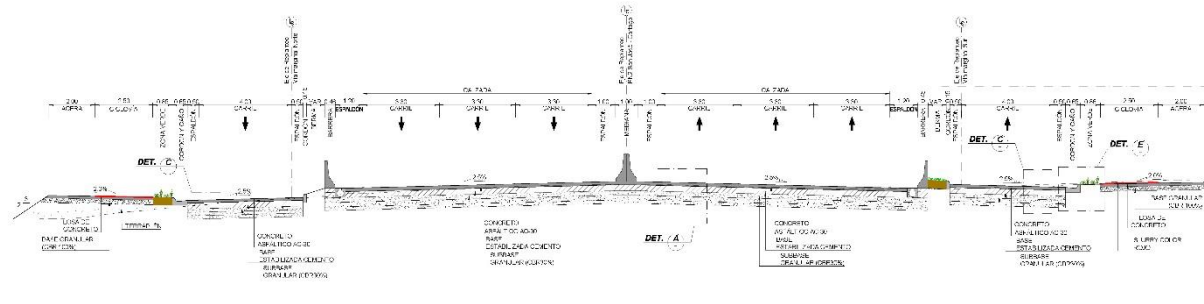


Figura 21. Sección típica D. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC

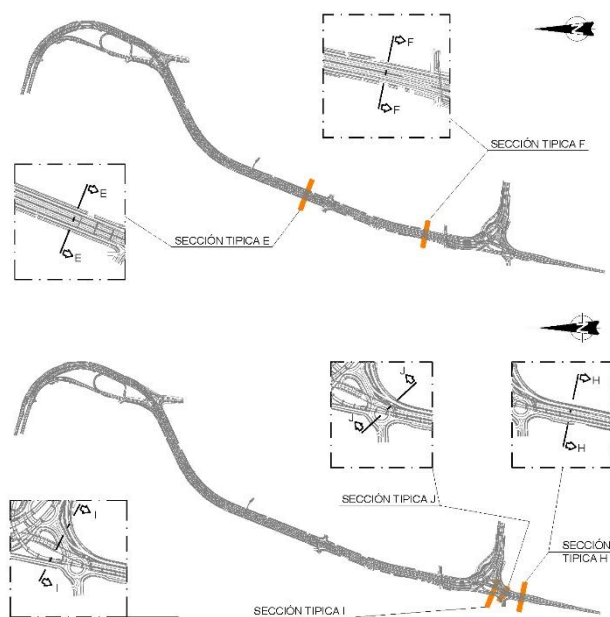


Figura 22. Ubicación de secciones típicas H, I y J. Fuente: IDOM-DEHC

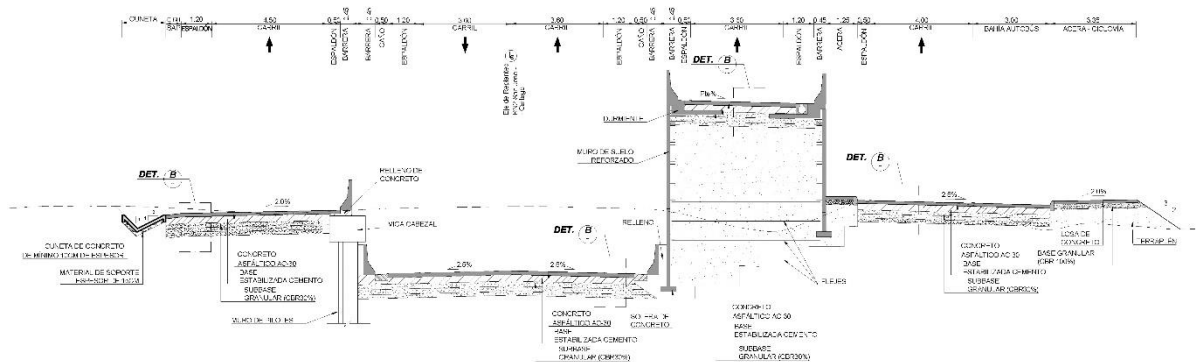


Figura 23. Sección típica H. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC

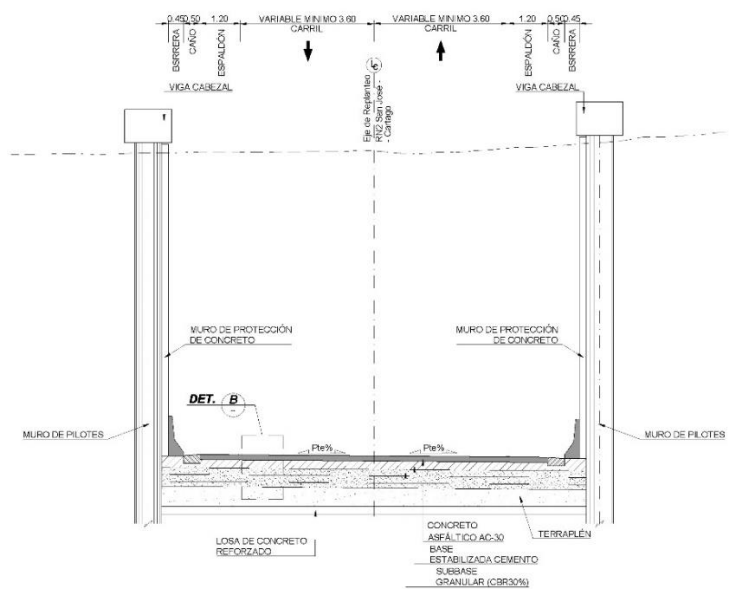


Figura 24. Sección típica I. RN2 San José – Cartago. Fuente: IDOM-DEHC

6.3 Intercambios

Las estructuras necesarias para la disposición de los distintos niveles en los intercambios a desnivel son las siguientes:

- Paso Elevado Taras (3+3 carriles)
- Paso Elevado Av. 23 (3+3 carriles)
- Paso Elevado La Lima N°1 (2 carriles)
- Paso Elevado La Lima N°2 (2 carriles)
- Paso Elevado La Lima N°3 (1 carril)
- Paso Inferior La Lima (2 carriles)
- Pórtico La Lima N°1 (1 carril)

6.4 Aceras y Ciclovías

El diseño busca dar continuidad a las principales conexiones peatonales del entorno y dar seguridad a los peatones y ciclistas en esta zona densamente urbanizada y de carácter comercial e industrial.

Se disponen aceras de 2.00 m y ciclovías de 2.50 m como lineamiento general.

En los tramos en los que el espacio disponible impide esta sección ideal se disponen aceras compartidas con ciclovías de ancho 3.20 m. En estos puntos se intensifica la señalización para mantener la seguridad tanto de peatones como ciclistas.

En el tramo particular de la plaza de fútbol de La Lima se ha optado por desviar la ciclovía bordeando dicha plaza ya que coincide en la marginal con una parada de autobús y puente peatonal de mucho tránsito, además de una zona de margen más estrecho hasta los lotes existente a la altura de la calle 52 en Taras. Para evitar conflictos peatones-bicicletas, se opta por el desvío de la ciclovía por la Av. 9, Calle 50a y calle 52, donde existe espacio suficiente para ello.

Existen otros tramos de acera exclusivamente con ancho mínimo de 2.00 m, que permita un mínimo de 1.20 m libres incluyendo elementos de mobiliario tales como postes de iluminación.

En las paradas de bus se disponen 2.50 m para peatones y disposición de la propia parada y 2.00 m detrás de la parada para impedir las interferencias de los ciclistas con los movimientos de ascenso y descenso de la misma.

En el tramo entre Taras y La Lima, en general donde es posible por espacio disponible, se dispone de una banda de zona verde de 0.85 m para disposición de señalización, postes de iluminación y redes de servicio, de tal modo que el ancho para ciclistas y peatones sea pleno.

6.5 Paradas de Autobús

De acuerdo al Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, se han definido las paradas de buses, en la disposición más próxima posible a las paradas oficiales existentes, con las siguientes características:

Diseño	Entrada (m)	Parada (m)	Salida (m)	Ancho (m)	Long. total (m)
Un bus	9.00	15.00	15.00	3.00	39.00

Tabla 2. Dimensionamiento bahía de autobuses. Fuente: Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras

En estas paradas hay que utilizar la relación 3 a 1 en la longitud de entrada e incrementar dicha relación a 5 a 1 en la longitud de salida. El ancho de las bahías de autobuses será de 3.00 m.

6.6 Puentes Peatonales

Se disponen 2 puentes peatonales en el tramo Taras – La Lima, denominados Norte y Sur. El Sur, en La Lima, se dispone a la altura del puente peatonal actual, que ha de ser demolido por la disposición de carriles del eje principal y de las marginales.

En los intercambios, en el nivel de las vías marginales, sin interacción con los flujos principales de tránsito, se disponen pasos de peatones a nivel, con las debidas medidas de señalización para preservar el cruce seguro de las marginales.

6.7 Tránsito

6.7.1 TPDA

Las proyecciones de tráfico toman como base los volúmenes aforados obtenidos a través de los trabajos de campo específicos realizados para el desarrollo del presente estudio, empleando la metodología de proyección anteriormente expuesta.

Año	San José – La Lima			La Lima – San José			San José – Cartago		Cartago – San José		La Lima – Cartago
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	
2017	1,078	1,985	2,073	1,388	362	412	857	649	52	169	
2018	1,099	2,024	2,114	1,415	369	420	874	662	53	172	

Año	San José – La Lima		La Lima – San José		San José – Cartago		Cartago – San José		La Lima – Cartago	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
2019	1,119	2,061	2,153	1,441	376	428	890	674	54	176
2020	1,139	2,098	2,191	1,467	383	435	906	686	55	179
2021	1,158	2,132	2,227	1,491	389	443	920	697	56	182
2022	1,175	2,164	2,260	1,513	395	449	934	708	57	184
2023	1,192	2,196	2,293	1,535	400	456	948	718	58	187
2024	1,209	2,225	2,324	1,556	406	462	961	728	58	189
2025	1,224	2,254	2,354	1,576	411	468	973	737	59	192
2026	1,239	2,281	2,382	1,595	416	474	985	746	60	194
2027	1,253	2,307	2,410	1,613	421	479	996	754	60	196
2028	1,266	2,332	2,435	1,631	425	484	1,007	762	61	199
2029	1,279	2,355	2,459	1,647	429	489	1,017	770	62	201
2030	1,291	2,377	2,482	1,662	433	493	1,026	777	62	202
2031	1,302	2,397	2,503	1,676	437	497	1,035	784	63	204
2032	1,312	2,415	2,522	1,689	440	501	1,043	790	63	206
2033	1,321	2,432	2,540	1,700	443	505	1,050	795	64	207
2034	1,329	2,447	2,555	1,711	446	508	1,056	800	64	208
2035	1,336	2,460	2,569	1,720	449	511	1,062	804	64	209
2036	1,342	2,472	2,581	1,728	451	513	1,067	808	65	210
2037	1,348	2,482	2,592	1,735	453	515	1,071	811	65	211
2038	1,353	2,492	2,602	1,742	454	517	1,076	815	65	212
2039	1,358	2,501	2,612	1,749	456	519	1,080	818	66	213
2040	1,364	2,511	2,622	1,756	458	521	1,084	821	66	214

Tabla 3. Volúmenes del periodo de mañana y tarde y proyección hasta el 2038. Intercambio de Taras.
Fuente: IDOM-DEHC.

Año	Taras - Cartago		Cartago - Taras		Cartago - Sur Ruta 2			Sur Ruta 2 - Taras	Taras - Sur Ruta 2		Sur Ruta 2 - Cartago	
	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm
2017	826	1,436	1,423	916	317	300	396	275	403	481	309	434
2018	842	1,464	1,451	934	323	306	404	280	411	490	315	442
2019	858	1,491	1,478	951	329	312	411	286	419	500	321	451
2020	873	1,518	1,504	968	335	317	419	291	426	508	327	459
2021	887	1,542	1,528	984	340	322	425	295	433	517	332	466
2022	901	1,566	1,552	999	346	327	432	300	439	524	337	473
2023	914	1,588	1,574	1,013	351	332	438	304	446	532	342	480
2024	926	1,610	1,595	1,027	355	336	444	308	452	539	346	487
2025	938	1,631	1,616	1,040	360	341	450	312	458	546	351	493

Año	Taras - Cartago		Cartago - Taras		Cartago - Sur Ruta 2			Sur Ruta 2 - Taras	Taras - Sur Ruta 2		Sur Ruta 2 - Cartago	
	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm
2026	949	1,650	1,635	1,053	364	345	455	316	463	553	355	499
2027	960	1,669	1,654	1,065	368	349	460	320	468	559	359	504
2028	970	1,687	1,672	1,076	372	352	465	323	473	565	363	510
2029	980	1,704	1,688	1,087	376	356	470	326	478	571	367	515
2030	989	1,719	1,704	1,097	380	359	474	329	483	576	370	520
2031	997	1,734	1,718	1,106	383	362	478	332	487	581	373	524
2032	1,005	1,747	1,731	1,114	386	365	482	335	490	585	376	528
2033	1,012	1,759	1,743	1,122	388	368	485	337	494	589	379	532
2034	1,018	1,770	1,754	1,129	391	370	488	339	497	593	381	535
2035	1,024	1,780	1,764	1,135	393	372	491	341	499	596	383	538
2036	1,029	1,788	1,772	1,141	395	374	493	342	502	599	385	540
2037	1,033	1,795	1,779	1,145	396	375	495	344	504	601	386	543
2038	1,037	1,802	1,786	1,150	398	377	497	345	506	604	388	545
2039	1,041	1,809	1,793	1,154	399	378	499	346	508	606	389	547
2040	1,045	1,816	1,800	1,159	401	379	501	348	510	608	391	549

Tabla 4. Volúmenes del periodo de mañana y tarde y proyección hasta el 2038. Intercambio de La Lima.
Fuente: IDOM-DEHC.

6.7.2 Datos de tránsito para diseño de pavimentos

Tras haber obtenido los volúmenes de tránsito totales y haber realizado la proyección de éstos, se puede ver cómo existentes diferencias muy notables entre los volúmenes que transitan por los diferentes ramales de esta Actuación. Entendiendo que el dimensionamiento del pavimento está directamente relacionado con la cantidad y tipología del vehículo que circulará sobre este, resulta recomendable adaptar, en la medida de lo posible, la cantidad de pavimento requerido al tránsito anual del ramal objeto de estudio. Con esta tramificación de la TPDA se conseguirá la optimización de los recursos al dimensionarse la capa de firme estrictamente necesaria y suficiente para cada ramal.

En este sentido y, de acuerdo a los volúmenes de tránsito obtenido, se proponen los siguientes tramos de TPDA:

INTERSECCIÓN A								
Movimiento	TPDA	Composición (TPDA)			Segregación de pesados			
		Ligeros	Pesados	Buses	2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes
1a	17,639	15,530	1,569	540	1073	187	23	285
1b	2,438	2,038	306	93	210	37	5	56
2b	5,392	4,413	614	366	420	73	9	112
4a	1,029	904	123	2	84	15	2	22
4b	553	461	87	5	60	10	1	16
5a	530	451	33	46	23	4	0	6

INTERSECCIÓN A								
Movimiento	TDPA	Composición (TDPA)			Segregación de pesados			
		Ligeros	Pesados	Buses	2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes
2a	20,542	18,311	1,731	501	1184	207	26	315
3	10,085	8,841	815	429	558	97	12	148

Tabla 5. Volúmenes de tránsito en la intersección A. Fuente: IDOM-DEHC.

PASO SUPERIOR AVENIDA 23								
Movimiento	TDPA	Composición (TDPA)			Segregación de pesados			
		Ligeros	Pesados	Buses	2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes
1a	17733	15,239	1,981	513	1,355	237	29	360
1b	20871	17,936	2,332	604	1,595	279	35	424
2a	3,528	3,032	394	102	270	47	6	72
2b	2,453	2,108	274	71	187	33	4	50

Tabla 6. Volúmenes de tránsito en el Paso Superior sobre la Avenida 23. Fuente: IDOM-DEHC.

INTERSECCIÓN E								
Movimiento	TDPA	Composición (TDPA)			Segregación de pesados			
		Ligeros	Pesados	Buses	2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes
2b	4,928	4,358	439	131	300	52	6	80
1b	15,968	14,288	921	758	630	110	14	167
4a	478	380	66	32	45	8	1	12
1c	403	305	97	1	66	12	1	18
2a	3,677	2,861	765	51	523	91	11	139
3a	15,478	13,685	1,167	626	798	139	17	212
1a	7,116	5,857	1,166	93	797	139	17	212
3b	4,189	3,599	422	168	289	50	6	77

Tabla 7. Volúmenes de tránsito en la intersección E. Fuente: IDOM-DEHC.

Los colores indicados en la columna de movimientos representan la tramificación propuesta. Se han distinguido tres niveles mediante tres colores diferentes cuyos valores máximos, los que se emplearán para el dimensionamiento del pavimento, se incluyen en la siguiente tabla resumen:

Dimensionamiento por tramos									
	TPDA	Ligeros	Pesados	Buses		2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes
Máx.	20,871	17,936	2,332	604		1,595	279	35	424
Máx.	7,116	5,857	1,166	93		797	139	17	212
Máx.	3,528	3,032	394	102		270	47	6	72

Tabla 8. Valores máximos para la tramificación de diseño de firmes propuesta. Fuente: IDOM-DEHC.

Los valores que se incluyen en la tabla anterior corresponden únicamente a valores de tránsito que se emplearán en el dimensionamiento del firme como dato de entrada. Estos valores son ajustados de acuerdo a las exigencias del manual y normativa de cálculo de pavimentos.

6.7.3 Microsimulaciones de tránsito

Adicionalmente se han realizado microsimulaciones de tránsito del tramo completo y de los intercambios diseñados en particular para comprobar los niveles de servicio a futuro mediante análisis de las velocidades medias, longitudes de cola y tiempos de demora en distintos escenarios.

Se detallan estas microsimulaciones realizadas en el Informe MEM-05.



Figura 25. Esquema de velocidades para la propuesta de la Actuación Nº 2. Fuente: IDOM-DEHC.



Figura 26. Esquema de velocidades para la solución diseñada en el año horizonte

Las velocidades mejoran alrededor de 15 km/h en la propuesta con respecto de la situación actual. Esto debido a que se permite un flujo más libre al retirar recorridos de la rotonda planteados en la propuesta.

La cantidad de vehículos presentes determina la densidad, que es una medida de acuerdo al número de vehículos que hay en un tramo de 250 m. La densidad por tanto depende de la velocidad y geometría de la vía, para la propuesta mejoran ambos aspectos.

En la propuesta se observa un flujo libre mayor en la mayoría de los cuerpos de la vía debido a que la capacidad se incrementa.

Los niveles de servicio mejoran en el tramo con la propuesta, pasando de C a B, y en algunos puntos llega hasta el A. Esto se debe a que los volúmenes de paso cuentan con una circulación libre de interferencias por la incorporación a la rotonda.

La actividad de peatones y ciclistas es notoria por lo que se deben proponer acciones para permitir un flujo seguro y cómodo en las principales intersecciones. Se proponen cruces en superficie con las vías marginales que garantizan la seguridad de los peatones y ciclistas y la colocación de puentes peatonales

con rampas en puntos complejos para cruzar en superficie debido a la distancia y cantidad de carriles, principalmente sobre los ejes de tránsito principales.

6.8 Geotecnia

A continuación, se presenta una tabla resumen donde se exponen los parámetros de cálculo propuestos para las distintas unidades geotécnicas descritas en apartados anteriores.

TABLA PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ACTUACIÓN 2												
UNIDAD GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN	USCS	N _{opt}	HUMEDAD	DENSIDAD APARENTE	CONTENIDO EN FINOS (#0,08 mm)	LÍMITE LÍQUIDO	COHESIÓN SIN DRENAJE	COHESIÓN EFECTIVA	ÁNGULO DE ROZAMIENTO EFECTIVO	MODULO DE DEFORMACIÓN EN CARGA	COEF. REACCIÓN LATERAL
				W (%)	Y _{ap} (t/m³)	-	-	C _u (t/m²)	C' (t/m²)	φ (°)	E (Mpa)	Kh (t/m²)
R	Rellenos antrópicos compactados. Arena limosa de plasticidad media. MODERADAMENTE FIRMES	GC-GM-SC-SM	7-12	30	1,7	40	45	3,0	2,0	25-28	4-6	1000-1500
Qf11	Formación Valle Coris. Arenas limosas y arenas medias-gruesas (<35% #0,08 mm). FLOJAS-MEDIANAMENTE DENSAS	SM-SC-GM-GC	11-13	34	1,7	27	37	-	0,5-1,0	30-32	12-14	1600-2000
Qf12	Formación Valle Coris. Arenas limosas y arenas medias-gruesas (<35% #0,08 mm). DENSAS-MUY DENSAS.	SM-SC-GM-GC	37-50	28	1,75	25	39	-	0,5-1,0	35-38	24-28	3000-4000
Qf21	Formación Valle Coris. Limos, limos arenosos, limos arcillosos y arcillas (>35% #0,08 mm). MODERADAMENTE FIRMES (BLANDAS)	CH-MH-SM-SC	5	37	1,70-1,80	50	47	2-5	1,0-2,0	18-20	5-8	1400-1800
Qf22	Formación Valle Coris. Limos, limos arenosos, limos arcillosos y arcillas (>35% #0,08 mm). FIRMES	SM-SC-ML-CL	12-14	41	1,75-1,80	48	50-56	6-8	3,0-3,5	20-23	8-16	2100-2500
Qf23	Formación Valle Coris. Limos, limos arenosos, limos arcillosos y arcillas (>35% #0,08 mm). MUY FIRMES-DURAS	SM-SC-ML-CL	34	34	1,85-1,90	70-80	40-45	10-15	2,5-4,0	22-26	18-24	2500-3000

Tabla 9. Parámetros geotécnicos de cálculo para las distintas unidades geotécnicas definidas en el proyecto

En cuanto a la geotecnia para el diseño de estructuras se destacan aquí los principales parámetros en los tres sectores en que se divide la actuación:

Taras

Características geológico-geotécnicas del sustrato

En el sector Taras es posible efectuar una subdivisión en dos subsectores en base a ligeros cambios en la configuración del terreno, identificados como Taras Norte y Taras Sur. En ambos casos los espesores de rellenos de explanación son similares, unos 7m, pero difieren en los espesores detectados de fluviales modernos, más potentes hacia el norte (lo que deriva en una mayor frecuencia del grupo geotécnico Qf-23).

Hidrogeológicamente es de destacar la aparición de niveles superficiales entre 5-7.5m de profundidad, así como la presencia de lentejones no confinados a 22,4 y 26,7m (SR-5).

Clasificación del sitio de cimentación

El sitio de cimentación se clasifica por ello como S3, con valores de Vs media ponderada de 309 m/s.

Av. 23

Características geológico-geotécnicas del sustrato

En este sector es posible identificar el contacto con el firme a unos 33 m de profundidad.

Hidrogeológicamente es de destacar la aparición de niveles superficiales entre 5-7.5m de profundidad, así como la presencia de lentejones no confinados a 22,4 y 26,7m (SR-5).

Clasificación del sitio de cimentación

El sitio de cimentación se clasifica por ello como S3, con valores de Vs media ponderada de 309 m/s.

La Lima

Características geológico-geotécnicas del sustrato

En el sector La Lima es posible efectuar también una subdivisión en dos subsectores en base a ligeros cambios en la configuración del terreno. En ambos casos los espesores de rellenos de explanación son similares, unos 6-7m, pero difieren en la aparición de depósitos paleolacustres antiguos, mayoritariamente del grupo Qf-23.

Hidrogeológicamente es de destacar la aparición de niveles de niveles confinados, como el detectado a 23.5m en el sondeo SR-1. Este nivel corresponde a un paquete de espesor 10,35m (entre las cotas 1399.75 y 1389.40) y cuya perforación supuso un ascenso de niveles hasta los 9.5m. Es importante destacar que el piezómetro instalado selló el nivel superficial, por lo que las medidas corresponden exclusivamente al nivel confinado. El nivel superficial aparece entre 6,5-8,5m de profundidad,

Clasificación del sitio de cimentación

El sitio de cimentación se clasifica por ello como S3, con valores de Vs media ponderada de 309 m/s.

6.9 Drenaje

El resumen de las obras de drenaje proyectas se resume a continuación:

VARIABLE DE INTERÉS	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	UNIDADES
Elevación de corona o cuerda inferior	1417.6	1416.1	msnm
Elevación de la superficie de rodamiento	1421.9	1424.6	msnm
Mayor elevación de cota de agua	1417.5	1414.0	msnm
Mayor velocidad	4.5	8.1	m/s

Tabla 1. Resumen de análisis hidráulico de condición actual de la alcantarilla de Paseo Metrópoli. Fuente: elaboración propia.

CUENCA ASOCIADA	ESTACIÓN	DIÁMETRO O INTERNO (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	ELEV FONDO (msnm)	ELEV RASANTE (msnm)
C4	20+384 Eje 14 0+419 Eje 13 San José/RN2 El Guarco	1.20	25.56	2.32	1493.66	1499.10
		1.20	22.50	1.00	1492.01	1494.02

CUENCA ASOCIADA	ESTACIÓN	DIÁMETRO INTERNO (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	ELEV FONDO (msnm)	ELEV RASANTE (msnm)
C6	20+680 Eje 14 0+117 Eje 13 San José - RN2 El Guarco	1.20	26.75	1.10	1470.64	1478.31
		1.20	30.17	1.0	1469.34	1476.50
C7	20+812 Eje 1 RN2 San José -Cartago	1.20	41.2	0.8	1462.01	1470.49
C9	21+408 Eje 1 RN2 San José -Cartago	1.20	69.22	1.33	1442.11	1445.09
C10	21+572 Eje 1 RN2 San José - Cartago	1.20	45.43	1.04	1439.03	1441.41
C11+C3	21+783 Eje 1 RN2 San José - Cartago	2.44	252.17	0.8	1434.33	1437.93
C12	22+197 Eje 1 RN2 San José - Cartago	1.35	137.8	0.8	1428.24	1431.25
C13	22+486 Eje 1 RN2 San José - Cartago	1.20	46.89	1.00	1424.8	1427.42
C14	22+860 Eje 1 RN2 San José - Cartago	1.20	217.92	0.5	1421.27	1424.56
C15	23+395 Eje 1 RN2 San José - Cartago	1.20	64.87	1.00	1412.83	1415.55

Tabla 2. Resumen de diseño hidráulico de pasos transversales menores propuestos. Fuente: elaboración propia.

Se realizar revisión especial para el caso de la cuenca C3 Quebrada Chumico ya que la misma presenta un caudal importante y se conduce por una longitud considerable. La Figura muestra el esquema de operación en la condición de 50 años de periodo de retorno.

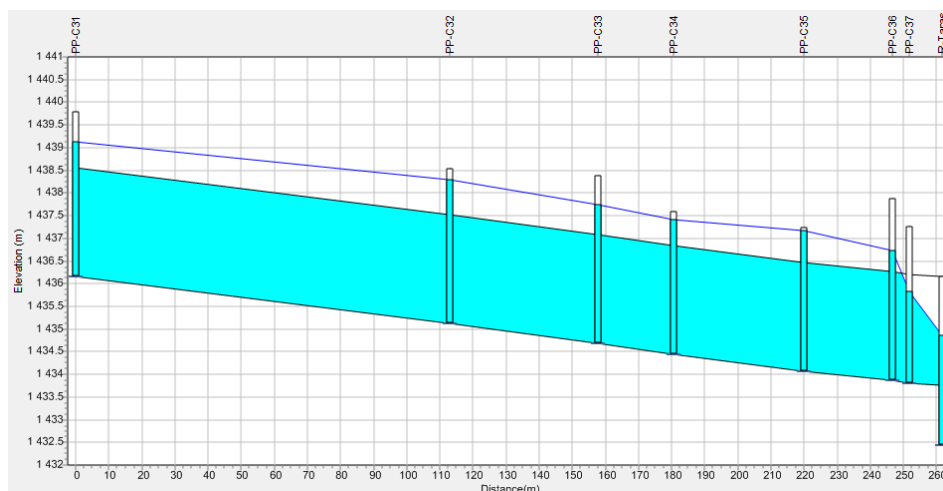


Figura 27. Condición máxima de solicitud hidráulica en la conducción de la quebrada Chumico.

Drenaje longitudinal

Los elementos de drenaje longitudinal proyectados se encargan de conducir la escorrentía generada por la calzada, y otras áreas que escurren en dirección a la carretera, hacia los pasos transversales. Algunas obras comunes de drenaje longitudinal son: bordillos, cunetas, contracunetas y bajantes.

Las cunetas son estructuras de drenaje que captan la escorrentía superficial generada por la vía y los taludes de corte. Las cunetas construidas en zonas de relleno o terraplén también protegen de la erosión generada por el escurrir del agua, además de servir para darle continuidad a las cunetas de corte hasta una corriente natural a la cual entregar.

El drenaje longitudinal también contempla el diseño del sistema pluvial que se ubica en las marginales del proyecto y recoge el agua de la calzada y de algunas propiedades colindantes. Para el diseño del sistema pluvial en las marginales se considera un diámetro mínimo de 600 mm así como estructuras colectores separadas entre 60 y 80 m. Para el manejo de las aguas de la calzada principal se plantea un colector longitudinal tipo slot drain ubicado en el espaldón de la calle.

6.10 Pavimentos

6.10.1 Análisis de alternativas de pavimentación de nueva ejecución

Para los tres grupos de ejes, en los que se han descompuesto la actuación, se propone analizar las siguientes tipologías: flexible, semirrígido y rígido:

Se muestra en las siguientes tablas el resumen de resultados para pavimentos de nueva ejecución, de las alternativas estudiadas para cada grupo de ejes:

Grupo Ejes Principales:

Tipología	Ej. Equiv.	Sobre subrasate mejorada	Sobre relleno
Pavimento flexible Lapso: 20 años.	19.309.551	19.0 cm C.A.	19.0 cm C.A.
		20 cm BG (CBR 80 %)	20 cm BG (CBR 80 %)
		40 cm SBG (CBR 30%)	25 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) ^{CBR = 5.26}	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR 2.7 %	
Pavimento semirrígido Lapso: 20 años	25.681.703	15.0 cm C.A.	15.0 cm C.A.
		25 cm BE-35	25 cm BE-35
		30 cm SBG (CBR 30%)	20 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) ^{CBR = 5.26}	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR 2.7 %	
Pavimento Rígido Concreto hidráulico con Juntas y pasadores Lapso: 20 años	25.681.703	27.0 cm Concreto hidráulico juntas	27.0 cm Concreto hidráulico juntas
		25 cm BG (CBR 80 %)	20 cm BG (CBR 80 %)
		25 cm SBG (CBR 30%)	
		30 cm Mej (CBR 10%) ^{CBR = 5.26}	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR 2.7 %	

Tipología	Ej. Equiv.	Sobre subrasate mejorada	Sobre relleno
Pavimento Rígido Concreto hidráulico Armado continuo Lapso: 20 años	25.681.703	24.0 cm Concreto armado continuo	
		20 cm BG (CBR 80 %)	24.0 cm Concreto armado continuo
		20 cm SBG (CBR 30%)	20 cm BG (CBR 80 %)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR 2.7 %	

Grupo Ejes Intercambiador con elevado tráfico:

Tipología	Ej. Equiv	Sobre subrasate mejorada	Sobre relleno
Pavimento flexible Lapso: 20 años.	10.246.2312	17.0 cm C.A.	17.0 cm C.A.
		20 cm BG (CBR 80 %)	20 cm BG (CBR 80 %)
		35 cm SBG (CBR 30%)	20 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR 2.7 %	
Pavimento semirrígido Lapso: 20 años	13.627.488	13.0 cm C.A.	13.0 cm C.A.
		25 cm BE-35	25 cm BE-35
		25 cm SBG (CBR 30%)	20 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR 2.7 %	
Pavimento Rígido Concreto hidráulico con Juntas y pasadores Lapso: 20 años	13.627.488	25.0 cm Concreto hidráulico juntas	25.0 cm Concreto hidráulico juntas
		25 cm BG (CBR 80 %)	20 cm BG (CBR 80 %)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR 2.7 %	
Pavimento Rígido Concreto hidráulico Armado continuo Lapso: 20 años	13.627.488	22.0 cm Concreto armado continuo	22.0 cm Concreto armado continuo
		25 cm BG (CBR 80 %)	20 cm BG (CBR 80 %)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR 2.7 %	

Grupo Ejes Intercambiador con bajo tráfico y vías marginales:

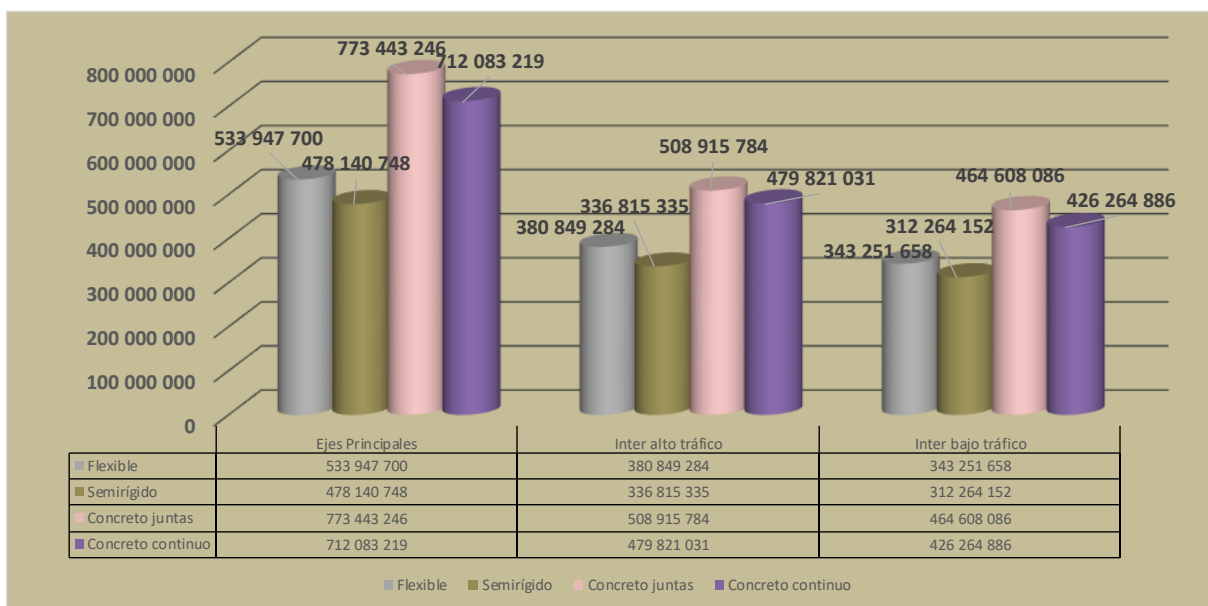
Tipología	Ej. Equiv	Sobre subrasate mejorada	Sobre relleno
Pavimento flexible Lapso: 20 años.	4.662.936	15.0 cm C.A.	15.0 cm C.A.
		20 cm BG (CBR 80 %)	20 cm BG (CBR 80 %)
		30 cm SBG (CBR 30%)	20 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR2.7 %	
Pavimento semirrígido Lapso: 20 años	6.201.705	12.0 cm C.A.	12.0 cm C.A.
		25 cm BE-35	25 cm BE-35
		20 cm SBG (CBR 30%)	20 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR2.7 %	
Pavimento Rígido Concreto hidráulico con Juntas y pasadores Lapso: 20 años	6.201.705	22.0 cm Concreto hidráulico juntas	22.0 cm Concreto hidráulico juntas
		25 cm BG (CBR 80 %)	20 cm BG (CBR 80 %)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR2.7 %	
Pavimento Rígido Concreto hidráulico Armado continuo Lapso: 20 años	6.201.705	19.0 cm Concreto armado continuo	19.0 cm Concreto armado continuo
		25 cm BG (CBR 80 %)	20 cm BG (CBR 80 %)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR2.7 %	

Del análisis técnico efectuado en el informe de pavimentos se aprecia que el pavimento flexible y semirrígido presenta un mejor comportamiento para los condicionantes ambientales, de confort y seguridad, mientras que el pavimento rígido es más favorable desde el punto de vista del mantenimiento.

Se analiza el coste económico de las alternativas, valorando el coste de ejecución del pavimento por un lado y el de conservación y mantenimiento por otro.

Tramo	Tipología	Coste ejecución	C. mantenimiento	Total
Grupo Ejes Principales	Flexible	502 566 531	31 381 169	533 947 700
	Semirrígido	451 367 737	26 773 011	478 140 748
	Concreto juntas	754 523 156	18 920 090	773 443 246
	Concreto continuo	702 623 174	9 460 045	712 083 219
Grupo Ejes Intercambiador con elevado tráfico	Flexible	349 468 115	31 381 169	380 849 284
	Semirrígido	310 042 324	26 773 011	336 815 335
	Concreto juntas	489 995 694	18 920 090	508 915 784
	Concreto continuo	470 360 986	9 460 045	479 821 031
Intercambiador con bajo tráfico y vías marginales	Flexible	311 870 489	31 381 169	343 251 658
	Semirrígido	285 491 141	26 773 011	312 264 152
	Concreto juntas	445 687 996	18 920 090	464 608 086
	Concreto continuo	416 804 841	9 460 045	426 264 886

De la tabla y gráfico siguiente, se aprecia el menor coste de construcción y conservación de la alternativa de pavimento semirrígido para todos los tramos.



Con todo ello recomendamos, tanto desde el punto de vista técnico como económico, la ejecución de la alternativa de pavimento semirígido, la cual se muestra a continuación:

Grupo de Ejes	Ej. Equiv	Sobre subrasante mejorada	Sobre relleno
Ejes Principales	25.681.703	15.0 cm C.A.	15.0 cm C.A.
		25 cm BE-35	25 cm BE-35
		30 cm SBG (CBR 30%)	20 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR2.7 %	
Ejes Intercambiador Con elevado tráfico	13.627.488	13.0 cm C.A.	13.0 cm C.A.
		25 cm BE-35	25 cm BE-35
		25 cm SBG (CBR 30%)	20 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR2.7 %	
Ejes Intercambiador Con elevado tráfico y Vías marginales	6.201.705	12.0 cm C.A.	12.0 cm C.A.
		25 cm BE-35	25 cm BE-35
		20 cm SBG (CBR 30%)	20 cm SBG (CBR 30%)
		30 cm Mej (CBR 10%) CBR = 5.26	Subras CBR 10.0 %
		Subras CBR2.7 %	

No obstante, se realiza también un análisis de cantidades obra con pavimento rígido.

Configuración de la carpeta asfáltica

La capa de carpeta asfáltica proyectada se descompondrá a su vez en dos capas, una de rodadura y otra de base. El objeto de esta división es la de ejecutar una capa fina de rodadura, que garantice un índice IRI adecuado en la superficie del pavimento.

De esta forma las carpetas asfálticas de cada grupo de ejes se configuran:

- Ejes principales:
 - 5 cm capa AC-30 tipo D en rodadura
 - 10 cm capa AC-30 tipo C en base
- Ejes Intercambiador con alto volumen de tráfico:
 - 5 cm capa AC-30 tipo D en rodadura
 - 8 cm capa AC-30 tipo C en base
- Ejes Intercambiador con bajo volumen de tráfico y vías marginales:
 - 5 cm capa AC-30 tipo B en rodadura
 - 7 cm capa AC-30 tipo B en base

Acerado

En las zonas urbanas, se ha proyectado un acerado en el trazado geométrico. La configuración de dicho acerado será de:

- 12 cm de solera de concreto hidráulico
- 20 cm de Subbase Granular con CBR > 30

El acerado de concreto hidráulico se ejecutará con juntas transversales sin pasadores cada 3.00 m como máximo, para evitar fisuraciones por retracción del concreto, de forma que nunca se sobrepase la relación 1:25 entre el canto de la losa y su longitud.

6.10.2 Diseño del refuerzo de pavimentación existente

Se han realizado unos sondeos en el pavimento existente, con objeto de medir los espesores de cada capa y las características de las mismas, dando la siguiente media de resultados:

- Espesor carpeta asfáltica: 25 cm
- Espesor subbase granular: 70 cm

Se han obtenido deflexiones cada 50 m en cada sentido de circulación, dando las siguientes medias, corregidas por temperatura:

D1 (μm)	D2 (μm)	D3 (μm)	D4 (μm)	D5 (μm)	D6 (μm)	D7 (μm)
250.40	123.09	80.67	53.54	37.80	26.79	21.72

Se realiza el cálculo del refuerzo de pavimento necesario mediante dos métodos: AASHTO y retrocálculo mecanicista, dando para ambos resultados un refuerzo óptimo de 5 cm de sobrecarpeta asfáltica.

6.11 Estructuras

6.11.1 Descripción de las estructuras

6.11.1.1 Paso elevado de Taras

La estructura proyectada en este anejo corresponde el paso de la vía principal RN2 San José-Cartago sobre la rotonda de Taras, integrado dentro del Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional nº2, en la provincia de Cartago.

Se trata de un puente doble -un tablero para cada calzada- de nueve vanos de 36.10m, con una luz de cálculo de 35.20 metros por tablero. Se dispone junta de calzada en todos los vanos, de forma que las acciones sísmicas son soportadas vano a vano.

Cada uno de los tableros tendrá una plataforma de 12.90 metros de anchura. En esta superficie se albergarán tres carriles para circulación rodada de 3.30 metros de anchura cada uno de ellos, un espaldón exterior de 1.20 metros y un espaldón interior de 0.90 metro.

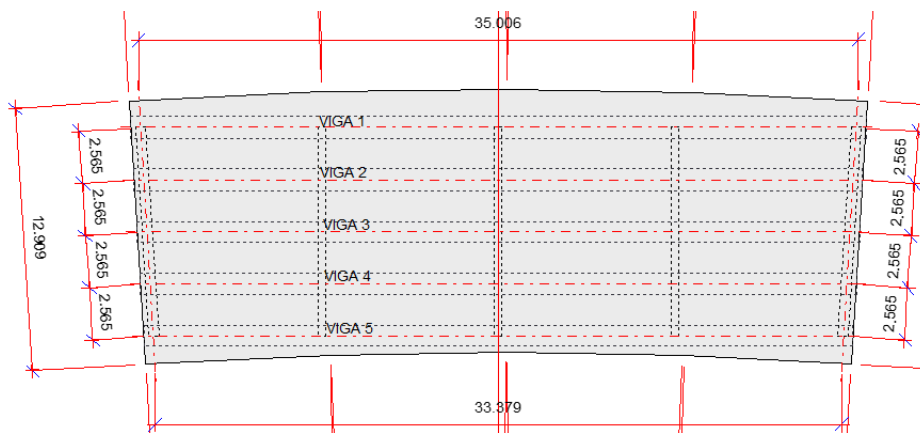


Figura 28. Planta de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.

A cada lado se dispondrá un pretil que se apoyará en una banda de 0.45 metros sobre la plataforma. Con ellos se completa la sección transversal.

Entre los bordes interiores de los dos tableros existe una separación de 0.30 metros.

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Barrera seguridad} & + & \text{Espaldón interior} & + & \text{Carriles} & + & \text{Espaldón exterior} & + & \text{Barrera seguridad} \\ 0.45 \text{ m} & + & 0.90 \text{ m} & + & 3 \times 3.30 \text{ m} & + & 1.20 \text{ m} & + & 0.45 \text{ m} \end{array}$$

El puente se encuentra en planta en una transición de curva a recta, considerándose una velocidad de proyecto de 80 km/h.

En alzado, el puente se encuentra en un acuerdo vertical convexo, de parámetro $K_v=3500$

Tablero

El dintel del puente se resuelve mediante un tablero de vigas de concreto postesado de 1.60 metros de canto. Se ha adoptado la serie normalizada AASHTO de vigas en I, correspondiendo la indicada al tipo V.

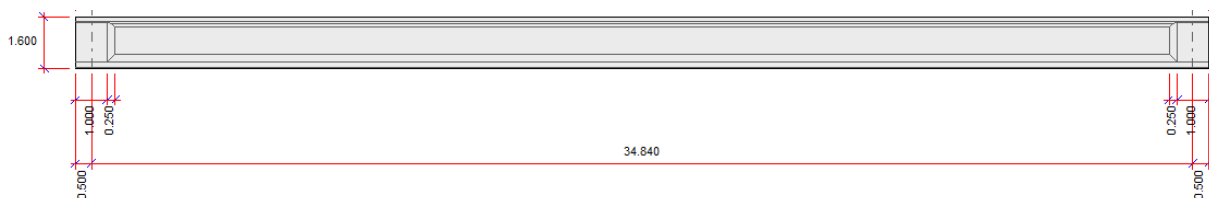


Figura 29. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.

La sección transversal del tablero está formada por cinco vigas en I separadas entre ejes 2,56 metros, sobre las que se dispone una losa de compresión construida en concreto armado con 21 centímetros de espesor mínimo.

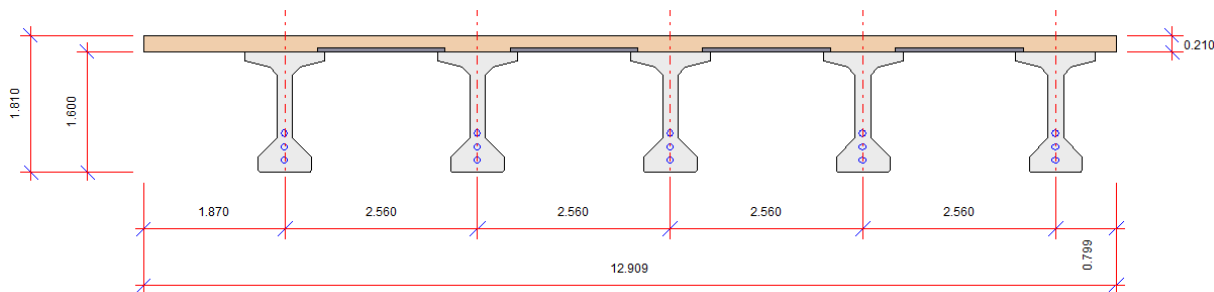


Figura 30. Sección tipo. Fuente: IDOM-DEHC.

La losa de concreto se ejecutará en sitio, sobre unas prelosas, que servirán de encofrado perdido.

Las vigas se apoyan en la subestructura mediante aparatos de neopreno zunchado. Se coloca un apoyo en cada extremo de viga.

Bastiones

Se proyectan bastiones tipo cargadero pilotado, con una viga cabezal de 2.50 m de ancho, 1.50 m de canto mínimo, que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante, y un ancho total de 12.90 m. En esta viga cabezal se empotra un parapeto de 0.90 m de canto, y una altura de 2.07 m. Cada bastión transmite la carga a 3 pilotes de sección circular de 1.20 m de diámetro. Los pilotes del bastión 1 tienen una longitud de empotramiento en el terreno de 30.00 m con una capacidad portante de 4568 kN y los del bastión 2 una longitud de empotramiento en el terreno de 25.60 m con una capacidad portante de 4717 kN.

El terraplén de acceso a los bastiones dorsales se conforma mediante "escamas" de concreto armado fijadas al propio terraplén mediante flejes metálicos, constituyendo un macizo de suelo reforzado.

La misma solución estructural se adopta para los dos bastiones frontales.

La elevación máxima del paramento de “escamas” del terraplén armado es de 8.90 metros.

Tanto en el caso del bastión dorsal como del frontal el paramento del muro de “escamas” se completa a ambos lados de la traza con muros de la misma tipología.

En los cuatro estribos se dispondrán losas de transición, construidas también en concreto armado con una planta de 11.72 por 5.00 metros y un espesor de 30 centímetros.

Pilas

Por cada eje de apoyo se han proyectado dos pilas con sección circular de diámetro 1.60 m. y una altura entre 3.60 m y 6.60 m.

Estas pilas son arriostradas en cabeza por un dintel de 1.40 m de canto, 2.80 m de ancho y una longitud de 11.54 m sobre el que apoyan las vigas del tablero y que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante.

Las pilas se encuentran cimentadas con un encepado de 1.80 m de canto y una planta de 8.80 m por 12.80 m. Estos encepados constan de 8 pilotes de 1.20 m de diámetro y una longitud de 30.00 m con una capacidad portante de 4568 kN.

6.11.1.2 Paso elevado Avenida 23

La estructura proyectada en este anejo es el paso de la vía principal RN2 San José-Cartago sobre la rotonda Avenida 23, integrado dentro del Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional nº2, en la provincia de Cartago.

Se trata de un puente doble -un tablero para cada calzada- de seis vanos de 36.10m, con una luz de cálculo de 35.20 metros por tablero. Se dispone junta de calzada en todos los vanos, de forma que las acciones sísmicas son soportadas vano a vano.

Cada uno de los tableros tendrá una plataforma de 12.90 metros de anchura. En esta superficie se albergarán tres carriles para circulación rodada de 3.30 metros de anchura cada uno de ellos, un espaldón exterior de 1.20 metros y un espaldón interior de 0.90 metro.

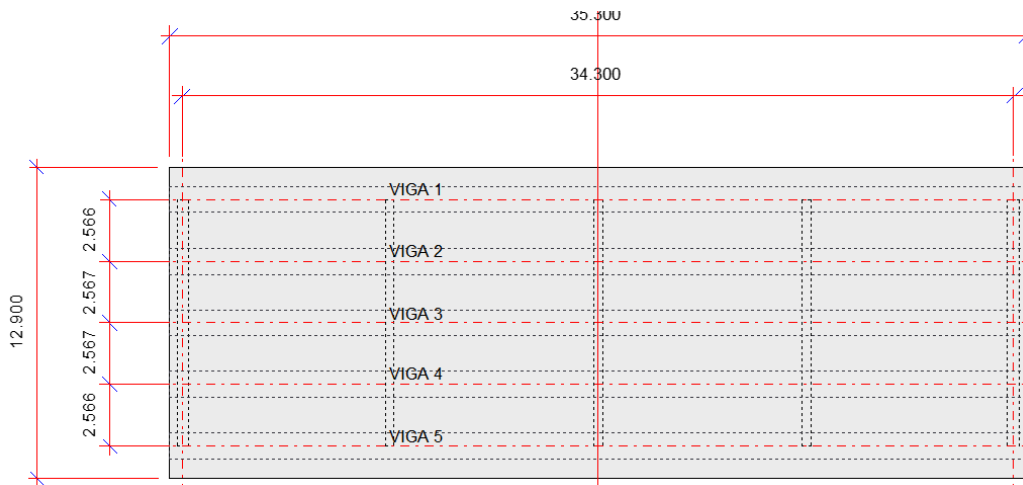


Figura 31. Planta de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.

A cada lado se dispondrá un pretil que se apoyará en una banda de 0.45 metros sobre la plataforma. Con ellos se completa la sección transversal.

Entre los bordes interiores de los dos tableros existe una separación de 0.30 metros.

Barrera seguridad + Espaldón interior + Carriles + Espaldón exterior + Barrera seguridad

0.45 m + 0.90 m + 3 x 3.30 m + 1.20 m + 0.45 m

El puente se encuentra en una alineación recta en planta, considerándose una velocidad de proyecto de 80Km/h.

En alzado, el puente se encuentra en un acuerdo vertical convexo, de parámetro $K_v=3500$

Tablero

El dintel del puente se resuelve mediante un tablero de vigas de concreto postesado de 1.60 metros de canto. Se ha adoptado la serie normalizada AASHTO de vigas en I, correspondiendo la indicada al tipo V.

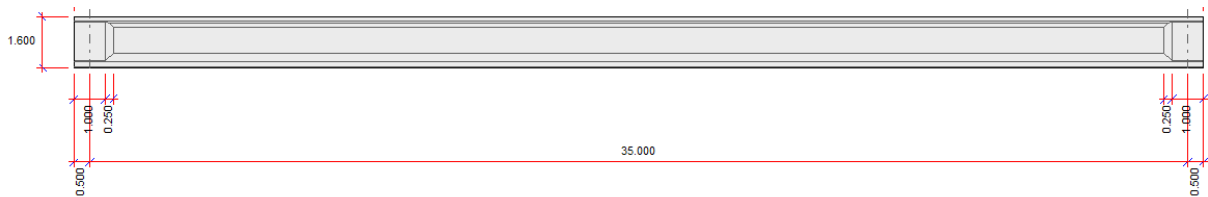


Figura 32. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.

La sección transversal del tablero está formada por seis vigas en I separadas entre ejes 2,57 metros, sobre las que se dispone una losa de compresión construida en concreto armado con 21 centímetros de espesor constante.

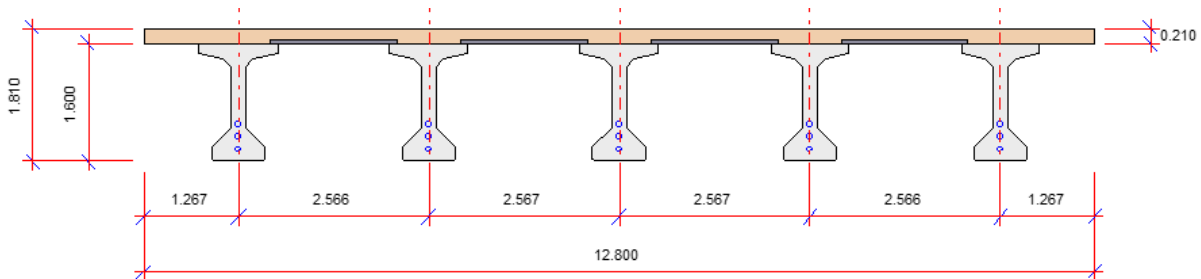


Figura 33. Sección tipo. Fuente: IDOM-DEHC.

La losa de concreto se ejecutará en el sitio, sobre unas prelosas que servirán de encofrado perdido.

Las vigas se apoyan en la subestructura mediante aparatos de neopreno zunchado. Se coloca un apoyo en cada extremo de viga.

Bastiones

Se proyectan bastiones tipo cargadero pilotado, con una viga cabezal de 2.50 m de ancho, 1.50 m de canto mínimo, que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante, y un ancho total de 12.90 m. En esta viga cabezal se empotra un parapeto de 0.90 m de canto, y una altura de 2.07 m. Cada bastión transmite la carga a 3 pilotes de sección circular de 1.20 m de diámetro. Los pilotes del bastión 1 y bastión 2 tienen una longitud de empotramiento en el terreno de 28.50 m con una capacidad portante de 4223 kN.

El terraplén de acceso a los bastiones dorsales se conforma mediante “escamas” de concreto armado fijadas al propio terraplén mediante flejes metálicos, constituyendo un macizo de suelo reforzado.

La misma solución estructural se adopta para los dos bastiones frontales.

La elevación máxima del paramento de “escamas” del terraplén armado es de 7.10 metros.

Tanto en el caso del bastión dorsal como del frontal el paramento del muro de “escamas” se completa a ambos lados de la traza con muros de la misma tipología.

En los cuatro estribos se dispondrán losas de transición, construidas también en concreto armado con una planta de 11.72 por 5.00 metros y un espesor de 30 centímetros.

Pilas

Por cada eje de apoyo se han proyectado dos pilas con sección circular de diámetro 1.60 m. y una altura entre 4.60 m y 5.70 m.

Estas pilas son arriostradas en cabeza por un dintel de 1.40 m de canto, 2.80 m de ancho y una longitud de 11.54 m sobre el que apoyan las vigas del tablero y que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante.

Las pilas se encuentran cimentadas con un encepado de 1.80 m de canto y una planta de 8.80 m por 12.80 m. Estos encepados constan de 8 pilotes de 1.20 m de diámetro y una longitud de 23.00 m con una capacidad portante de 3609 kN.

6.11.1.3 Paso elevado La Lima Nº 1

La estructura proyectada en este anejo corresponde el paso de la vía RN10 Cartago>RN2 San José sobre la rotonda de La Lima, integrado dentro del Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional nº2, en la provincia de Cartago.

Se trata de un puente de tres vanos de 35.1+36.10+35.1m, con una luz de cálculo de 34.30 metros por tablero. Se dispone junta de calzada en todos los vanos, de forma que las acciones sísmicas son soportadas vano a vano.

El tablero se proyecta con una plataforma de 11.25 metros de anchura. En esta superficie se albergarán dos carriles para circulación rodada de 4.08 metros de anchura cada uno de ellos, un espaldón exterior de 1.20 metros y un espaldón interior de 1.00 metro.

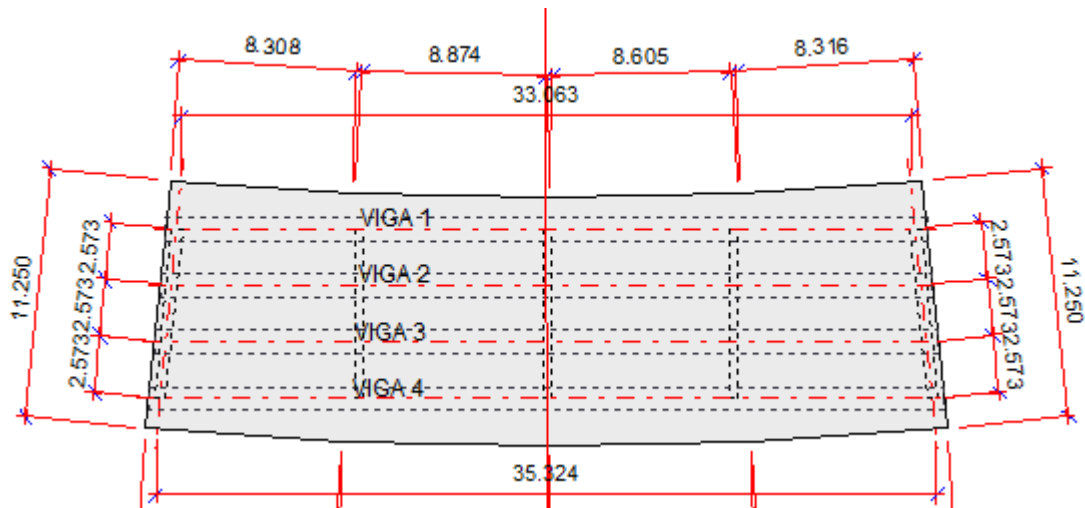


Figura 34. Planta de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.

A cada lado se dispondrá un pretil que se apoyará en una banda de 0.45 metros sobre la plataforma. Con ellos se completa la sección transversal.

Barrera seguridad + Espaldón interior + Carriles + Espaldón exterior + Barrera seguridad
0.45 m + 1.000 m + 2 x 4.075 m + 1.20 m + 0.45 m

El puente se encuentra en planta en una transición de curva de radio 195m, considerándose una velocidad de proyecto de 80Km/h.

En alzado, el puente se encuentra en un acuerdo vertical convexo, de parámetro Kv=2000

Tablero

El dintel del puente se resuelve mediante un tablero de vigas de concreto postesado de 1.60 metros de canto. Se ha adoptado la serie normalizada AASHTO de vigas en I, correspondiendo la indicada al tipo V.

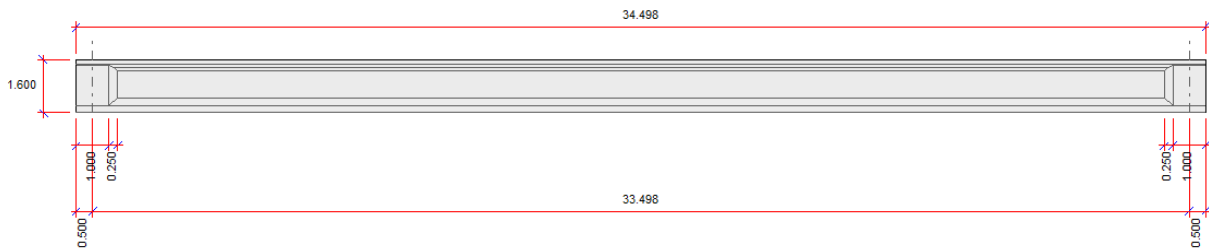


Figura 35. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.

La sección transversal del tablero está formada por cuatro vigas en I separadas entre ejes 2,56 metros, sobre las que se dispone una losa de compresión construida en concreto armado con 24 centímetros de espesor mínimo.

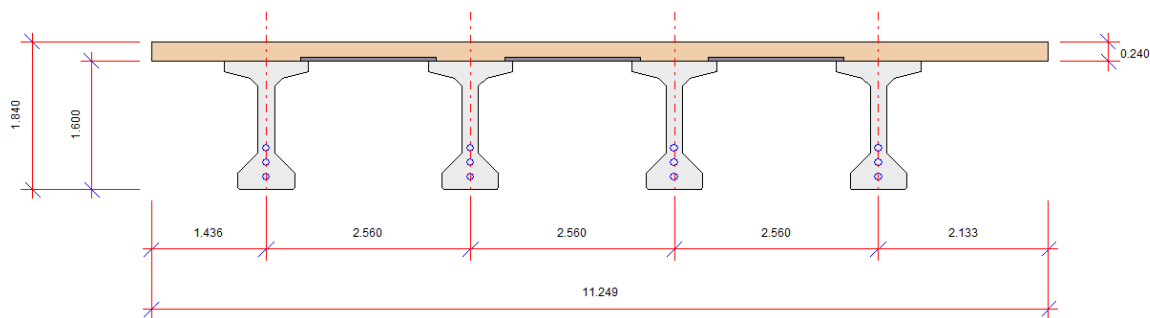


Figura 36. Figura 2. Sección tipo. Fuente: IDOM-DEHC.

La losa de concreto se ejecutará en sitio, sobre unas prelosas, que servirán de encofrado perdido.

Las vigas se apoyan en la subestructura mediante aparatos de neopreno zunchado. Se coloca un apoyo en cada extremo de viga.

Bastiones

Se proyectan bastiones tipo cargadero pilotado, con una viga cabezal de 2.50 m de ancho, 1.50 m de canto mínimo, que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante, y un ancho total de 11.25 m. En esta viga cabezal se empotra un parapeto de 0.90 m de canto, y una altura de 2.12 m. Cada bastión transmite la carga a 3 pilotes de sección circular de 1.20 m de diámetro. Los pilotes del bastión 1 y bastión 2 tienen una longitud de empotramiento en el terreno de 34.00 m con una capacidad portante de 4106 kN.

El terraplén de acceso a los bastiones dorsales se conforma mediante “escamas” de concreto armado fijadas al propio terraplén mediante flejes metálicos, constituyendo un macizo de suelo reforzado.

La misma solución estructural se adopta para los dos bastiones frontales.

La elevación máxima del paramento de “escamas” del terraplén armado es de 6.80 metros.

Tanto en el caso del bastión dorsal como del frontal el paramento del muro de “escamas” se completa a ambos lados de la traza con muros de la misma tipología.

En los dos estribos se dispondrán losas de transición, construidas también en concreto armado con una planta de 10.08 por 5.00 metros y un espesor de 30 centímetros.

Pilas

Por cada eje de apoyo se han proyectado dos pilas con sección circular de diámetro 1.60 m. y una altura entre 3.80 m y 4.60 m.

Estas pilas son arriostradas en cabeza por un dintel de 1.40 m de canto, 2.80 m de ancho y una longitud de 9.58 m sobre el que apoyan las vigas del tablero y que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante.

Las pilas se encuentran cimentadas con un encepado de 1.80 m de canto y una planta de 8.80 m por 12.40 m. Estos encepados constan de 8 pilotes de 1.20 m de diámetro y una longitud de 28.00 m con una capacidad portante de 3745 kN.

6.11.1.4 Paso elevado La Lima Nº 2

La estructura proyectada en este anejo corresponde el paso Cartago sobre la rotonda de La Lima de la vía RN2 San José>RN10 Cartago, integrado dentro del Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional nº2, en la provincia de Cartago.

Se trata de un puente de cinco vanos de 35.1+3 x 36.10+35.1m, con una luz de cálculo de 34.30 metros por tablero. Se dispone junta de calzada en todos los vanos, de forma que las acciones sísmicas son soportadas vano a vano.

El ancho de plataforma tipo en los diferentes vanos del paso elevado es de 11.25 metros. En esta superficie se albergarán dos carriles para circulación rodada de 4.08 metros de anchura cada uno de ellos, un espaldón exterior de 1.20 metros y un espaldón interior de 1.00 metro.

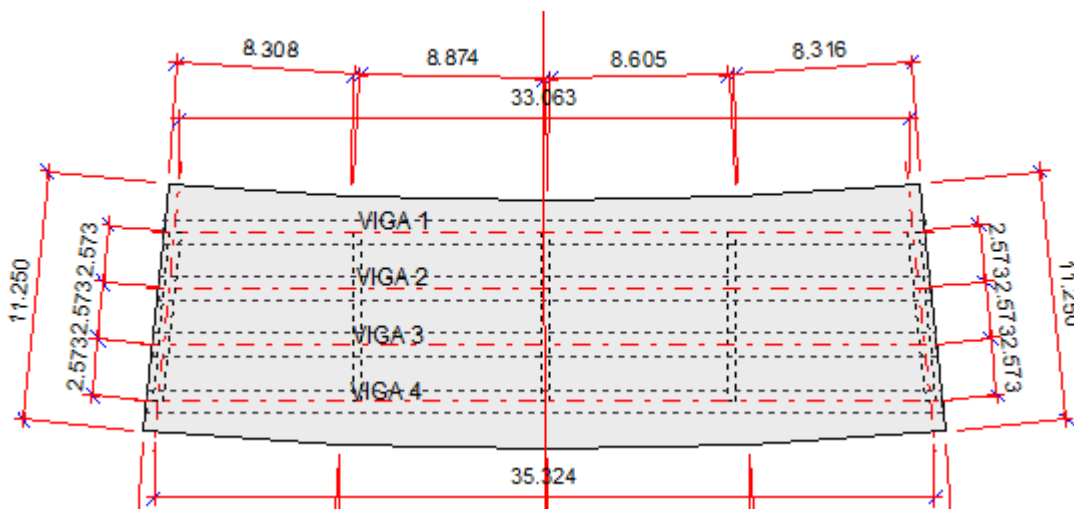


Figura 37. Planta de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.

A cada lado se dispondrá un pretil que se apoyará en una banda de 0.45 metros sobre la plataforma. Con ellos se completa la sección transversal.

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{Barrera seguridad} & + & \text{Espaldón interior} & + & \text{Carriles} & + & \text{Espaldón exterior} & + & \text{Barrera seguridad} \\ 0.45 \text{ m} & + & 1.000 \text{ m} & + & 2 \times 4.075 \text{ m} & + & 1.20 \text{ m} & + & 0.45 \text{ m} \end{array}$$

El puente se encuentra en planta en una curva de radio 195m, considerándose una velocidad de proyecto de 80Km/h.

En alzado, el puente se encuentra en un acuerdo vertical convexo, de parámetro Kv=2100

Tablero

El dintel del puente se resuelve mediante un tablero de vigas de concreto postesado de 1.60 metros de canto. Se ha adoptado la serie normalizada AASHTO de vigas en I, correspondiendo la indicada al tipo V.

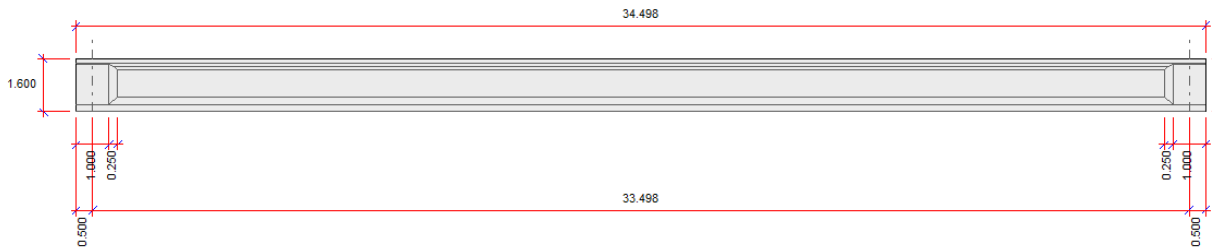


Figura 38. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.

La sección transversal del tablero está formada por cuatro vigas en I separadas entre ejes 2,56 metros, sobre las que se dispone una losa de compresión construida en concreto armado con 24 centímetros de espesor mínimo.

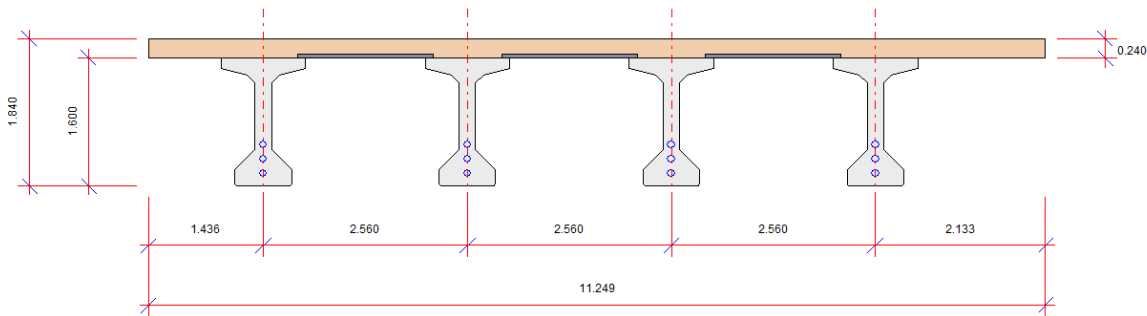


Figura 39. Sección tipo. Fuente: IDOM-DEHC.

La losa de concreto se ejecutará en sitio, sobre unas prelosas, que servirán de encofrado perdido.

Las vigas se apoyan en la subestructura mediante aparatos de neopreno zunchado. Se coloca un apoyo en cada extremo de viga.

Bastiones

Se proyectan bastiones tipo cargadero pilotado, con una viga cabezal de 2.50 m de ancho, 1.50 m de canto mínimo, que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante, y un ancho total de 11.25 m. En esta viga cabezal se empotra un parapeto de 0.90 m de canto, y una altura de 2.12 m. Cada bastión transmite la carga a 3 pilotes de sección circular de 1.20 m de diámetro. Los pilotes del bastión 1 y bastión 2 tienen una longitud de empotramiento en el terreno de 35.00 m con una capacidad portante de 4106 kN.

El terraplén de acceso a los bastiones dorsales se conforma mediante “escamas” de concreto armado fijadas al propio terraplén mediante flejes metálicos, constituyendo un macizo de suelo reforzado.

La misma solución estructural se adopta para los dos bastiones frontales.

La elevación máxima del paramento de “escamas” del terraplén armado es de 7.80 metros.

Tanto en el caso del bastión dorsal como del frontal el paramento del muro de “escamas” se completa a ambos lados de la traza con muros de la misma tipología.

En los dos estribos se dispondrán losas de transición, construidas también en concreto armado con una planta de 10.08 por 5.00 metros y un espesor de 30 centímetros.

Pilas

Por cada eje de apoyo se han proyectado dos pilas con sección circular de diámetro 1.60 m. y una altura entre 4.00 m y 9.10 m.

Estas pilas son arriostradas en cabeza por un dintel de 1.40 m de canto, 2.80 m de ancho y una longitud de 9.58 m sobre el que apoyan las vigas del tablero y que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante.

Las pilas se encuentran cimentadas con un encepado de 1.80 m de canto y una planta de 8.80 m por 12.40 m. Estos encepados constan de 8 pilotes de 1.20 m de diámetro y una longitud de 29.00 m con una capacidad portante de 3745 kN.

6.11.1.5 Paso elevado La Lima Nº 3

La estructura proyectada en este anejo corresponde al ramal de RN10 Cartago>RN2 El Guarco sobre los viaductos que cruzan a su vez, desnivelados respecto a la rotonda de La Lima. Todas estas estructuras están integradas en el Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional nº2, en la provincia de Cartago.

Se trata de un puente de diecisiete vanos, con luces condicionadas por los diferentes viales que discurren bajo éste. Así se han considerado vanos: $24.50 + 5 \times 25.00 + 3 \times 21.50 + 4 \times 25.00 + 4 \times 21.5 + 20.75$. Las luces de cálculo típicas son de 23.50m y de 20.00 metros; se dispone junta de calzada en todos los vanos, de forma que las acciones sísmicas son soportadas vano a vano.

En planta el ramal presenta una fuerte curvatura que implica dotar de sobreancho al único carril de circulación; hacia el final del paso elevado se alcanza un trazado recto, con un ancho de plataforma de 6.20m

El puente se encuentra en planta en una transición desde una curva de radio 100m, a contracurva de radio 85m, para finalmente tener un trazado recto en planta.

En alzado, el puente se encuentra en un acuerdo vertical convexo, de parámetro $K_v=1000$

Por tanto, se consideran dos secciones transversales típicas para el viaducto. Una sección en curva, con un ancho de carril de 5.00m, y una sección en recta, con un carril de circulación de 3.60m. A este carril se le añaden un espaldón exterior de 1.20 metros y un espaldón interior de 0.50 metros, además de barreras de seguridad tipo New Jersey, de 45cm de ancho, con lo que resultan

Plataforma de 7.60m

Barrera seguridad + Espaldón interior + Carriles + Espaldón exterior + Barrera seguridad

0.45 m + 0.50 m + 5.00 m + 1.20 m + 0.45 m

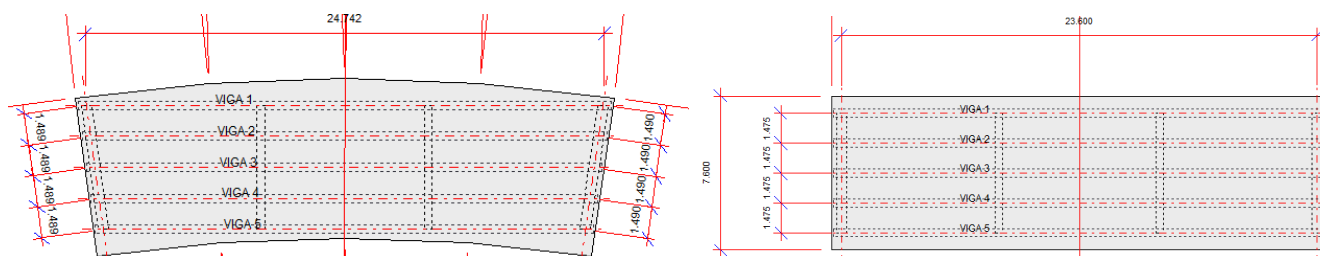


Figura 40. Plantas tableros de 7.60m de anchura. Fuente: IDOM-DEHC.

Plataforma de 6.20m

Barrera seguridad + Espaldón interior + Carriles + Espaldón exterior + Barrera seguridad

0.45 m + 0.50 m + 3.60 m + 1.20 m + 0.45 m

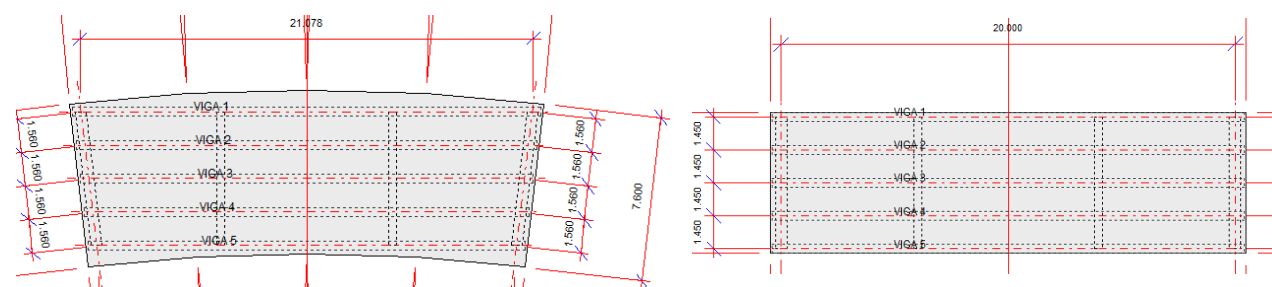


Figura 41. Plantas tableros de 6.20m de anchura. Fuente: IDOM-DEHC.

Tablero

El dintel del puente se resuelve mediante un tablero de vigas de concreto postesado de 1.14 metros de canto. Se ha adoptado la serie normalizada AASHTO de vigas en I, correspondiendo la indicada al tipo III.

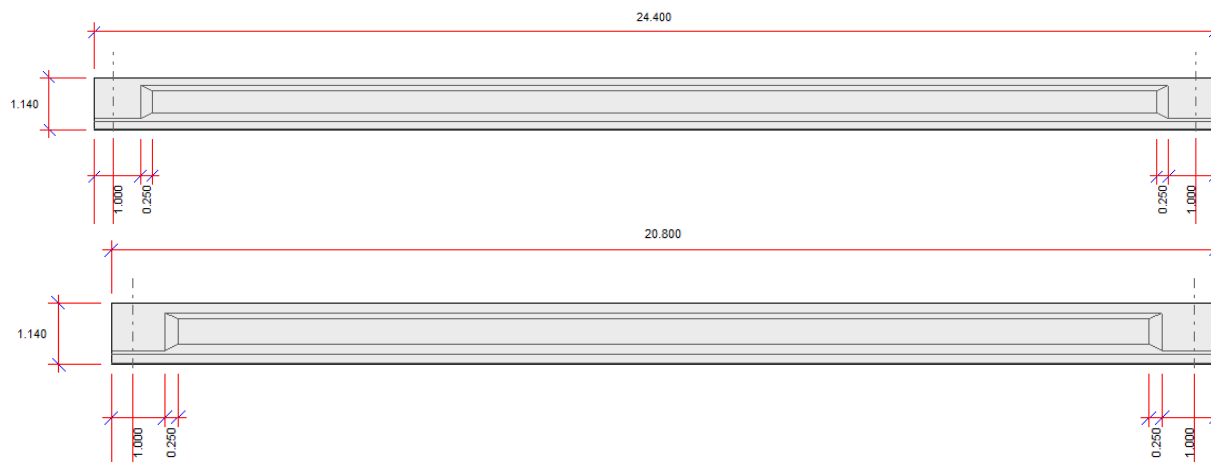


Figura 42. Alzado de vigas. Fuente: IDOM-DEHC.

La sección transversal del tablero está formada por cinco vigas en I separadas entre ejes 1.475 metros, salvo en los vanos rectos de 6.20m de ancho, que se disponen a 1.45; sobre las vigas se dispone una losa de compresión construida en concreto armado con 21 centímetros de espesor mínimo.

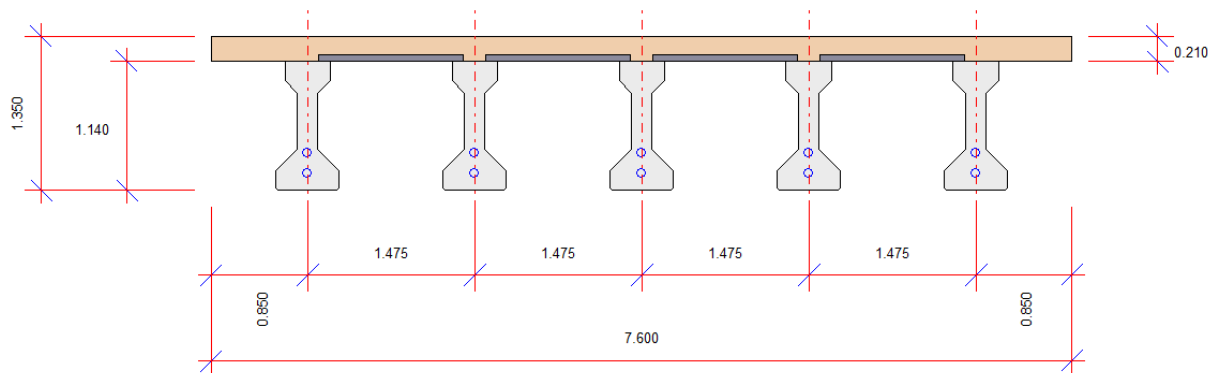


Figura 43. Sección tipo tablero 7.60m. Fuente: IDOM-DEHC.

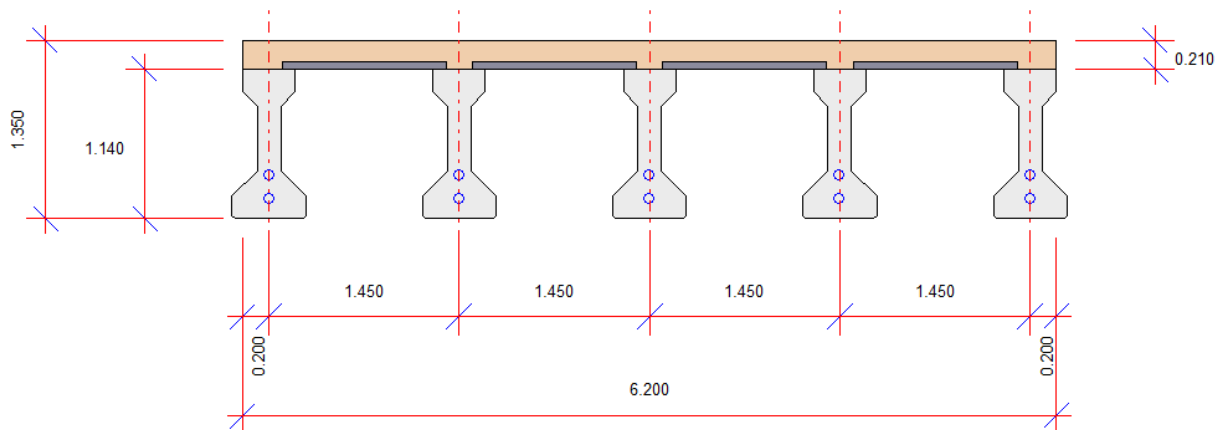


Figura 44. Sección tipo tablero 6.20m. Fuente: IDOM-DEHC.

La losa de concreto se ejecutará en sitio, sobre unas prelosas, que servirán de encofrado perdido.

Las vigas se apoyan en la subestructura mediante aparatos de neopreno zunchado. Se coloca un apoyo en cada extremo de viga.

Bastiones

Se proyectan bastiones tipo cargadero pilotado, con una viga cabezal de 2.40 m de ancho, 1.50 m de canto mínimo, que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante, y un ancho total de 7.84 m en el bastión 1 y de 6.60 m en el bastión 2. En esta viga cabezal se empotra un parapeto de 0.90 m de canto, y una altura de 1.61 m. Cada bastión transmite la carga a 2 pilotes de sección circular de 1.20 m de diámetro. Los pilotes del bastión 1 tienen una longitud de 27.00 m con una capacidad portante de 3033.9 kN y los pilotes del bastión 2 tienen una longitud de 23.50 m con una capacidad portante de 2956 kN.

El terraplén de acceso al bastión 2 se conforma mediante “escamas” de concreto armado fijadas al propio terraplén mediante flejes metálicos, constituyendo un macizo de suelo reforzado.

La misma solución estructural se adopta para los dos bastiones frontales.

La elevación máxima del paramento de “escamas” del terraplén armado es de 8.80 metros.

Tanto en el caso del bastión dorsal como del frontal el paramento del muro de “escamas” se completa a ambos lados de la traza con muros de la misma tipología.

En los dos estribos se dispondrán losas de transición, construidas también en concreto armado con una planta de 6.51 m por 5.00 m en el bastión 1 y 4.77 m por 5.00 m en el bastión 2 y un espesor de 30 centímetros.

El terraplén de acceso al bastión 1 se conforma mediante un terraplén y un muro de concreto reforzado de 0.40 m de canto tanto en el alzado como para la zapata y una altura máxima de 3 m.

Pilas

Por cada eje de apoyo se ha proyectado una pila con sección circular de diámetro 1.90 m. y una altura entre 4.90 m y 12.30 m.

Estas pilas son arriostradas en cabeza por un dintel de 1.40 m de canto, 2.30 m de ancho y una longitud de 7.64 m sobre el que apoyan las vigas del tablero y que se ajusta a la pendiente transversal de la rasante.

Las pilas se encuentran cimentadas con un encepado de 1.80 m de canto y una planta de 8.80 m por 8.40 m. Estos encepados constan de 8 pilotes de 1.20 m de diámetro y una longitud de 29.00 m con una capacidad portante de 3745 kN para los pilotes correspondientes a las pilas 1 a 9 y una capacidad portante de 4043 kN para los pilotes correspondientes a las pilas 10 a 16.

6.11.1.6 Pórtico La Lima

La estructura proyectada en este anejo corresponde el Pórtico La Lima, integrado dentro del Proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional nº2, en la provincia de Cartago.

Se trata de un paso inferior de 90 metros de longitud de cálculo conformado por un forjado de vigas de 8.85 metros de luz separadas cada dos metros que apoyan en apoyos elastoméricos sobre sendas pantallas de pilotes. Una losa colaborante de 0.21 m de canto conforma el paramento superior de la estructura.

Sobre el paramento superior de la estructura se proyecta una plataforma esviada de 10 grados de 6.30 metros de anchura. En esta superficie se albergará un carril para circulación rodada de 3.70 metros de anchura, un espaldón exterior de 1.20 metros y un espaldón interior de 0.5 metros.

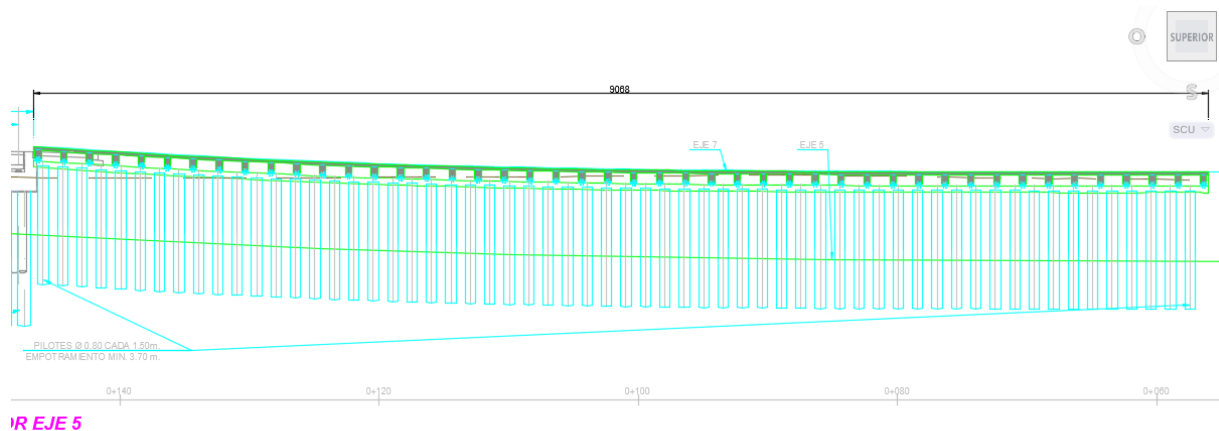


Figura 45. Alzado de estructura. Fuente: IDOM-DEHC.

A cada lado se dispondrá un pretil que se apoyará en una banda de 0.45 metros sobre la plataforma. Con ellos se completa la sección transversal.

Barrera seguridad + Espaldón interior + Carril + Espaldón exterior + Barrera seguridad

0.45 m + 0.500 m + 3.700 m + 1.20 m + 0.45 m

Forjado Superior

El dintel se resuelve mediante un forjado de vigas de concreto armado de 0.70 metros de canto y 1.25 metros de ancho con una losa colaborante ejecutada in situ de 0.21 m de canto.

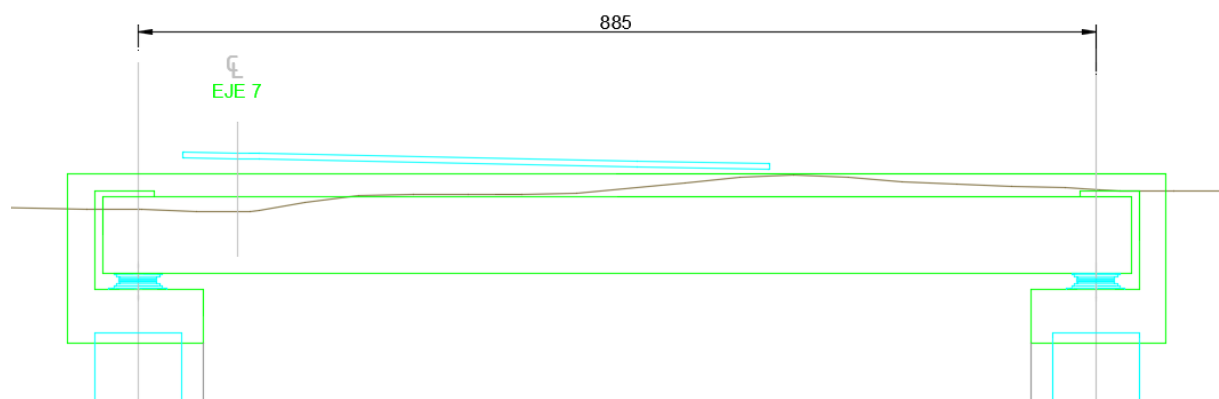


Figura 46. Alzado de viga. Fuente: IDOM-DEHC.

Las vigas se apoyan en la subestructura mediante aparatos de neopreno zunchado. Se coloca un apoyo en cada extremo de viga.

Pantallas

Se proyectan pantallas pilotadas, con una viga cabezal de 0.70 m de canto. Los pilotes del tienen una longitud variable para ajustarse al perfil longitudinal de la estructura y su diámetro es de 0.80 m.

En la zona en voladizo, el diámetro de los pilotes se aumenta a 1.20 metros

6.11.1.7 Paso inferior La Lima

El paso inferior se resuelve en toda su longitud mediante muros pilotados para la contención del terreno, distinguiéndose 8 secciones tipo según requerimientos del trazado:

- Desde la entrada del paso inferior hasta el Est. 22+968, se dispone muros pilotados en voladizo de 0.90 m de diámetro, distanciados 1.35 m entre ejes.
- Entre los estacionamientos 22+968 al 22+992, se mantiene la tipología de pantallas en voladizo, pero al aumentar la profundidad del trazado se incrementa el diámetro de los pilotes a 1.20 m, que se dispondrán en este caso cada 1.75 m.
- Entre los estacionamientos 22+992 al 23+072, se mantiene el diámetro de los pilotes y el distanciamiento de los mismos, 1.20 m y 1.75 m respectivamente. En este caso, se dispone en coronación vigas transversales entre pantallas de 60 cm de ancho y 80 cm de canto, distanciadas 8.75 m.
- Entre los estacionamientos 23+072 al 23+096, se localiza el primer cruce de vial en superficie, por lo que se dispone un tablero en coronación de pantallas. Las pantallas se mantienen de pilotes de 1.20 m. de diámetro, distanciados 1.75 m.
- Entre los estacionamientos 23+096 a 23+145, se vuelve a tipología apuntaladas mediante vigas transversales 60 x 80 cm cada 8.75 m, con pilotes de 1.20 m de diámetro cada 1.75 m en pantallas.
- Entre los estacionamientos 23+145 al 23+226, se vuelve a localiza viales en superficie, por lo que se dispone un nuevo tablero en coronación de pantallas. Las pantallas se mantienen de pilotes de 1.20 m de diámetro, distanciados 1.75m.
- Entre los estacionamientos 23+226 al 23+270, por tema de gálibo se dispone pantallas de pilotes en voladizo de 1.20 m. de diámetro, distanciados de nuevo 1.75 m
- Entre el Est. 23+270 a la salida del paso inferior se mantiene la tipología de pantallas de pilotes en voladizo, pero reduciendo el diámetro de los pilotes a 0.65 m. y el distanciamiento de los mismos a 0.975m. En el margen derecho en este tramo, se dispone muro de tierra armada para la contención de tierras.

El ancho del paso inferior es variables debido a trazado, mientras que el gálibo libre mínimo es de 5.50 m. La solera de arriostamiento entre pantallas en fondo de excavación es de 25 cm de espesor y se localiza a una distancia mínima de 1.50 m. desde calzada, permitiendo el tránsito de instalaciones a lo largo de la estructura.

6.11.1.8 Muros de suelo reforzado

Se cuenta con los muros de tierra reforzada que se describen en la siguiente tabla para salvar los desniveles entre las rasantes de los diferentes viales en los intercambios de Taras, Avenida 23 y La Lima.

NOMBRE	FUNCIÓN	LONGITUD	ALTURA MÁXIMA
Muro Eje 42	Contención de tierras para la rasante del Eje 20	290.17 m	3.00 m
Muro Eje 43	Contención de tierras para la rasante del Eje 1	200.01 m	8.90 m
Muro Eje 44	Contención de tierras para la rasante del Eje 1	175.03 m	6.40 m
Muro Eje 45	Contención de tierras para la rasante del Eje 38	61.26 m	3.40 m
Muro Eje 50	Contención de tierras para la rasante del Eje 1	222.35 m	7.90 m
Muro Eje 51	Contención de tierras para la rasante del Eje 1	226.67 m	7.40 m
Muro Eje 52	Contención de tierras para la rasante del Eje 1	166.31 m	7.10 m
Muro Eje 53	Contención de tierras para la rasante del Eje 1	166.36 m	7.10 m
Muro Eje 54	Contención de tierras para la rasante del Eje 1	176.76 m	7.10 m
Muro Eje 55	Contención de tierras para la rasante del Eje 1	178.47 m	6.60 m
Muro Eje 56	Contención de tierras para la rasante del Eje 3	111.00 m	5.90 m

NOMBRE	FUNCIÓN	LONGITUD	ALTURA MÁXIMA
Muro Eje 58	Contención de tierras para la rasante del Eje 7	114.41 m	8.80 m
Muro Eje 59	Contención de tierras para la rasante del Eje 7	106.70 m	4.80 m
Muro Eje 60	Contención de tierras para la rasante de los Ejes 8 y 9	134.04	6.00 m
Muro Eje 61	Contención de tierras para la rasante del Eje 2	142.74 m	7.80 m
Muro Eje 63	Contención de tierras para la rasante del Eje 3	44.64 m	6.80 m

Tabla 10. Ubicación de muros de suelo reforzado. Fuente: IDOM-DEHC.

Los muros de suelo reforzado constan de dos zonas distintas:

- Macizo de suelo reforzado: se compone del suelo y los refuerzos o armaduras que confieren a la estructura una cohesión artificial, lograda por rozamiento o interacción suelo-armadura.
- Paramento prefabricado: no tiene un papel estructural, sino de durabilidad, evitando la degradación del macizo armado y fijando su geometría en planta y alzado.

6.11.1.9 Muros de concreto

Las estructuras que se han diseñado en el documento son los muros de hormigón in situ de contención de tierras. En las siguientes imágenes se define su geometría:

- Muro Eje 46: Est. 0+000.000 – 0+355.817
- Muro Eje 47: Est. 0+000.000 – 0+017.809
- Muro Eje 48: Est. 0+000.000 – 0+021.768
- Muro Eje 49: Est. 0+000.000 – 0+081.986
- Muro Eje 65: Est. 0+000.000 – 0+050.000

6.12 Seguridad Vial y Equipamiento

En este capítulo se engloban todos aquellos criterios y normativas utilizadas para el diseño de la señalización horizontal y vertical, el balizamiento y los sistemas de contención de vehículos necesarios dentro del proyecto de construcción.

6.12.1 Señalización Vertical

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno, o para guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

Antes de que cualquier carretera nueva, desvío o ruta temporal se abra al tránsito, todas las señales necesarias deberán estar en su sitio. Las señales requeridas por emergencias, o condiciones o restricciones especiales en una carretera se removerán tan pronto como esas condiciones dejen de existir o se eliminen las restricciones.

Se debe tener cuidado de no instalar demasiadas señales. Se recomienda un uso conservador de las señales de regulación y prevención. Ello obedece a que estas señales, si se usan en exceso, tienden a perder su efectividad. Por otra parte, el uso frecuente de señales de identificación y de destino para mantener al conductor informado de su ubicación y curso, no disminuye el valor de estas señales informativas.

Desde el punto de vista funcional, las señales verticales se clasifican en:

- Señales de Reglamentación: son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito del país. Su nomenclatura se corresponde con la letra "R".
- Señales de Prevención: son las que indican al conductor de las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza. Su nomenclatura se corresponde con la letra "P".
- Señales de Información: son las que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de navegación y orientación de los usuarios. Su nomenclatura se corresponde con la letra "I".



Figura 47. Ejemplo de señal vertical de reglamentación Alto (R-1-1)

A lo largo de la traza de la infraestructura vial propuesta, se ha tenido en cuenta la reglamentación oportuna para la colocación de todos aquellos elementos de estas características que se han considerado necesario.

6.12.2 Señalización Horizontal

La señalización horizontal está constituida por las líneas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

En función del uso, la señalización horizontal se clasifica por:

- Demarcación de pavimentos:
 - Líneas de centro
 - Líneas de carril
 - Líneas de barrera
 - Líneas de borde de pavimento
 - Transiciones en el ancho del pavimento
 - Líneas de canalización
 - Aproximaciones a obstáculos
 - Marcas de giros
 - Líneas de parada
 - Pasos para peatones
 - Aproximaciones a pasos a nivel con vías férreas
 - Zonas de estacionamiento
 - Palabras y símbolos sobre el pavimento
 - Marcas para regular el uso de la vía
 - Otros dispositivos y marcas auxiliares
- Demarcación para indicar restricción de estacionamientos:
 - Línea de borde amarilla
 - Línea de borde roja
 - Línea de borde verde
 - Línea de borde azul

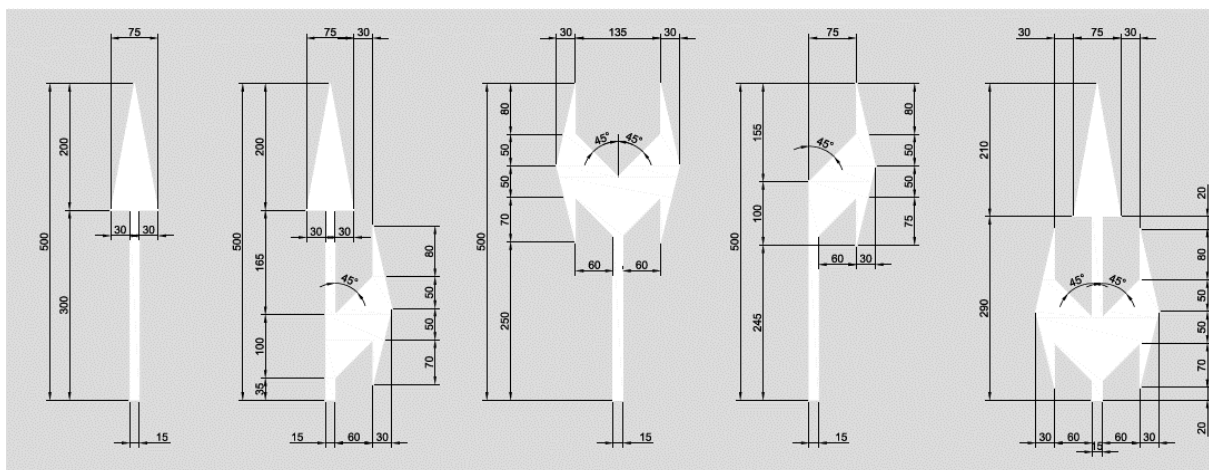


Figura 48. Ejemplo de señalización horizontal. Líneas de giro y flecha V<60 km/h.
Fuente: SIECA 2014.

A lo largo de la traza de la infraestructura vial propuesta, se ha tenido en cuenta la reglamentación oportuna para la colocación de todos aquellos elementos de estas características que se han considerado necesario.

6.12.3 Balizamiento

Esta parte de la obra constituye un conjunto de instalaciones complementarias de la vía que tienen por objeto servir de guía a los conductores de vehículos, aumentando la seguridad y comodidad de la conducción.

Las marcas viales en el pavimento, tipo capitaluz, pueden ser usadas para servir de guía a los vehículos acompañando otras líneas longitudinales. La disposición de los capitaluces se realizará cada 12 m en vías de velocidad superior a 60 km/h y cada 8 m en vías con velocidad inferior a 60 km/h. Esta disposición varía ligeramente de lo establecido en el SIECA, pero se adapta a la longitud y separación de los segmentos que definen la división de los carriles.

La infraestructura diseñada cuenta con todos los elementos de estas características que se han considerado necesarios bajo los estándares y normativas tanto costarricenses como internacionales.

6.12.4 Defensas

Una parte importante de la seguridad que ofrece al conductor las características técnicas de una vía, reside en los detalles de terminación y acabado que suponen los elementos e instalaciones de protección, como son los dispositivos que, en caso de accidente o emergencia, impiden al vehículo salirse fuera de la vía y le ayudan a reducir las consecuencias dañinas de esta situación. Estos elementos se conocen como barreras laterales:

Las barreras laterales son sistemas longitudinales que se ubican a lo largo de los costados del camino y se utilizan para minimizar la gravedad de potenciales accidentes que comprenden a vehículos que dejan la calzada, en donde las consecuencias por chocar la barrera son menores que las de dejar la plataforma. También, aunque ocasionalmente, pueden usarse para proteger a los peatones y ciclistas del tránsito vehicular.

Si un obstáculo o peligro no puede eliminarse, reubicarse o modificarse por razones técnicas, económicas o ambientales, se deben disponer sistemas de contención vehicular para reducir la severidad del accidente. El equipamiento vial como los postes y bases fusibles o quebradizas, las barreras de seguridad sus terminales, los pretiles de puentes y los atenuadores de impacto son elementos que pretenden reducir la gravedad de las lesiones de los ocupantes del vehículos y las pérdidas materiales producto de la colisión, por tanto, se deben utilizar solamente si no es posible implementar ningún otro tratamiento, ya que los ocupantes del vehículo no están exentos de sufrir algún tipo de colisión o pérdidas materiales si colisionan contra el sistema.

Las barreras de seguridad se clasifican según su rigidez en una de las siguientes categorías.

- Flexibles
- Semi-rígidas
- Rígidas.

La baranda peatonal es una barrera de protección colocada a los lados de una obra: viaducto, puente o pasarela para impedir una caída accidental al vacío. En tramos de las aceras donde se pueden identificar peligros de caída por estar al lado de una pendiente, con altura igual o superior a 1 m, fueron instalados las barreras peatonales para la protección de los peatones.

La infraestructura diseñada cuenta con todos los elementos de estas características que se han considerado necesarios bajo los estándares y normativas tanto costarricenses como internacionales.

6.13 Obras Complementarias

En el Proyecto se incluyen las siguientes obras complementarias:

- Iluminación
- Cerramientos
- Paradas de autobús

6.13.1 Iluminación

- Intersecciones.
- Cruces o intersecciones.
- Bahías de buses.
- Sección de la ruta interamericana que conecta ambas intersecciones, y sectores adicionales a las intersecciones mencionadas.

Los criterios aplicados en este caso corresponden al Manual Redes de Distribución Subterráneo 34.5, 24,9 13,8kV última revisión vigente, en el Capítulo No. 7 vigente a la fecha. Adicionalmente se incluyó como soporte adicional el cumplimiento de la norma internacional CIE140 Road Lightings Calculations (Comisión Internacional de Iluminación).

6.13.2 Cerramientos

Se incluye la reposición del cerramiento de los lotes que se ven afectado por el diseño de la ruta.

6.13.3 Paradas de autobús

El proyecto incluye el amueblamiento de las paradas en cuanto a marquesinas y botaderos mínimos a instalar.

6.14 Estudio de Identificación de Pasos de Fauna

El estudio realizado consistió en el estudio biológico de la zona de impacto y la posible afectación sobre el medio biótico.

Se trabajó durante los meses de Julio, Agosto y Septiembre de 2017 mediante una metodología que incluyó recorridos por el área del proyecto implementando búsqueda intensiva, colocación de cámaras trampa en zonas con vegetación arbórea en las áreas de influencia, así como análisis de fotografías aéreas y herramientas de Sistema de Información Geográfica SIG, con los cual se crearon mapas para la caracterización de los puntos de interés presentes en el sitio.

El área de estudio y su zona de influencia directa pertenecen a un sector del país inmerso en el desarrollo comercial, industrial y urbano, por lo que los espacios naturales o que pueden contar con vegetación arbórea son escasos, lo cual incide a su vez en la baja oferta para la fauna silvestre.

Los resultados del trabajo de campo arrojaron datos que corroboran la no incorporación de pasos de fauna silvestre en el diseño de la carretera y los intercambios, esto debido a la ausencia de zonas de conectividad estructural que hagan pensar que se puede dar un intercambio de vida silvestre entre ambos sectores que divide la carretera actualmente.

Las especies de fauna que se tienen como probables en la zona son individuos con hábitos generalistas y que se caracterizan por habitar sectores con una alta influencia antropogénica.

Se identificaron zonas ambientalmente frágiles en la zona de influencia (río Taras y la naciente Arriaz) para las cuales se deben tener las medidas ambientales de prevención, mitigación y compensación necesarias para minimizar una posible afectación.

6.15 Inventario Forestal

En la tabla siguiente se presenta una distribución diamétrica del número de árboles por especie, encontradas en el inventario.

Tabla 11. Distribución diamétrica del número de árboles por especie.

Especie	Clase diamétrica (cm)							Total
	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	85-95	
Aguacatillo			1					1
Casuarina	22	31	29	28	11	4	1	126
Cedro amargo			1					1
Ciprés		1		1	1	1	1	5
Corteza		1						1
Eucalipto			1		1			2
Fresno			2					2

Especie	Clase diamétrica (cm)							Total
	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	85-95	
Higuerón		2						2
Hisopillo	1							1
Laurel de india					3	1		4
Llama del bosque	1	5	4	1				11
Malinche		1						1
Matasano	1							1
Neem		1						1
Nogal		2	1					3
Pino		2						2
Poró		1	2	1				4
Sauce			1				3	4
Total	25	47	42	31	16	6	5	172

Como conclusiones del inventario forestal se tiene:

1. El proyecto se encuentra en terrenos desprovistos de vegetación natural.
2. El inventario forestal registra la presencia de 172 árboles, correspondientes a 18 especies, distribuidos en 13 familias botánicas.
3. Las especies identificadas corresponden a especies ornamentales. Se incluyó en el inventario un parque urbano localizado en la intersección La Lima.
4. No se encontraron especies con poblaciones reducidas, amenazadas o en peligro de extinción.
5. Para desarrollar las obras se requiere cortar 142 árboles, los cuales carecen de valor comercial, debido a las dimensiones y las especies encontradas.

6.16 Redes de servicio

Durante el proceso de diseño se han mantenido contactos e intercambiado información con las entidades responsables de redes de servicios presentes en el tramo en proyecto:

- Redes Eléctricas (ICE y JASEC)
- Redes de Telecomunicaciones (ICE y JASEC)
- Redes de agua (AYA, Asadas)

El desarrollo de la identificación de la existencia y propuesta de reposición de las redes que se ven afectadas por el proyecto se incluye en el Informe *MEM-14 Redes de Servicio*.

Las comunicaciones mantenidas con las entidades se recogen en el Informe *MEM-18 Comunicaciones con Entidades*

6.16.1 Redes Eléctricas

Las redes eléctricas existentes en el sitio del proyecto constan de dos circuitos trifásicos pesados calibre 336AAAC soportado en postes de 15 metros por cada margen de la ruta a intervenir, existe un tercer circuito trifásico pesado sobre algunos puntos de la ruta pero se trata del mismo alimentador (circuito) que algunos de los existentes en la ruta, estos serían relocalizados a una nueva postería, existen postes de 11 metros en el caso de derivaciones secundarias. La red tiene montajes horizontales, los postes están ubicados en algunos casos cerca de la carpeta de rodamiento o en sitios donde posteriormente será afectado el terreno. Adicionalmente sobre la ruta existen sistemas de iluminación en postes exclusivamente instalados para estos efectos, estos sistemas consisten en postes de 15 metros con luminarias tipo LED de la carga Schreder, sistema autorizado por JASEC, empresa de distribución eléctrica autorizada para la zona de afectación. En cuanto a las arquetas de telecomunicaciones se identificaron en la mayoría de los casos que las ubicaciones están contiguo a la carpeta de rodamiento o retiradas al menos 2 metros de dicha línea. Las áreas afectadas en el caso del sistema de telecomunicaciones son: sector del cruce o futuro intercambio de Taras, sector Ochomogo –Taras, posteriormente se analizó la afectación frente al centro comercial Paseo Metrópoli pero en este caso no hay afectación del sistema de telecomunicaciones.

Se pretende reubicar elementos eléctricos por las siguientes razones:

- El poste está ubicado en un sitio de corte y el empotramiento mínimo no se cumple.
- El poste está ubicado en sitios de relleno y se excede el empotramiento máximo generando poca distancia entre el neutro (o la red de telecomunicaciones) y el nivel de piso terminado.
- La línea eléctrica o de telecomunicaciones queda muy baja con respecto a la carpeta de rodamiento y no cumple con la distancia mínima de seguridad con respecto al tránsito sobre la vía.
- El poste está ubicado en una futura obra de drenaje pluvial, por ejemplo en alguna sección de la cuneta.
- El poste está inaccesible desde el punto de vista de operación y mantenimiento.
- El poste está ubicado en la futura carpeta de rodamiento, ya sea sobre la ruta marginal o sobre las rutas principales.

6.16.2 Redes de telecomunicaciones

En el caso de las estructuras de telecomunicaciones las razones para el ajuste de las mismas son las siguientes:

- La arqueta de telecomunicaciones está ubicada en un sitio de corte y no queda recubrimiento suficiente para asegurar la integridad del sistema.
- La arqueta de telecomunicaciones está ubicada en sitios de rellenos y por lo tanto será necesario reconstruir la losa superior para asegurar el acceso a la misma.
- La ruta de la canalización de telecomunicaciones se encuentra en colisión con futuras fundaciones de los pasos a desnivel, este es el caso más importante en la ubicación del intercambio de Taras.
- La ruta de la canalización de telecomunicaciones debe ser ajusta por las mejoras en los puentes sobre la vía.

6.17 Expropiaciones

En el informe *MEM-15 Expropiaciones* se desarrolla el procedimiento realizado para la definición de las posibles áreas expropiables necesarias para la correcta realización de la obra. Se anexa a ese documento el cuadro con información catastral-registral de todas las fincas objeto de estudio, incluyendo el análisis de algunos casos especiales.

Por ser el cantón de Cartago “Zona Catastrada”, así declarado mediante Decreto Ejecutivo No.39764-JP, publicado en fecha 9 de agosto del año 2016, se cuenta con un Mapa Oficial que refleja la situación catastral del cantón. Este mapa puede ser consultado por profesionales de agrimensura en el Sistema de Información del Registro Inmobiliario (SIRI), del Registro Nacional, una dependencia del Ministerio de Justicia y Paz del Gobierno de Costa Rica.

Por su parte, la Municipalidad de Cartago cuenta con un Sistema de Información Geográfica en el que se puede revisar un mapa catastral con datos registrales que está a disposición del público en general a través del portal de internet del gobierno local, en la página <http://municartago.maps.arcgis.com>

Luego de conversaciones que se sostuvo con funcionarios del Departamento de Previsión Vial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes se obtuvo en formato digital el diseño geométrico de la ruta existente, con esto se plasmó a nivel de planos el derecho de vía oficial, ver PDF con esta información en Anexo 3.

Con base en los insumos antes mencionados se realizó un estudio catastral-registral a las fincas colindantes a todo el trazo de la carretera de interés. Se obtuvo copias de cada uno de los planos catastrados y a partir de ese documento se realizó el correspondiente estudio registral.

De un total de 298 planos estudiados, se filtró la documentación quedando un total de 176 fincas de interés colindantes al proyecto.

Se realizó un montaje de todos los planos de interés “sobre” la fotografía aérea y las correspondientes hojas cartográficas. Para cada plano de catastro se digitó el derrotero, generándose una polilínea por predio. Cada polilínea fue insertada en el archivo final conformando un mosaico que refleja gráficamente la realidad registral de la zona.

Del mosaico final de propiedades, el diseño oficial de la ruta y el diseño de la obra a realizar se obtuvo que, de las 176 fincas colindantes al trazo de la carretera, es un total de 40 fincas a las que será necesario hacer alguna expropiación.

En cada una de las láminas correspondientes del documento Planos se muestra gráficamente y se indica el área aproximada a expropiar para cada uno de los predios.

6.18 Plan de Manejo de Tránsito

El objeto principal de dicho plan es la definición de las medidas a implementar durante la construcción de las obras civiles del tramo objeto de estudio. El enfoque adoptado para la propuesta este plan será puramente técnico, de forma que se garantice la protección de los usuarios, tanto vehiculares como peatonales, la señalización y protección de las obras, reordenación de los accesos a fincas y comercios colindantes, en caso de ser necesario, la señalización de las rutas, etc.

Asimismo, todos estos trabajos se realizarán bajo el criterio de conservar y garantizar la funcionalidad y seguridad en las vías que pudieran ser afectadas por la construcción del proyecto objeto de estudio, manteniendo siempre unos altos estándares de calidad.

La ejecución del proyecto que mediante el presente estudio se presenta, se plantea de forma que no se produzcan cortes en el tráfico en ninguna de las diferentes fases de ejecución de la obra. Para ello, se ha realizado un planteamiento a nivel de anteproyecto de cómo podrían desarrollarse los trabajos teniendo en mente dicho fin.

Se plantea la ejecución en 3 grandes fases de obra que, a su vez, podrán ser subdivididas en periodos menores que incluyan mayor nivel de detalle en cuanto a los trabajos a desarrollar. A grandes rasgos, las 3 etapas planteadas se describen a continuación de manera independiente para los intercambios de Taras, La Lima y tronco principal de la Actuación.

6.18.1 Intercambio de Taras

1) Etapa 1: ejecución de elementos situados fuera de la zona de tránsito actual

La dificultad a la hora de realizar los trabajos de ejecución del intercambio de Taras se da por la necesidad de ubicar los sentidos tanto de ida como de retorno a San José en el actual sentido hacia el sur de la Ruta Nacional 2. Por ello, la primera de las etapas a realizar incluirá aquellos trabajos que permitan habilitar nuevos viales de circulación en este emplazamiento. Atendiendo a la disponibilidad de espacio, se propone para esta etapa la ejecución del carril auxiliar procedente de Taras en sentido San José, dado que no requiere realizar ninguna interferencia ni desvío de tránsito. De esta manera, se conseguiría un carril adicional para el tránsito en el momento en el que se tenga que cortar alguno de los viales por los cuales actualmente discurre el tránsito.

Asimismo, en esta primera etapa se podrían comenzar los trabajos de acondicionamiento y relleno de tierras para el sentido sur de la nueva Ruta Nacional 2, dado que estos trabajos tendrán un desarrollo en el tiempo sustancialmente superior al requerido para el carril auxiliar sentido norte.

2) Etapa 2: ejecución de elementos situados en la zona de tránsito actual

En esta segunda etapa se continuarán los trabajos para llevar a cabo el paso superior de Taras de la Ruta Nacional 2. Dado que no se puede acometer esta obra de manera íntegra sin tener que cortar el tránsito, se propone la ejecución parcial de este entorno. Los trabajos se deberán enfocar en la ejecución del sentido sur de la RN2, los cuales podrán haber comenzado en la etapa anterior.

El objetivo de esta fase será el terraplenado de la zona de muros. Al ejecutarse únicamente una porción del muro de tierra armada, es de esperar que el talud del terraplenado que vierte hacia la calzada actual, no permita el tránsito vehicular en sentido norte, el cual tendrá que utilizar el carril auxiliar ya ejecutado en la fase anterior. El tránsito en sentido sur circulará por la parte superior del terraplén del muro de tierra armada.

En esta misma etapa se podrán llevar a cabo trabajos parciales en la nueva rotonda, la nueva calle de acceso a Taras y parte estructural del paso superior de Taras.

3) Etapa 3: ejecución de elementos restantes y finalización de la obra

En la tercera y última etapa se llevaría a cabo la ejecución de la parte restante del muro de tierra armada y viaducto del paso superior del intercambio de Taras. Asimismo, se finalizarían las partes faltantes de la rotonda, retorno del Ochomogo, nueva calle de acceso a Taras y enlaces de este punto con el eje vial principal de unión entre los intercambios de Taras y La Lima.



Figura 49. Etapas de construcción en el intercambio de Taras. Fuente: IDOM-DEHC.

6.18.2 Intercambio de La Lima

1) Etapa 1: ejecución de elementos situados fuera de la zona de tránsito actual

A lo largo de la primera etapa, se irán ejecutando aquellos elementos que se sitúan fuera de la zona de tránsito actual, de forma que se puedan comenzar a habilitar accesos y nuevos viales que permitan la circulación del tránsito vehicular en las siguientes etapas, sin entorpecer el tránsito actual en esta primera etapa.

Por lo tanto, en esta etapa se mantiene la circulación en todos los viales existentes y se comienza la ejecución de los viales marginales, los cuales se ubican fuera de la zona de tránsito actual.

En la siguiente imagen se muestra en color azul, la zona de tránsito (coincidente con la zona de tránsito actual) y en color anaranjado la zona de obras.

Debido a la facultad estructural del puente de enlace de la Ruta Nacional 10 con la Ruta Nacional 2 sentido sur y del paso inferior bajo dicho puente, ubicado frente al mall Paseo Metrópoli, se propone comenzar en esta primera fase con su ejecución, en la medida de lo posible, para que su ejecución no prolongue la duración total de los trabajos a llevar a cabo.

2) Etapa 2: ejecución de elementos situados en la zona de tránsito actual

Tras haber generado nuevos viales de circulación en la etapa anterior, se puede proceder a la ejecución de parte de los nuevos viales situados sobre la zona de tránsito actual y canalizar el tránsito vehicular por los nuevos viales generados. En este sentido, en la situación particular del intercambio de La Lima, la propuesta se enfoca en la ejecución del paso inferior, la parte interior de las rotondas y la ejecución del paso superior de la Ruta Nacional 10 en sentido Cartago únicamente.

De esta forma, el tránsito vehicular que discurre por la Ruta Nacional 10 no se vería afectado en sentido Cartago dado que el nuevo puente se encuentra ligeramente desplazado con respecto a la traza actual. La continuidad del tránsito de la Ruta Nacional 2 se garantiza a través de la vía marginal generada en la Etapa 1 de trabajo.

En esta Etapa se realizará también parte del Puente de enlace de la Ruta Nacional 10 con la 2.

3) Etapa 3: ejecución de elementos restantes y finalización de la obra

En esta última etapa se llevarán a cabo los elementos restantes para dar por finalizada la obra.

Quedarían por concluir, como elementos principales, el paso superior de la Ruta Nacional 10 en sentido Taras y un tramo del viaducto de enlace de las Rutas Nacionales 10 y 2.

En el caso del tránsito que discurre por la Ruta Nacional 10 en sentido Taras, su canalización se realizaría a través de la vía marginal ya ejecutada en fases anteriores y, en la medida de lo posible, por el espacio existente entre los muros de los pasos superiores de la Ruta Nacional 10, lo cual dependerá del grado de avance de las obras en este entorno.



Figura 50. Etapas de construcción en el intercambio de La Lima. Fuente: IDOM-DEHC.

6.18.3 Tronco Principal

1) Etapa 1: ejecución de elementos situados fuera de la zona de tránsito actual

Al igual que en los casos anteriores, la primera de las etapas de obra del tronco principal consistirá en la ejecución de aquellos viales situados fuera de la zona de circulación actual de forma que permita habilitar nuevos viales por los cuales desviar el tránsito vehicular en las próximas etapas.

De acuerdo a lo anterior, en esta primera etapa se plantea la ejecución de las vías marginales de tal forma que permitan albergar los dos carriles por sentido en cada uno de los laterales. Esto implica que no se podrán realizar en su diseño final, sino que tendrán que disponer de una sección final de pavimento algo superior a la de la situación final, la cual incluye una zona ajardinada, acera peatonal y una generosa ciclovía.

2) Etapa 2: ejecución de elementos situados en la zona de tránsito actual

Una vez las nuevas vías marginales resultan transitables, se trasladará la circulación vial a estos nuevos puntos para comenzar la ejecución completa del tronco principal de la Ruta Nacional 2.

3) Etapa 3: ejecución de elementos restantes y finalización de la obra

Una vez finalizado el cuerpo principal de la Ruta Nacional 2, se devolverá el tránsito a esta para finalizar los elementos restantes de las vías marginales como la zona ajardinada, aceras, bahías de autobús, etc. De esta forma se dará por concluida la ejecución de los trabajos concernientes al presente estudio.

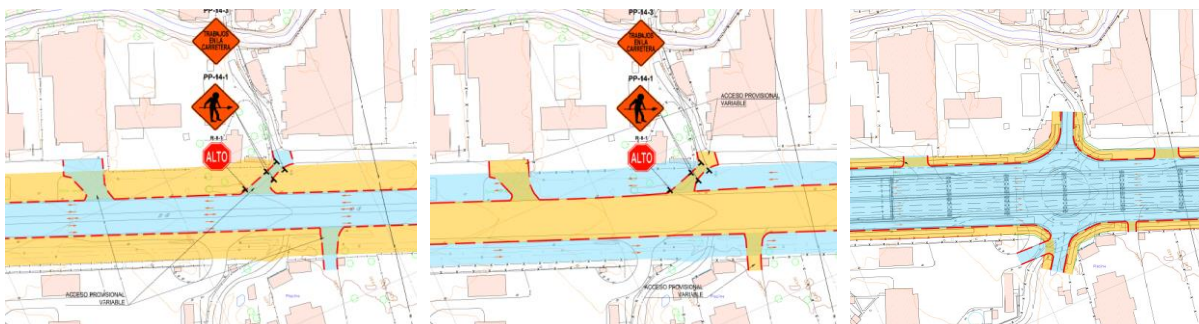


Figura 51. Etapas de construcción en el paso elevado de la Avenida 23. Fuente: IDOM-DEHC.

En cuanto al diseño de los pavimentos provisionales necesarios para la etapa constructiva y, de acuerdo al Plan de Manejo de Tránsito y las fases de obra planteadas, tanto los desvíos provisionales de tránsito como las vías marginales del eje central requerirán de un acondicionamiento provisional que permita el tránsito vehicular en las diferentes fases propuestas.

En las zonas de actual acera en las que se tendrá que habilitar la circulación vehicular para dar lugar dos carriles de tránsito por sentido, se plantea la implantación de un pavimento provisional consistente en una capa de 10 cm de concreto asfáltico y una capa de 30 cm de base granular. Posteriormente, esta capa tendrá que ser demolida para que posteriormente se proceda a la ejecución de las aceras y urbanización de la última etapa.

7 PRESUPUESTOS

Se incluye a continuación la estimación de los costos de inversión totales correspondientes a la Actuación Nº 2. Diseño de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales Nº 2 y 236 (Taras), y la Intersección de las Rutas Nacionales Nº 2 y 10 (Cartago), incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional Nº 2, Sección: Taras - La Lima, en la Provincia de Cartago.

Estos costos se componen de la suma de los costos de ejecución, impuestos indirectos incluidos (costes de administración, imprevistos y utilidad), los costos de mitigación ambiental y los costos de expropiaciones.

Total de costos de ejecución de las obras	\$64.976.419,89
--	------------------------

<i>Total de costos unitarios</i>		<i>\$57.501.256,54</i>
<i>Costos indirectos</i>	<i>13%</i>	<i>\$7.475.163,35</i>
<i>Administración</i>	<i>10%</i>	<i>\$5.750.125,65</i>
<i>Imprevistos</i>	<i>1%</i>	<i>\$575.012,57</i>
<i>Utilidad</i>	<i>2%</i>	<i>\$1.150.025,13</i>

Total de costos de mitigación ambiental	\$124.000,00
--	---------------------

Total de costos de expropiaciones	\$1.465.971,32
--	-----------------------

Total general	\$66.566.391.21,94
----------------------	---------------------------

Tabla 12. Tabla resumen de costos totales de inversión. Fuente: IDOM-DEHC.

De acuerdo con lo indicado en la tabla anterior, el coste total general asciende a **SESENTA Y SEIS MILLONES QUINIENTOS SESENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y UN DÓLARES AMERICANOS CON VEINTIÚN CENTÉSIMAS (66.566.391.21,94 USD).**

7.1 Presupuesto con pavimento rígido

Se incluye a continuación el presupuesto de ejecución resultante de selección como alternativa de pavimento una solución mediante concreto armado. Como se indica y desarrolla en la Memoria de Pavimentos incluida en el presente estudio, esta solución supone unos costos de inversión superiores a los de la solución mediante pavimento semirrígido, solución elegida como óptima para las características del presente estudio.

Total de costos de ejecución de las obras	\$69.636.251,68
--	------------------------

<i>Total de costos unitarios</i>		\$61.625.001,49
<i>Costos indirectos</i>	13%	\$8.011.250,19
<i>Administración</i>	10%	\$6.162.500,15
<i>Imprevistos</i>	1%	\$616.250,01
<i>Utilidad</i>	2%	\$1.232.500,03

Total de costos de mitigación ambiental	\$124.000,00
--	---------------------

Total de costos de expropiaciones	\$1.465.971,32
--	-----------------------

Total general	\$71.226.223,00
----------------------	------------------------

Tabla 13. Tabla resumen de costos totales de inversión con solución de pavimento rígido. Fuente: IDOM-DEHC.

De acuerdo con lo indicado en la tabla anterior, el coste total general asciende a **SETENTA Y UN MILLONES DOSCIENTOS VEINTISÉIS MIL DOSCIENTOS VEINTITRÉS DÓLARES AMERICANOS (71.226.223,00 USD)**.

8 PROGRAMACIÓN DE OBRA

La duración total de los trabajos incluyendo penalización por climatología adversa, se estima en 138 semanas.

Nombre de tarea	Duración normal	Duración penalizada
DURACIÓN TOTAL DE LOS TRABAJOS	120 sem.	138 sem.
TRABAJOS PRELIMINARES	5 sem.	6 sem.
Replanteo de obra y trabajos previos	5 sem.	6 sem.
Despeje y desbroce	5 sem.	6 sem.
FASE 1	21 sem.	25 sem.
MOVIMIENTO DE TIERRAS	8 sem.	10 sem.
Remoción	3 sem.	4 sem.
Rellenos	6 sem.	7 sem.
Excavación y desmonte	5 sem.	6 sem.
PAVIMENTOS	9 sem.	11 sem.
Sub-base granular	5 sem.	6 sem.
Base estabilizada	2 sem.	3 sem.
Carpeta asfáltica	2 sem.	3 sem.
DRENAJE	11 sem.	13 sem.
Drenaje longitudinal	6 sem.	7 sem.
Drenaje transversal	6 sem.	7 sem.
ESTRUCTURAS	14 sem.	17 sem.
Puentes	14 sem.	17 sem.
Trabajos previos	2 sem.	3 sem.
Cimentación	10 sem.	12 sem.
Tablero	6 sem.	7 sem.
Acabados	4 sem.	5 sem.
Muros	10 sem.	12 sem.
FASE 2	61 sem.	71 sem.
MOVIMIENTO DE TIERRAS	20 sem.	23 sem.
Remoción	4 sem.	5 sem.
Rellenos	18 sem.	21 sem.
Excavación y desmonte	16 sem.	19 sem.
PAVIMENTOS	14 sem.	17 sem.
Sub-base granular	9 sem.	11 sem.
Base estabilizada	4 sem.	5 sem.
Carpeta asfáltica	1 sem	2 sem

Nombre de tarea	Duración normal	Duración penalizada
DRENAJE	24 sem.	28 sem.
Drenaje longitudinal	15 sem.	18 sem.
Drenaje transversal	15 sem.	18 sem.
ESTRUCTURAS	45 sem.	52 sem.
Puentes	45 sem.	52 sem.
Trabajos previos	8 sem.	10 sem.
Cimentación	29 sem.	34 sem.
Tablero	28 sem.	33 sem.
Acabados	24 sem.	28 sem.
Paso inferior	16 sem.	19 sem.
Trabajos previos	2 sem.	3 sem.
Cimentación	9 sem.	11 sem.
Puntales	3 sem.	4 sem.
Acabados	4 sem.	5 sem.
Muros	13 sem.	15 sem.
FASE 3	35 sem.	41 sem.
MOVIMIENTO DE TIERRAS	7 sem.	9 sem.
Remoción	3 sem.	4 sem.
Rellenos	6 sem.	7 sem.
Excavación y desmonte	5 sem.	6 sem.
PAVIMENTOS	8 sem.	10 sem.
Sub-base granular	4 sem.	5 sem.
Base estabilizada	2 sem.	3 sem.
Carpeta asfáltica	2 sem.	3 sem.
DRENAJE	10 sem.	12 sem.
Drenaje longitudinal	6 sem.	7 sem.
Drenaje transversal	6 sem.	7 sem.
ESTRUCTURAS	31 sem.	36 sem.
Puentes	31 sem.	36 sem.
Trabajos previos	5 sem.	6 sem.
Cimentación	22 sem.	26 sem.
Tablero	14 sem.	17 sem.
Acabados	13 sem.	15 sem.
Muros	8 sem.	10 sem.
SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS	20 sem.	23 sem.
Señalización vertical	8 sem.	10 sem.
Balizamiento y defensas	8 sem.	10 sem.

Nombre de tarea	Duración normal	Duración penalizada
Señalización horizontal	8 sem.	10 sem.
OBRAS COMPLEMENTARIAS	8 sem.	10 sem.
Iluminación	8 sem.	10 sem.
Integración ambiental	8 sem.	10 sem.
REPOSICIÓN DE SERVICIOS	100 sem.	115 sem.
DESVÍOS Y MANTENIMIENTO DEL TRÁNSITO	120 sem.	138 sem.
MEDIDAS CORRECTORAS MEDIOAMBIENTALES	120 sem.	138 sem.
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	120 sem.	138 sem.
SEGURIDAD Y SALUD	120 sem.	138 sem.
LIMPIEZA Y TERMINACIÓN DE LAS OBRAS	2 sem.	3 sem.

Tabla 14. Duración de actividades con y sin penalización por climatología adversa. Fuente: IDOM-DEHC.

