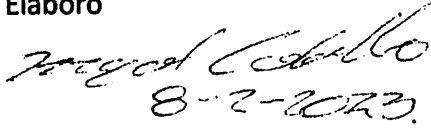
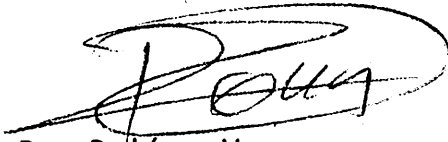




**CONDICIONES DE SERVICIO PROYECTO LA
LIMA DE CARTAGO**

DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

Ficha técnica del documento		
1. N° Informe MOPT-03-05-01 - 0041-2023	2. N° de Expediente	
3. Título CONDICIONES DE SERVICIO PROYECTO LA LIMA DE CARTAGO	4. Fecha del informe febrero de 2023	
5. Institución Ejecutora Dirección General de Ingeniería de Tránsito	6. Instituciones receptoras Despacho Viceministro de Infraestructura	
7. Tipo de Reporte y Periodo de extensión Final. febrero 2023	8. Colaboró Sr. Gallardo Bermúdez A.	
9. Elaboró  8-2-2023. Bach. Miguel Cubillo Espinoza	10. Revisó  Ing. Rony Rodríguez Vargas	
12. Resumen Debido al faltante de recursos para construir el cuarto nivel en el intercambio La Lima se analiza las condiciones de servicio de las rotondas que asumirían dicho volumen, con el fin de sopesar hasta cuándo se mantiene un nivel de servicio "C" y las posibles mejoras de bajo costo.		
13. Palabras Clave Capacidad de Rotondas, La Lima.	14. Nivel de seguridad Público	15. N° de páginas 49

1 Introducción

1.1 Origen del Estudio

Tomando en consideración un correo electrónico emitido por el Ingeniero Cesar Martin Salinas Jiménez, asesor del Despacho del Viceministerio de Infraestructura, en donde solicita llevar a cabo el análisis de eliminar el cuarto nivel Cartago- Tejar en el proyecto de mejora de la intersección La Lima, con el fin de sopesar las condiciones de servicio a lo largo del tiempo. En donde dicho volumen se traslada a las rotondas denominadas como Rotonda La Lima y Rotonda Zona Franca.

Debido a lo anterior, se llevó el análisis de las condiciones de servicio de las intersecciones tipo rotonda con la inclusión del volumen que se pretendía que utilizaría el paso elevado entre el acceso Cartago y Tejar (zona sur).

1.2 Objetivos

A continuación, se detallan los objetivos establecidos para este estudio, tanto general, como específicos:

1.2.1 Objetivo General

Analizar el proyecto de mejora de la zona de La Lima sin el paso elevado (cuarto nivel) entre Cartago y Tejar (zona sur).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Verificar las condiciones de servicio de las intersecciones tipo rotonda, las cuales asumirían el volumen del paso elevado.
- Incluir en el análisis algunos proyectos que pueden influir en dichas condiciones de servicio.
- Llevar a cabo una proyección a 20 años de dicho proyecto, con el fin de ver las condiciones de servicio a lo largo del tiempo.

1.3 Alcance

El análisis se realizará en las intersecciones tipo rotonda, en el siguiente esquema se presenta el proyecto de mejora con el paso elevado.

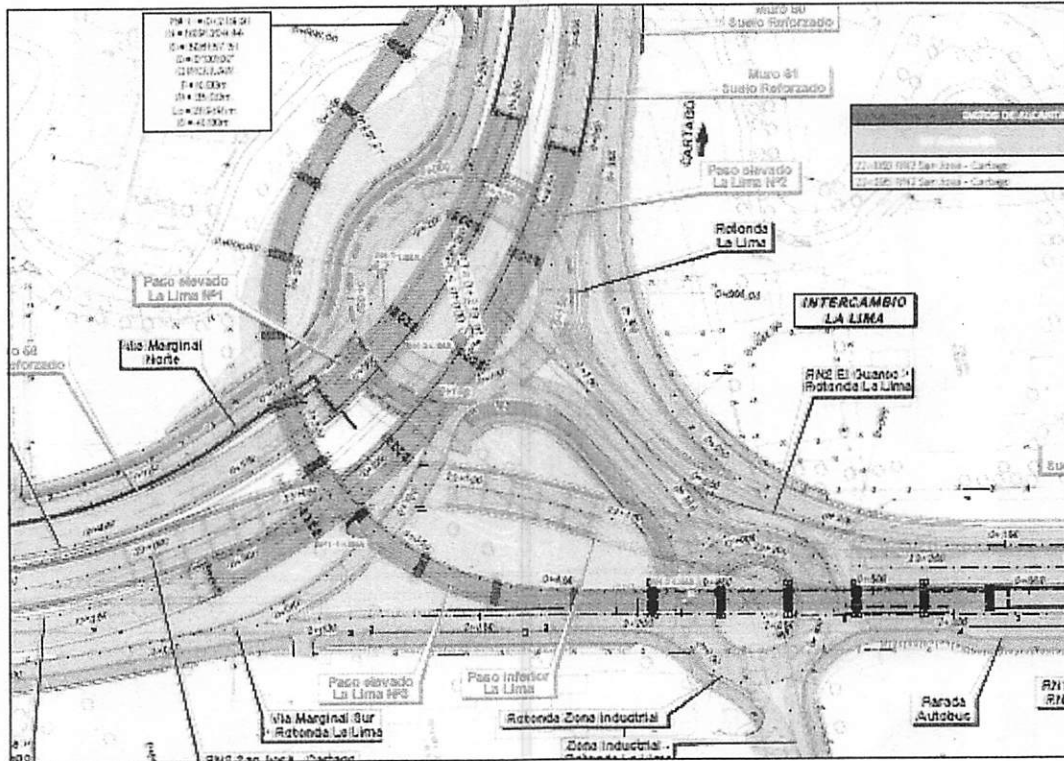


Imagen 1 Delimitación de zona en estudio.
Fuente: Idom-Dehc.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Conceptos que se evaluarán en una intersección:

Demora: Es un parámetro empleado para definir el nivel de servicio en intersecciones. Este factor indica la cantidad de tiempo de viaje perdido asociado a variables como consumo de combustible, frustración e incomodidad de los conductores (Nicholas y Lester, 2005, p. 414).

Nivel de Servicio: El nivel de servicio (NS) es una medida cuantitativa utilizada para clasificar el desempeño tanto de una vía como de un movimiento específico en una intersección.

Relación Volumen/Capacidad: Es la proporción de la capacidad real de una vía que está siendo utilizada, evalúa la geometría de la vía y/o tiempo de ciclo en la intersección cuando es controlada por semáforo. Se recomienda un valor V/C no mayor a 0,90, en caso contrario se considera que la vía está congestionada.

Cola: Una de las principales preocupaciones de los ingenieros de tránsito, son los graves congestionamientos que existen en las carreteras urbanas, en especial durante las horas pico. Estos congestionamientos conducen a la formación de colas en las rampas de entrada y de salida de los caminos de acceso controlado, en las intersecciones señalizadas y sin señalamientos, y en las calles troncales, donde pueden crearse colas en movimiento.

Una cola se forma cuando los arribos esperan un servicio o una oportunidad, como la llegada de una brecha aceptada en un flujo principal de tránsito, el cobro de cuotas en una caseta de cobro o de la tarifa de estacionamiento en un garaje de estacionamiento, etc. (Nicholas y Lester, 2005, p. 207).

Factor de Hora Pico (FHP): Es una medida de la variabilidad de la demanda durante la hora pico. Es el cociente del volumen durante la hora pico, entre la tasa máxima de flujo durante un período de tiempo dado, dentro de la hora pico. Para las intersecciones, el período que se utiliza es de 15 minutos, y el FHP está dado como:

$$FHP = \frac{\text{volumen durante la hora pico}}{4 \times \text{volumen durante el pico de 15 minutos dentro de la hora pico}}$$

El factor de hora pico puede utilizarse en el diseño de intersecciones con Alto y/o Ceda, y en la sincronización del semáforo, para compensar la posibilidad de que las tasas de llegada del pico, para períodos cortos durante la hora pico, puedan ser mucho mayores que el promedio para la hora completa. Entonces el volumen horario de diseño (VHD) puede obtenerse como:

$$VHD = \frac{\text{volumen durante la hora pico}}{FHP}$$

1.5 Limitaciones

La gran limitación que se tiene es que la zona está en el proceso de intervención por lo que no es posible realizar conteos vehiculares ya que con el proceso constructivo hay eliminación de carriles, ruta alterna y reducción de velocidad en la zona, por lo que no serían representativos dichos aforos.

Por lo que se utilizaron conteos realizados en el año 2017 por IDOM-DECH, expuestos en el informe denominado como "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”.

1.6 Metodología

Análisis de capacidad de intersecciones tipo rotonda

Para el análisis de la intersección tipo rotonda se utiliza “Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz.

El método en su primer módulo estima la capacidad de cada acceso de una rotonda, mientras que el segundo módulo estima la demora media total y la longitud de cola media en función del grado de congestión (V/C) obtenido en el primer módulo.

Para poder aplicar el método se requiere de información básica, la cual se debe recolectar en el campo, en donde los datos requeridos son los siguientes:

- Volúmenes por origen y destino de cada uno de los accesos (matriz origen destino).
- Porcentaje de vehículos pesados por acceso.
- Factor de hora pico por cada acceso de la rotonda.
- Geometría de la rotonda (número de carriles, ángulos de entrada, radio central y separación entre salidas y entradas).
- Se requiere de una distribución de los flujos por carril, en donde las más utilizadas son las siguientes:

DISTRIBUCIÓN DEL VOLÚMENES

Nº de Carriles	Izquierdo	Central	Derecho
2	55%	-	45%
3	40%	35%	25%

Fuente: Metodología Ing. Mario Durán Ortiz.

Estas distribuciones se fundamentan en datos obtenidos de varios estudios realizados.

Con la información antes mencionada se desarrolla el método y en combinación con los métodos del HCM 85, permite determinar cuándo es conveniente usar ese tipo de intersección.

Proyecciones de Demanda.

Con el fin de proyectar los volúmenes medidos a lo largo del tiempo, se realiza siguiendo el patrón de crecimiento histórico de los flujos, en este caso en específico se utilizará el porcentaje de crecimiento vehicular anual proporcionado y calculado por el ingeniero German Valverde Gonzales, en el "ESTUDIO FUNCIONAL DE LOS INTERCAMBIOS TARAS Y LA LIMA, PROPUESTA DE INGENIERÍA DE VALOR".

En donde para realizar las proyecciones año a año de los volúmenes se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_f = V_i (1+i)$$

En donde:

V_f = volumen proyectado al año siguiente

V_i = volumen actual

i = porcentaje de crecimiento vehicular.

2 Desarrollo

2.1 Volúmenes en el intercambio La Lima y creación matrices origen-destino

Con el fin de obtener las matrices de las dos intersecciones tipo rotonda se utilizan los aforos realizados en el año 2017 por IDOM-DECH, en la zona del intercambio La Lima se tienen los siguientes datos.

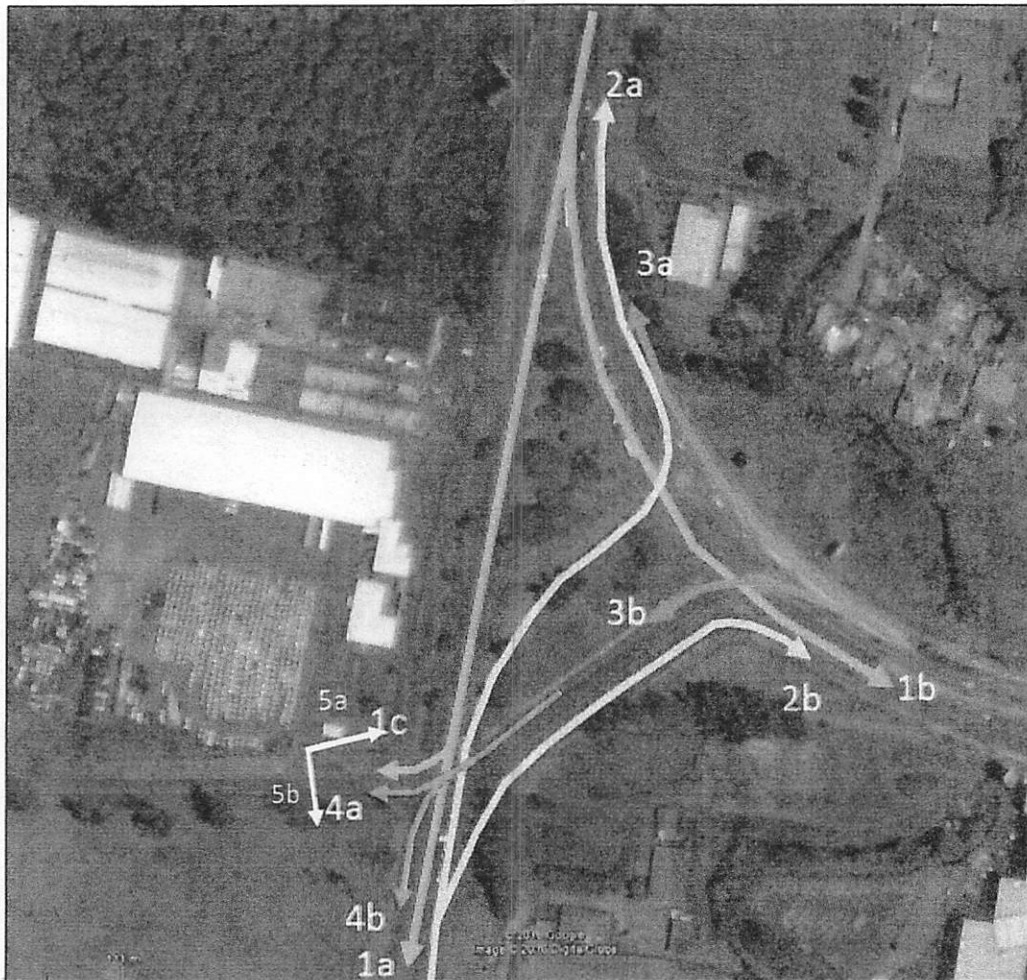


Imagen 2 Identificación de volúmenes en la zona La Lima.
Fuente: Idom-Dehc.

Los recuentos vehiculares se realizaron por tres días en el horario desde las 06:00 a.m. hasta las 08:00 p.m., en donde se utiliza el promedio obtenido, en la siguiente tabla se muestran dichos resultados.

Tabla N° 1 Volúmenes del conteo año 2017

MOVIMIENTO		INTERCAMBIO LA LIMA	
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	MAÑANA	HORA PICO TARDE
1A	San José - Zona Sur	446	453
1B	San José - Cartago	845	1321
1C	San José - Zona Franca	38	27
2A	Zona Sur - San José	318	279
2B	Zona Sur - Cartago	276	426
3A	Cartago - San José	1226	1150
3B	Cartago - Zona Sur	325	300
4A	Cartago - Zona Franca	48	28
4B	Cartago - Zona Sur	277	266
5A	Zona Franca - San José	23	12
5B	Zona Franca - Zona Sur	9	24

Fuente: IDOM-DECH

Con el proyecto de mejora los siguientes movimientos tienen flujo libre por medio de pasos a desnivel o giros derechos canalizados, los cuales no utilizarían las intersecciones tipo rotonda.

Tabla N° 2 Recorridos que no usan rotondas

Movimiento que no utilizan las rotondas	
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1A	San José - Zona Sur
1B	San José - Cartago
2A	Zona Sur - San José
2B	Zona Sur - Cartago
3A	Cartago - San José

Mientras que estos movimientos deben de realizar las maniobras en las rotondas de la zona para los diferentes orígenes y destinos.

Tabla N° 3 Recorridos que usan rotondas

Movimiento que hacen uso de las rotondas	
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1C	San José - Zona Franca
4A	Cartago - Zona Franca
4B	Cartago - Zona Sur *
5A	Zona Franca - San José
5B	Zona Franca - Zona Sur
5C	Zona Franca - Cartago

* Es importante recordar que el movimiento Cartago - Zona Sur era por medio del cuarto nivel.

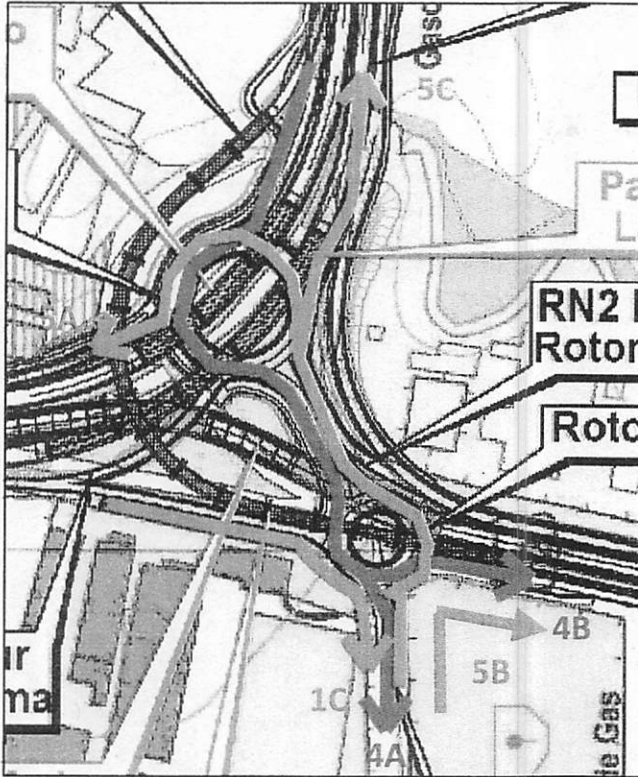


Imagen 3 . Recorridos que hacen uso de rotonda.
Fuente: Creacion propia.

Una vez finalizado el proyecto se elimina el carril central de giros por lo que hay una proporción de vehículos que utilizaran la rotonda La Lima como retorno, en la siguiente imagen se muestra el recorrido que efectúan.

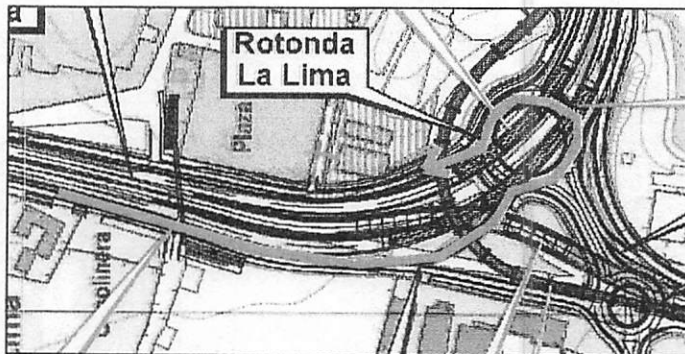


Imagen 4 . Retorno al eliminar carril central de giros.
Fuente: Creacion propia.

Con esas consideraciones se establecen las matrices de origen – destino para las dos rotondas del proyecto, a continuación, se muestran dichas matrices.

Rotonda La Lima

Tomando en cuenta un ajuste realizado por la Dirección de Ingeniería de la Dirección de Diseño Geométrico la intersección tendría la siguiente funcionalidad. La ampliación se muestra en color azul.

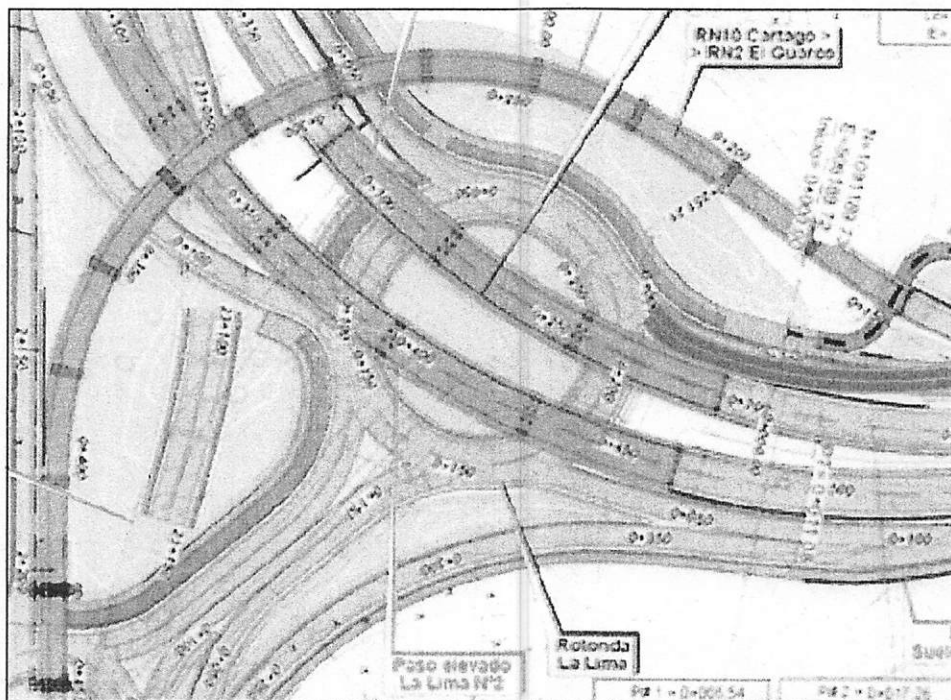


Imagen 5 . Rotonda La Lima con ampliación en acceso Cartago.

Fuente: Dirección de Ingeniería

La rotonda consta de tres brazos o accesos, con dos carriles de circulación.

El acceso San José tiene un carril de ingreso y de salida.

El acceso Zona Franca posee dos carriles de ingreso y salida.

El acceso Cartago tiene un carril de salida y dos de ingreso a la rotonda.

A continuación, se presenta las matrices en las dos horas pico con los volúmenes del año 2017.

Tabla N° 4 Matriz origen / destino La Lima año 2017. A.M.

O/D	Matriz rotonda La Lima			
	Hora pico de la mañana			
	San José	Zona Franca	Cartago	total
San José	100	0	0	100
Zona Franca	5	0	18	23
Cartago	0	325	0	325
total	105	325	18	448

Tabla N° 5 Matriz origen / destino La Lima año 2017.P.M.

O/D	Matriz rotonda La Lima			
	Hora pico de la tarde			
	San José	Zona Franca	Cartago	total
San José	100	0	0	100
Zona Franca	4	0	8	12
Cartago	0	300	0	300
total	104	300	8	412

Rotonda Zona Franca

Tomando en cuenta un ajuste realizado por la Dirección de Ingeniería de la Dirección de Diseño Geométrico la intersección tendría la siguiente funcionalidad. La ampliación a dos carriles se muestra en color morado.

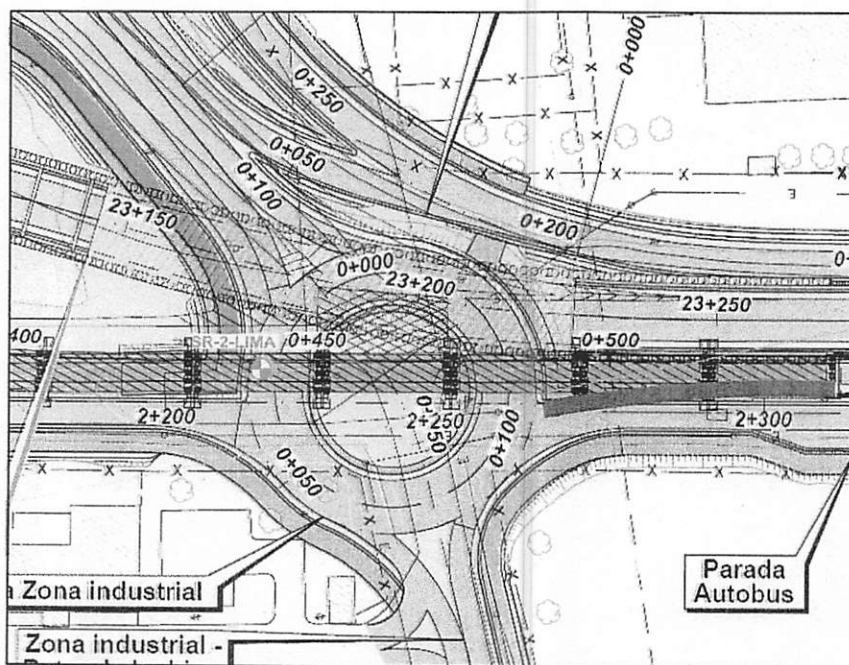


Imagen 6 . Rotonda Zona Franca con ampliación en salida hacia zona sur.
Fuente: Dirección de Ingeniería

La rotonda consta de cuatro brazos o accesos, con dos carriles de circulación.

El acceso San José tiene solo un carril de ingreso a la rotonda.

El acceso Zona Franca posee un carril de ingreso y salida.

El acceso Cartago tiene un carril de salida y dos de ingreso a la rotonda.

El acceso zona sur tiene dos carriles de salida de la rotonda.

A continuación, se presenta las matrices en las dos horas pico con los volúmenes del año 2017.

Tabla N° 6 Matriz origen / destino Zona Franca año 2017. A.M.

Matriz rotonda Zona Franca					
Hora pico de la mañana					
O/D	San José	Zona Franca	Zona sur	Cartago	total
San José	0	38	0	0	38
Zona Franca	0	0	9	23	32
Zona sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	48	277	0	325
total	0	86	286	23	395

Tabla N° 7 Matriz origen / destino Zona Franca año 2017. P.M.

Matriz rotonda Zona Franca					
Hora pico de la tarde					
O/D	San José	Zona Franca	Zona sur	Cartago	total
San José	0	27	0	0	27
Zona Franca	0	0	24	12	36
Zona sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	28	266	0	294
total	0	55	290	12	357

Proyectos que inciden en la zona de La Lima

En los archivos que mantiene el Departamento se constató que la zona está pasando por un auge tanto en comercios, servicios y zonas industriales, por lo que es de suma relevancia tomar en consideración los posibles incrementos de vehículos que conllevan dichos establecimientos.

En la siguiente imagen se ubican los proyectos que inciden el intercambio La Lima.



Imagen 7 . Proyectos cercanos al proyecto La Lima.
Fuente: Creación propia.

Zona franca

Según los archivos que mantiene el Departamento de Estudios y Diseños, en la presentación del anteproyecto denominado como "ANTEPROYECTO LA LIMA FREE ZONE AND BUSINESS", se indica que se generaran los siguientes volúmenes en la zona según la etapa del proyecto.

Tabla N° 8 Generación de viajes por zona franca en periodo de la mañana

Periodo AM Proyecto Base					
Proyecto	Area (m2)	Entrando		Saliendo	
		Vehículos Livianos	Vehículos Pesados	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados
Parque Industrial	230528,3	304	47	122	17
		Tasas Generación			
		0,00131871	0,00020388	0,000529219	7,37437E-05
Calculo de Generacion Proyecto La Lima					
2014	150000	198	31	79	11
2019	305000	402	62	161	22
2024	400000	527	82	212	29

Fuente: Consultores Viales S.A.

Tabla N° 9 Generación de viajes por zona franca en periodo de la tarde

Periodo PM Proyecto Base					
Proyecto	Area (m2)	Entrando		Saliendo	
		Vehículos Livianos	Vehículos Pesados	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados
Parque Industrial	230528,3	79	26	466	14
		Tasas Generación			
		0,000342691	0,000112784	0,002021444	6,07301E-05
Calculo de Generacion Proyecto La Lima					
2014	150000	51	17	303	9
2019	305000	105	34	617	19
2024	400000	137	45	809	24

Fuente: Consultores Viales S.A.

En donde se utilizará la siguiente distribución.

Tabla N° 10 Porcentaje de distribución de los volúmenes de generación.

PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE VOLÚMENES		
	San José	45%
ZONA	Cartago	38%
	Zona Sur	11%
	Calle interna	6%
TOTAL		100%

Bajo esa premisa se tiene que la zona franca genera los siguientes volúmenes para el año 2022.

Tabla N° 11 Distribución de los volúmenes de generación año 2023 Zona Franca

MOVIMIENTO	VOLUMEN GENERADO PARA AÑO 2023	
	HORA PICO	
	A.M.	P.M.
San José – Zona Franca	209	63
Cartago – Zona Franca	177	53
Zona Sur – Zona Franca	51	15
Calle interna – Zona Franca	28	8
Zona Franca – San José	82	286
Zona Franca - Cartago	70	242
Zona Franca – Zona Sur	20	70
Zona Franca – Calle interna	11	38

Se espera que el proyecto se finalice en el año 2024, en donde se tendrían los siguientes datos.

Tabla N° 12 Distribución de los volúmenes de generación año 2024. Zona Franca

MOVIMIENTO	VOLUMEN GENERADO PARA AÑO 2024	
	A.M.	P.M.
San José – Zona Franca	274	82
Cartago – Zona Franca	231	69
Zona Sur – Zona Franca	67	20
Calle interna – Zona Franca	37	11
Zona Franca – San José	108	375
Zona Franca - Cartago	92	317
Zona Franca – Zona Sur	27	92
Zona Franca – Calle interna	14	50

Ferretería EPA

Según los archivos que mantiene el Departamento de Estudios y Diseños, en el Estudio de Impacto Vial y Medidas de Mitigación del proyecto “EPA Cartago”, se indica que se generaran los siguientes volúmenes en la zona.

Tabla N° 13 Generación de viajes por “EPA Cartago” en periodo de la mañana

Hora pico de la mañana – AM			
Proyecto Base	EPA CURRIDABAT	Proyecto	EPA CARTAGO
No. Estacionamientos	240	No. Estacionamientos	243
Volumen entra	30	Volumen entra	30
Volumen sale	17	Volumen sale	17
Tasa entra ⁽¹⁾	0.125	⁽¹⁾ Tasas en veh/h/estacionamiento	
Tasa sale ⁽¹⁾	0.071		

Fuente: Transvial.

Tabla N° 14 Generación de viajes por “EPA Cartago” en periodo de la tarde

Hora pico de la tarde – PM			
Proyecto Base	EPA CURRIDABAT	Proyecto	EPA CARTAGO
No. Estacionamientos	240	No. Estacionamientos	243
Volumen entra	95	Volumen entra	96
Volumen sale	106	Volumen sale	107
Tasa entra ⁽¹⁾	0.396	⁽¹⁾ Tasas en veh/h/estacionamiento	
Tasa sale ⁽¹⁾	0.442		

Fuente: Transvial.

En donde se utilizará la siguiente distribución.

Tabla N° 15 Porcentaje de distribución de los volúmenes de generación "EPA Cartago".

PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE VOLÚMENES			
		entrando	saliendo
ZONA	San José	28%	34%
	Cartago	23%	30%
	Zona Sur	49%	36%
TOTAL		100%	100%

Tabla N° 16 Distribución de los volúmenes de generación año 2023. EPA Cartago

VOLUMEN GENERADO PARA AÑO 2023		
HORA PICO		
MOVIMIENTO	A.M.	P.M.
San José – EPA	8	27
Cartago – EPA	7	23
Zona Sur – EPA	15	47
EPA – San José	6	36
EPA - Cartago	5	32
EPA – Zona Sur	6	38

Hospital de Cartago

Dicho centro médico se ubicará sobre la ruta nacional N° 228, en la zona de Tejar del Guarco, pero una vez realizado el proyecto va a influir en la zona de La Lima, ya que es una de las rutas hacia/desde el hospital y el centro de Cartago.

Según los archivos que mantiene el Departamento de Estudios y Diseños, en el estudio de impacto vial denominado como "Nuevo Hospital Max Peralta de Cartago", se indica que se generaran los siguientes volúmenes en la zona.

Tabla N° 17 Generación de viajes por nuevo Hospital de Cartago

Tasas Atracción-Generación			
Nuevo Hospital Max Peralta de Cartago			
Cantidad Camas			
2149			
Mañana (ES)		Tarde (ES)	
Entran	Salen	Entran	Salen
801	331	246	607

Fuente: Intraca.

Se espera que el proyecto se finalice para el año 2025, en donde solo hay un volumen que pasaría por las intersecciones tipo rotonda, en donde se estima que la cantidad de vehículos que usarían ese recorrido sería de 436 vehículos en la hora pico de la mañana y 50 vehículos en la hora pico de la tarde,

en el sentido Cartago – Hospital, el resto de vehículos utilizarán calles cantonales o la Ruta Nacional N° 228 pasando por Tejar.

El movimiento Hospital - Cartago no ingresa a las rotondas, ya que utilizan una rampa de giro derecho canalizado que conecta la Ruta Nacional N° 2 con la Ruta Nacional N° 10.

2.1.1 Condiciones de Servicio año 2023

Con el fin de analizar las condiciones de servicio se incluirán los volúmenes que se generarán por lo proyectos antes mencionados.

Con respecto a los volúmenes del año 2017 se realizan proyecciones hasta el año 2043, utilizando la tasa de crecimiento calculada por el ingeniero German Valverde Gonzales, en el “ESTUDIO FUNCIONAL DE LOS INTERCAMBIOS TARAS Y LA LIMA, PROPUESTA DE INGENIERÍA DE VALOR”, en donde se estableció mediante el modelo econométrico de demanda calibrado una tasa anual de crecimiento uniforme equivalente del tránsito estimada del 3%.

En donde es una proyección conservadora la cual permite tener un margen de seguridad en caso que se desarrollen nuevos proyectos que incrementen el flujo vehicular en la zona.

Rotonda La Lima año 2023

Para ese año a la matriz de origen/destino se le debe aplicar la tasa de crecimiento desde el año 2018 al 2023 (3% anual) e incluir el volumen generado por la zona franca (segunda etapa) y la ferretería EPA, con el fin de verificar las condiciones de servicio de la intersección tipo rotonda.

Bajo esa premisa se tiene que el matriz origen – destino sería la siguiente.

Tabla N° 18 Matriz origen – destino rotonda La Lima año 2023, a.m.

AÑO 2023 O/D	Matriz rotonda La Lima Pico de la mañana			total
	San José	Zona Franca	Cartago	
San José	119	0	0	119
Zona Franca	94	66	96	256
Cartago	0	572	0	572
total	213	638	96	947

Tabla N° 19 Matriz origen – destino rotonda La Lima año 2023, p.m.

Matriz rotonda La Lima				
Pico de la tarde				
Zona Franca y Ferretería EPA				
AÑO 2023	San José	Zona Franca	Cartago	total
O/D				
San José	119	0	0	119
Zona Franca	327	62	284	673
Cartago	0	434	0	434
total	446	496	284	1226

Utilizando el Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N° 20 Resumen condiciones rotonda La Lima año 2023, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso	
Único	127	0,14	12	12	B
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso	
Izquierdo	164	0,11	7	6	A
Derecho	134	0,09	6		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso	
Izquierdo	342	0,25	7	7	A
Derecho	280	0,19	6		

Tabla N° 21 Resumen condiciones rotonda La Lima año 2023, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
Único	127	0,12	11	11	B
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
Izquierdo	430	0,30	7	7	A
Derecho	352	0,24	7		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
Izquierdo	259	0,23	10	8	A
Derecho	212	0,15	6		

De estos datos se colige que la intersección tipo rotonda ofrece buenas condiciones de servicio y tiene una capacidad remanente para asumir un volumen extra., ya que el parámetro V/C se mantiene en valores muy bajos.

Rotonda La Lima año 2024

Para ese año a la matriz de origen/destino se le debe aplicar la tasa de crecimiento de solo 3% e incluir el volumen generado por la totalidad de la zona franca (etapa final), con el fin de verificar las condiciones de servicio de la intersección tipo rotonda.

Bajo esa premisa se tiene que el matriz origen – destino seria la siguiente.

Tabla N° 22 Matriz origen – destino rotonda La Lima año 2024, a.m.

Matriz rotonda La Lima					
Pico de la mañana					
Zona Franca y Ferretería EPA					
AÑO 2023	O/D	San José	Zona Franca	Cartago	total
	San José	123	0	0	123
	Zona Franca	120	82	118	320
	Cartago	0	626	0	626
	Total	243	708	118	1069

Tabla N° 32 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2023, p.m.

Matriz rotonda Zona Franca					
Pico de la tarde					
O/D	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	total
San José	0	95	0	0	95
Zona Franca	0	0	99	256	355
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	86	318	0	404
total	0	181	417	256	854

Utilizando el Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N° 33 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2023, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
Único	318	0,36	13	13	B
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
Único	160	0,15	0	10	A
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
Izquierdo	388	0,25	6	6	A
Derecho	318	0,21	6		

Tabla N° 34 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2023, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	11	B
Único	119	0,12	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	11	B
Único	444	0,40	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	277	0,18	6	6	A
Derecho	227	0,15	6		

De estos datos se colige que la intersección tipo rotonda ofrece buenas condiciones de servicio y tiene una capacidad remanente para asumir un volumen extra., ya que el parámetro V/C se mantiene en valores muy bajos.

Rotonda Zona Franca año 2024

Para ese año a la matriz de origen/destino se le debe aplicar la tasa de crecimiento de solo 3% e incluir el volumen generado por la totalidad de la zona franca (etapa final), con el fin de verificar las condiciones de servicio de la intersección tipo rotonda.

Bajo esa premisa se tiene que el matriz origen – destino sería la siguiente.

Tabla N° 35 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2024, a.m.

Matriz rotonda Zona Franca					
Pico de la mañana					
O/D	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	total
San José	0	327	0	0	327
Zona Franca	0	0	39	122	161
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	295	341	0	636
total	0	622	380	122	1124

Tabla N° 36 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2024, p.m.

Matriz rotonda Zona Franca					
Pico de la tarde					
O/D	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	total
San José	0	117	0	0	117
Zona Franca	0	0	177	353	530
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	105	327	0	432
total	0	222	504	353	1079

Utilizando el Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N° 37 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2024, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Único	318	0,36	0	13	B
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Único	160	0,15	0	10	A
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	388	0,25	6	6	A
Derecho	318	0,21	6		

Tabla N° 38 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2024, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Único	146	0,15	0	11	B
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Único	663	0,80	0	14	B
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	297	0,19	6	6	A
Derecho	243	0,16	6		

En ese escenario se presentan condiciones muy favorables para los usuarios de la zona.

Rotonda Zona Franca año 2025

Para ese año a la matriz de origen/destino se le debe aplicar la tasa de crecimiento de solo 3% e incluir el volumen generado por el nuevo hospital de Cartago (Max Peralta), con el fin de verificar las condiciones de servicio de la intersección tipo rotonda.

Bajo esa premisa se tiene que el matriz origen – destino sería la siguiente.

Tabla N° 39 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2025, a.m.

O/D	Matriz rotonda Zona Franca Pico de la mañana				total
	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	
San José	0	337	0	0	337
Zona Franca	0	0	40	126	166
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	304	787	0	1091
total	0	641	827	126	1593

Tabla N° 40 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2025, p.m.

O/D	Matriz rotonda Zona Franca Pico de la tarde				total
	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	
San José	0	121	0	0	121
Zona Franca	0	0	182	364	546
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	108	387	0	495
total	0	229	569	364	1162

Utilizando el Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N° 41 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2025, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	42	E
Único	421	0,84	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	14	B
Único	207	0,31	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			8	8	A
Izquierdo	750	0,49	8		
			7		
Derecho	614	0,40	7		

Tabla N° 42 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2025, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	11	B
Único	151	0,16	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	16	B
Único	682	0,66	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			6	6	A
Izquierdo	340	0,22	6		
			6		
Derecho	279	0,18	6		

A partir de este año se ve un incremento en el parámetro V/C pasando de 0.84 en la hora pico de la mañana en el acceso San José, esto debido a la inclusión del volumen que generara en la zona el nuevo hospital en Cartago, bajo esas condiciones ya se requiere de medidas adicionales para tener condiciones de servicio adecuadas.

Zona Franca sin Hospital

Bajo esa premisa se tiene que el matriz origen – destino seria la siguiente.

Tabla N° 43 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2025, a.m. sin generación del Hospital

O/D	Matriz rotonda Zona Franca				total
	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	
San José	0	337	0	0	337
Zona Franca	0	0	40	126	166
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	304	351	0	655
total	0	641	391	126	1157

Tabla N° 44 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2025, p.m. sin generación del Hospital

O/D	Matriz rotonda Zona Franca				total
	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	
San José	0	121	0	0	121
Zona Franca	0	0	182	364	546
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	108	337	0	445
total	0	229	519	364	1112

Utilizando el Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N° 45 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2025 sin proyecto Hospital, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	15	B
Único	421	0,53	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	10	B
Único	207	0,19	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	450	0,29	6	6	A
Derecho	388	0,24	6		

Tabla N° 46 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2025 sin proyecto Hospital, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	11	B
Único	151	0,15	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	14	B
Único	682	0,63	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	306	0,20	6	6	A
Derecho	250	0,16	6		

Sin el volumen generado por el nuevo hospital de Cartago la intersección tipo rotonda presenta muy buenas condiciones de servicio y presenta relaciones V/C bajas por lo que admite un volumen adicional.

Rotonda Zona Franca año 2028 sin Hospital

Bajo esa premisa se tiene que el matriz origen – destino seria la siguiente.

Tabla N° 47 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2028, a.m. sin generación del Hospital

O/D	Matriz rotonda Zona Franca				total
	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	
San José	0	368	0	0	368
Zona Franca	0	0	44	137	181
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	332	383	0	715
total	0	700	427	137	1265

Tabla N° 48 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2028, p.m. sin generación del Hospital

O/D	Matriz rotonda Zona Franca				total
	San José	Zona Franca	Zona Sur	Cartago	
San José	0	132	0	0	132
Zona Franca	0	0	199	397	597
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	118	368	0	486
total	0	250	567	397	1215

Utilizando el Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N° 49 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2028 sin proyecto Hospital, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	18	B
Único	460	0,62	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	10	B
Único	227	0,22	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			7	6	A
Izquierdo	492	0,32	7		
			6		
Derecho	402	0,26	6		

Tabla N° 50 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2028 sin proyecto Hospital, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	11	B
Único	165	0,17	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			0	17	B
Único	746	0,71	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
			6	6	A
Izquierdo	334	0,22	6		
			6		
Derecho	274	0,18	6		

Para este año se acerca la relación V/C a 0,71 en el acceso zona Franca en el periodo de la tarde lo que significa que ya se empieza a sentir un cierto grado de congestión en dicho acceso.

Rotonda Zona Franca año 2033 sin Hospital

Bajo esa premisa se tiene que el matriz origen – destino sería la siguiente.

Tabla N° 51 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2033, a.m. sin generación del Hospital

O/D	Matriz rotonda Zona Franca				total
	San José	Pico de la mañana		Cartago	
		Zona Franca	Zona Sur		
San José	0	427	0	0	427
Zona Franca	0	0	51	159	210
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	385	444	0	829
total	0	811	495	159	1466

Tabla N° 52 Matriz origen – destino rotonda Zona Franca año 2033, p.m. sin generación del Hospital

O/D	Matriz rotonda Zona Franca				total
	San José	Pico de la tarde		Cartago	
		Zona Franca	Zona Sur		
San José	0	153	0	0	153
Zona Franca	0	0	231	461	691
Zona Sur	0	0	0	0	0
Cartago	0	137	427	0	564
total	0	290	658	461	1408

Utilizando el Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N° 53 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2033 sin proyecto Hospital, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
			0	31	D
Único	533	0,81	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
			0	11	B
Único	263	0,27	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
Izquierdo	570	0,37	7	7	A
Derecho	466	0,30	7		

Tabla N° 54 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2033 sin proyecto Hospital, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
			0	12	B
Único	191	0,22	0		
			0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
			0	27	C
Único	864	0,87	0		
			0		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación	Demora	Demora	N.S.
		V/C	(s)	Acceso (s)	
Izquierdo	388	0,25	6	6	A
Derecho	317	0,21	6		

De acuerdo a los resultados anteriores, el periodo pico de la mañana el acceso San José ya presenta condiciones adversas con una relación de V/C de =0, 81, una demora de 31 s. y un nivel de servicio tipo "D". mientras que en el periodo pico de la tarde, el acceso Zona Franca inicia un escenario desfavorable ya que presenta una relación de V/ C de 0,87, una demora de 27 s y un nivel de servicio tipo "C".

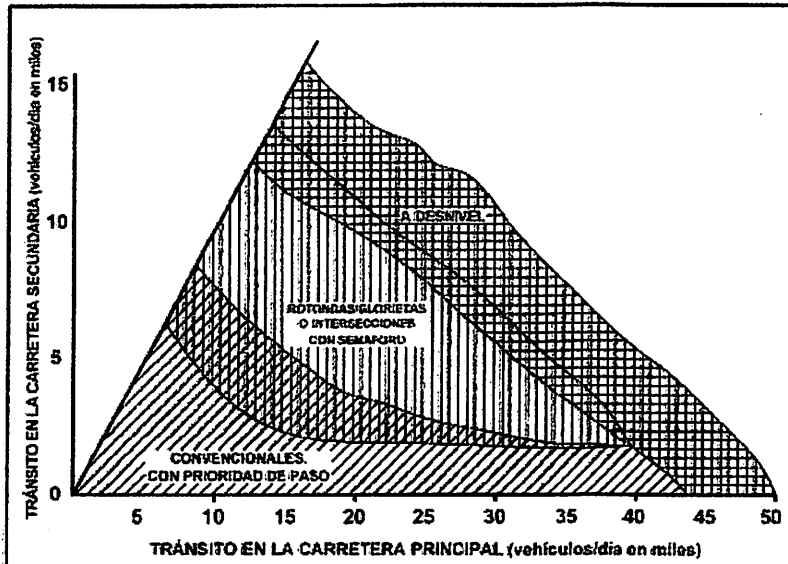
2.2 Situación propuesta según la norma.

La elección del tipo de intersección es clave en el diseño de las carreteras, ya que éstas condicionan ampliamente la capacidad de la red, la seguridad de su funcionamiento y la integración de la carretera en el medio en que se localiza.

Para seleccionar el tipo de intersección, existen aspectos generales a considerar, donde el proceso de estudio podría incorporar las siguientes fases:

- Un estudio del tránsito de vehículos en la intersección, actuales y proyectados, que incluya volúmenes por acceso, movimientos direccionales, distribución horaria y datos en hora pico o punta y composición del tránsito por tipos de vehículos.
- Estudios especiales del movimiento peatonal, donde el caso lo justifique.
- Definición previa de los objetivos de la intersección en relación al funcionamiento de la carretera.
- Definición de objetivos en relación al entorno, en especial lo relativo a la preservación de lugares con atractivos turísticos y la protección del ambiente local.
- Estudio de posibles opciones dentro de parámetros de diseño conciliados con su entorno, tomando en cuenta capacidad, nivel de servicio, costos de construcción y mantenimiento. El elemento costo ha sido determinante para que en las carreteras regionales de Centroamérica muchas intersecciones continúen funcionando como simples intersecciones a nivel, cuando los volúmenes de tránsito y la intensificación de los conflictos son una clara demostración de que hay que utilizar intersecciones canalizadas y, en algunos casos, intersecciones a desnivel o intercambios.

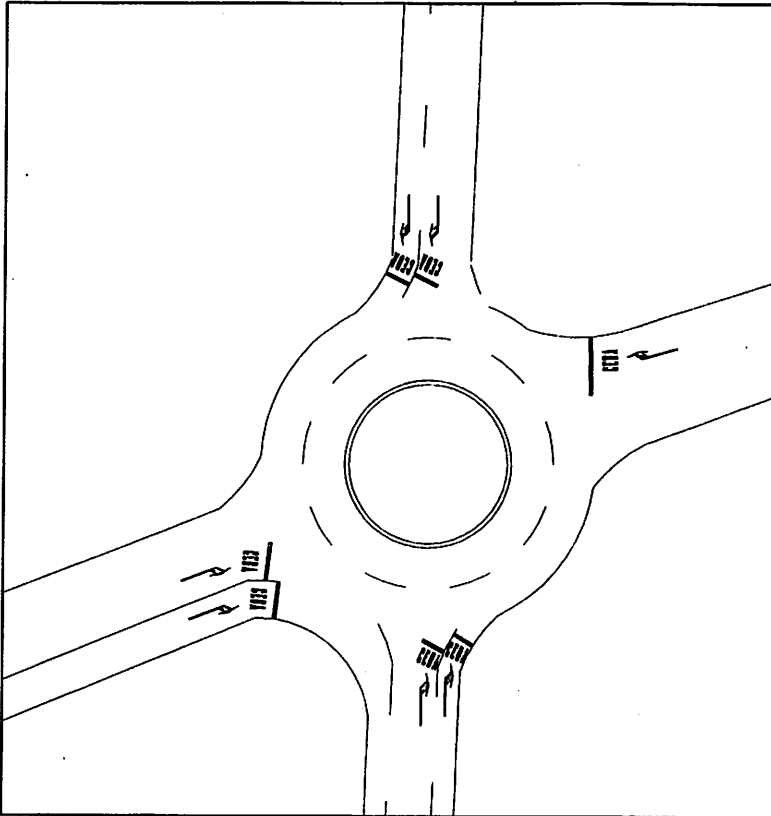
La siguiente figura ilustra en forma simplificada una combinación de soluciones posibles de diseño de las intersecciones, en función de los volúmenes de tránsito, tanto en la vía principal como en la vía secundaria que intercepta a la primera.



El diseño de las intersecciones es sensitivo a condiciones variadas de operación del tránsito y sus dimensiones se relacionan directamente con las características operativas que se desean.

Con respecto a las intersecciones tipo rotonda la metodología del ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz recomienda no utilizar dicha metodología a la hora de calcular la demora de alguno de los accesos en donde la relación de "V/C" sea mayor a 0,8, ya que se presenta una dispersión muy grande, ya que en la metodología las funciones exponenciales utilizadas en los cálculos, tienden hacia el infinito.

Desde el punto de vista de seguridad vial en las intersecciones tipo rotonda se recomienda que haya congruencia entre los carriles en la rotonda y los carriles en los accesos o brazos, con el fin de evitar posibles conflictos, ya que en el caso de salidas con solo un carril hay posibilidades que dos vehículos intenten salir al mismo tiempo, en la siguiente imagen se muestra dicha situación.



Se recomienda adoptar un período de proyección de veinte años como base para el diseño. Usualmente, la estimación del tránsito más allá de este período sobre una vía específica no se justifica debido a que no pueden preverse con ningún grado de precisión los cambios en la economía regional, población y desarrollo de la tierra a lo largo de la carretera. También se acepta que para proyectos de reconstrucción o rehabilitación de las carreteras se reduzca dicho período a 10 años.

Propuesta Rotonda La Lima

Dicho intercambio empieza a tener condiciones adversas a los 20 años (año 2043), en donde el usuario del acceso San José percibe algún grado de congestión, ya que debe esperar aproximadamente 58 s por vehículo para ingresar a la intersección tipo rotonda, debido a los volúmenes opuestos a la maniobra (Cartago- Zona Franca y Cartago – Zona Sur), en donde según la técnica es necesario que para el año 2043 se instaure una infraestructura adicional que elimine uno de los volúmenes opuestos a la maniobra y volver a tener una relación V/C que ofrezca una condición de servicio adecuada.

Bajo esa premisa el cuarto nivel cumple esa función de infraestructura adicional que elimina un cierto volumen a la maniobra y se tendrían las siguientes matrices origen/destino.

Tabla N° 55 Matriz origen – destino rotonda La Lima año 2043, a.m. propuesta 1

Matriz rotonda La Lima paso elevado				
Pico de la mañana				
AÑO 2023	Zona Franca , Ferretería EPA y Hospital			
O/D	San José	Zona Franca	Cartago	total
San José	216	0	0	216
Zona Franca	210	144	207	561
Cartago	0	807	0	807
Total	426	951	207	1584

Tabla N° 56 Matriz origen – destino rotonda La Lima año 2043, p.m. propuesta 1

Matriz rotonda La Lima paso elevado				
Pico de la tarde				
AÑO 2023	Zona Franca , Ferretería EPA y Hospital			
O/D	San José	Zona Franca	Cartago	total
San José	216	0	0	216
Zona Franca	728	117	629	1474
Cartago	0	251	0	251
Total	944	368	629	1942

Utilizando el Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica” desarrollado por el ingeniero Mario Roberto Durán Ortiz, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla N° 57 Resumen condiciones rotonda La Lima año 2043 cuarto nivel, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
			0	13	B
Único	229	0,30	0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
Izquierdo	359	0,26	7	7	A
Derecho	294	0,21	7		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
Izquierdo	482	0,39	9	8	A
Derecho	395	0,28	7		

Tabla N° 58 Resumen condiciones rotonda La Lima año 2043 cuarto nivel, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
			0	9	A
Único	230	0,18	0		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
Izquierdo	943	0,69	13	12	B
Derecho	771	0,55	10		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso	N.S.
Izquierdo	150	0,20	13	10	B
Derecho	123	0,09	7		

Propuesta Rotonda Zona Franca

Dicho intercambio empieza a tener condiciones adversas al año 2025, en donde el usuario del acceso San José percibe algún grado de congestión, ya que debe esperar aproximadamente 42 s por vehículo para ingresar a la intersección tipo rotonda, debido a los volúmenes opuestos a la maniobra (Cartago- Zona Franca y Cartago – Zona Sur), en donde según la técnica es necesario que para el año 2025 se requiere de una infraestructura adicional.

Bajo esas condiciones se analizaron dos propuestas que incrementan la capacidad de dicha intersección.

- Ampliación de accesos San José y Zona Franca.
- Redistribución de flujos San José – Zona Franca y Zona Franca – Zona Sur.

Ampliación de accesos San José y Zona Franca.

La propuesta consiste en ampliar a dos carriles los accesos con el fin de incrementar la capacidad de esos accesos, bajo esa configuración, la intersección a partir del año 2033 ya no cumple con la condición de servicio "C", en el horario de la mañana.

A continuación, se presentan dichas condiciones para el año 2033.

Tabla N° 59 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2033 con ampliación, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	293	0,80	49	31	D
Derecho	240	0,22	10		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	144	0,17	12	11	B
Derecho	118	0,12	10		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	950	0,62	10	10	A
Derecho	777	0,51	9		

Tabla N° 60 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2033 con ampliación, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	105	0,13	13	11	B
Derecho	86	0,06	8		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	475	0,41	10	10	A
Derecho	389	0,31	9		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	431	0,28	6	6	A
Derecho	353	0,23	6		

Por lo que se requiere otra medida que brinde una buena condición de servicio.

Redistribución de flujos San José – Zona Franca y Zona Franca – Zona Sur.

Otra medida paliativa para el año 2033 se recomienda que un porcentaje de los usuarios utilicen rutas alternas y no hacer uso de la intersección tipo rotonda lo que se traduce en reducir los volúmenes identificados como San José - Zona Franca y Zona Franca – Zona Sur, en la siguiente imagen se muestra los recorridos que pueden utilizar los usuarios de la zona franca sin hacer uso de la rotonda.



Imagen 8 . Rutas alternas propuestas.
Fuente: Creación propia.

Si el 50% de los usuarios de San José - Zona Franca y Zona Franca – Zona Sur utilizan las rutas alternas se tendrían las siguientes condiciones en la rotonda para el año 2038.

Tabla N° 61 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2038 redistribución de flujos, a.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	170	0,59	33	23	C
Derecho	139	0,14	10		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	167	0,21	13	12	B
Derecho	137	0,15	11		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1101	0,72	13	11	B
Derecho	901	0,59	10		

Con las dos medidas paliativas en el año 2038 el acceso San José llega al tope deseado de nivel de servicio.

Tabla N° 62 Resumen condiciones rotonda Zona Franca año 2038 redistribución de flujos, p.m.

ACCESO SAN JOSE					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	122	0,17	14	11	B
Derecho	100	0,07	8		
ACCESO ZONA FRANCA					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	551	0,50	12	11	B
Derecho	451	0,37	9		
ACCESO ZONA SUR					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	1	0,00	0	0	n.a.
Derecho	1	0,00	0		
ACCESO CARTAGO					
Carril	Volumen	Relación V/C	Demora (s)	Demora Acceso (s)	N.S.
Izquierdo	500	0,33	7	6	A
Derecho	409	0,27	6		

3 Conclusión

3.1.1 Conclusiones

En el proyecto del intercambio La Lima si no se construye el cuarto nivel, el cual comunica la zona de Cartago con la Zona Sur, dicho volumen de vehículos debe ser asumido por las intersecciones tipo rotondas denominadas como Rotonda La Lima y Rotonda Zona Franca.

En este momento se están desarrollando proyectos que van a generar una afluencia de vehículos por la zona.

La rotonda La Lima con las ampliaciones realizadas por la Dirección de Ingeniería de la Dirección de Diseño Geométrico y según las proyecciones e inclusión de los volúmenes de los proyectos tendría un nivel de servicio tipo "C" hasta el año 2038.

Con respecto a la seguridad vial la rotonda La Lima presenta en los accesos San José y Cartago salidas con un solo carril y la rotonda posee dos carriles lo que se traduce en una zona de concentración de conflictos ya que existe la probabilidad que en los dos carriles de la rotonda dos vehículos pretendan salir por un solo carril del acceso de salida.

En la rotonda Zona Franca la Dirección de Ingeniería de la Dirección de Diseño Geométrico llevo a cabo ampliar la salida hacia la zona sur, pero según las proyecciones y la inclusión de los volúmenes de los proyectos tendría un nivel de servicio tipo "C" hasta el año 2025, ya que los accesos San José y Zona Franca tienen un volumen opuesto que impide el movimiento de ingreso a la rotonda.

A nivel de seguridad vial la rotonda Zona Franca presenta en el acceso San José un solo carril de acceso lo que resta un poco la capacidad y en el acceso Zona Franca hay una salida con un solo carril y la rotonda posee dos carriles lo que se traduce en una zona de concentración de conflictos ya que existe la probabilidad que en los dos carriles de la rotonda dos vehículos pretendan salir por un solo carril del acceso de salida, aunado a lo anterior la rotonda tiene un radio menor por lo que hay probabilidad que algunos vehículos de dimensiones mayores invadan el carril adyacente a la hora de circular por la intersección.

Según la norma para el año 2025 se requiere de una infraestructura adicional y medidas paliativas que otorguen más capacidad a la rotonda y mantener un nivel de servicio "C".

3.1.2 Recomendaciones

Rotonda La Lima

- A partir del año 2038 se requiere iniciar con el proceso de incluir infraestructura adicional en el intercambio (cuarto nivel Cartago – Zona Sur), la cual debe estar en funcionamiento para el año 2043, con el fin de mantener un nivel de servicio satisfactorio para todos los usuarios de la zona.

Rotonda Zona Franca

- Debido a la distribución de los volúmenes que se presentan en la rotonda se requiere que para el año 2025 los accesos San José y Zona Franca posean dos carriles tanto de ingreso y salida para incrementar la capacidad de la intersección y mejorar la seguridad vial.
- Para el año 2033 se requiere una redistribución de flujos en donde se requiere que al menos el 50% de los volúmenes de los movimientos San José – Zona Franca y Zona Franca – Zona Sur se no se realicen en la rotonda sino por rutas alternas. Esta medida es viable hasta el año 2038, cuando se requiere el cuarto nivel.
- Llevar a cabo la rehabilitación de las rutas alternas propuestas para que sean atractivas para el usuario, brindando comodidad y seguridad.

Las medidas recomendadas en ambas rotondas están sujetas a la aparición de nuevos proyectos grandes que incrementen sustancialmente los flujos en la zona.

Bibliografía

Ley N° 6324: Ley de Administración Vial. (24 de mayo de 1979). Diario Oficial La Gaceta. Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2015). Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito. Guatemala: SIECA.

Duran Ortiz M, 1988. Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica.