



Ministerio de Obras Públicas y Transportes

Dirección General de Ingeniería de Tránsito

Análisis Funcional y Optimización Intersección Hipermás Guadalupe

Preparado por:

Ing. Rony Rodríguez Vargas

Jefe Departamento de Estudios y Diseños.

Bach. Miguel Cubillo Espinoza

Técnico Departamento de Estudios y Diseños.

Febrero, 2011

Índice

ÍNDICE.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Objetivo General.....	4
1.3 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Alcance y Limitaciones.....	4
2. Marco Teórico.....	5
2.1 Características de la Ruta.....	5
2.2 Definición Nivel de Servicio.....	5
2.3 Metodología.....	7
2.3.1 Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las Intersecciones tipo rotonda de Costa Rica.....	7
2.3.2 Método para carreteras de dos carriles por sentido...	8
2.3.3 Proyecciones de Demanda.....	10
3. Situación Actual Rotonda de Zapote.....	11
4. Propuesta de Mejoras Rotonda de Zapote.....	14
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	19
Anexos.....	20

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Introducción.

Tomando en cuenta la solicitud de evaluar la viabilidad técnica y funcionalidad de implementar algunos pasos a desnivel recomendados por iRAP, como parte del proceso de modernización y agilización del sistema vial, con el fin de mejorar las condiciones viales, seguridad y comodidad a los usuarios de la Ruta de Circunvalación (Ruta Nacional N° 39), la cual en este momento presenta problemas de congestión vial en el sector.

Por lo anterior, y para dar cumplimiento a lo solicitado la Dirección General de Ingeniería de Tránsito (D.G.I.T.), realizó un estudio de tránsito que incluye la evaluación de la intersección semaforizada del Hipermás Guadalupe, en donde se evalúan la implementación de las siguientes medidas de mitigación:

1. Medidas de mitigación a corto plazo:

- Eliminación de la intersección semaforizada e implementarla a tipo rotonda.
- Implementación de un paso inferior en el sentido sur-norte y viceversa.

2. Medidas de mitigación a mediano plazo:

- Implementación de un paso elevado en el sentido este-oeste y viceversa.

Debido a lo anterior se llevaron a cabo estudios de campo y recolección de datos con el fin de determinar la funcionalidad de las propuestas y determinar cuantitativamente las posibles mejoras que gozarían los usuarios de dicha ruta.

1.2 Objetivo General.

El principal objetivo del estudio es analizar y recomendar un nuevo esquema operativo de la intersección Hipermás Guadalupe, para distintos escenarios a lo largo del tiempo.

1.3 Objetivos Específicos.

- Optimizar a lo largo del tiempo la operación de la intersección, para lo cual se logrará:
 - Reducción de longitudes de colas y tiempos de demora.
 - Reducción en el consumo de combustibles.
 - Reducción en los tiempos de viaje.
- Analizar las diferentes propuestas de solución para finalmente elaborar una propuesta concreta.

1.4 Alcance y Limitaciones.

El presente informe se limitará a realizar el estudio funcional de la intersección y determinar la cantidad de carriles requeridos en el paso a desnivel.

Los análisis se proyectaron a lo largo del tiempo hasta el año 2030, haciendo uso del porcentaje de crecimiento del tráfico.

Cabe destacar que para dicho análisis se utilizará la información suministrada por la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT (% de crecimiento vehicular), remitida mediante oficio MT-2010-504 (Ver anexo A).

2. MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.

El presente capítulo incluye una descripción de la metodología utilizada para determinar los niveles de servicio para cada uno de los escenarios analizados.

2.1 Características de la Ruta.

Por sus características funcionales y de conectividad, la Ruta de Circunvalación se puede definir como una autopista urbana. De conformidad con el "Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales Segunda Edición, SIECA 2004", estas carreteras tienen las siguientes características:

"Las autopistas urbanas son capaces de soportar elevados volúmenes de tránsito. Estas autopistas pueden llegar a contar con un sinnúmero de carriles de circulación, aunque la solución más frecuente consta de dos y tres carriles en una sola dirección. La capacidad en autopistas con condiciones ideales de circulación y de condiciones físicas de la vía, es de 2,000 vehículos livianos/automóviles por hora y por carril (vl/h/c)...."

En el tramo en cuestión tiene una pendiente que va desde 3% hasta 6 %.

La composición vehicular está compuesta por 94% de vehículos livianos y 6% vehículos pesados aproximadamente, incluyendo autobuses, vehículos articulados y camiones. Lo anterior de acuerdo a información suministrada por la Dirección de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

2.2 Definición de Nivel de Servicio.

El principal parámetro que se utilizará para determinar la cantidad de carriles requeridos para los pasos a desnivel será el "Nivel de Servicio", por lo que en el presente apartado se realizará una descripción detallada de esa medida de efectividad.

Se debe entender por nivel de servicio como una evaluación del grado de confort del conductor al circular por una carretera. Este parámetro está

Íntimamente relacionado con la composición y la cantidad de vehículos que circulan por la carretera, además con las características geométricas de la vía, como por ejemplo: pendientes, anchos de carril y espaldones.

Cuando se trata de análisis de tránsito interrumpido, el nivel de servicio se asocia a una variable cuantitativa que generalmente es la demora, mientras que para el tránsito ininterrumpido, el nivel de servicio se asocia a la densidad de la carretera.

El nivel de servicio se denota con las primeras seis letras del alfabeto, siendo la letra "A" la que representa las mejores condiciones de fluidez y confort de la carretera o cualquier tipo de infraestructura vial, mientras que con la letra "F" se representan carreteras con malos estándares de funcionamiento vial.

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (Segunda Edición, SIECA 2004), de ahora en adelante "Manual de Normas", describe los niveles de servicio de la siguiente manera:

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
F	Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito.

2.3 Metodología.

El estudio se concentró en las hora pico de la mañana y de la tarde, momentos de máxima demanda y cuando la capacidad de las vías está más comprometida.

Se recolectó información de aforos vehiculares en la intersección identificada de manera de tener la distribución en tiempo, composición y dirección, durante horas de la mañana y la tarde. Información que luego sirvió para determinar los volúmenes de tránsito usados durante el análisis cuantitativo.

Para realizar el análisis de la situación actual y las diferentes alternativas se utilizaron los programas de cómputo "SYNCHRO 7" , "SIMTRAFFIC 7", "HCS+" y " EL METODO PARA ESTIMAR LA CAPACIDAD Y DEMORAS EN LAS INTERSECCIONES TIPO ROTONDA EN COSTA RICA", los cuales alimentados con la información recolectada en campo brindan cuantitativamente las características funcionales de la zona en estudio.

2.3.1 Método para Estimar La Capacidad y Demoras en las intersecciones Tipo Rotonda de Costa Rica.

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

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 VOLUMENES			
N° de Carriles	Izquierdo	Central	Derecho
2	55%	-	45%
3	40%	35%	25%

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.

2.3.2 Método para carreteras de dos carriles por sentido.

Para el análisis de dos carriles por sentido de circulación, se utilizará directamente el "Highway Capacity Software" en su versión 2000 (HCS-2000), el cual automatiza la metodología del "Highway Capacity Manual".

En el caso de los pasos a desnivel (dos carriles por sentido de circulación), el "Manual de Normas" no establece explícitamente el procedimiento para analizar carreteras con dos o más carriles por sentido; pero sí hace la referencia al "Highway Capacity Manual", por lo que directamente se utilizará el "Highway Capacity Software" para el análisis del presente estudio.

El "software" antes mencionado requiere como datos de entrada la siguiente información:

- **Velocidad de operación máxima libre.**

Corresponde a la velocidad que podría desarrollar un conductor en la ruta si no existieran otros vehículos u obstáculos en la vía.

- **Tipo de medianera.**

Esto está relacionado con una disminución en la velocidad de operación por la inexistencia de barrera central, se estima que esa disminución sería de alrededor de 2,6 km/h.

- **Ancho de carriles y espaldones.**

Corresponde al ancho de carriles y espaldones propuestos.

- **Puntos de acceso a la carretera.**

Se considera una afectación al tránsito libre, implicando una reducción a la velocidad.

- **Volúmenes de circulación.**

Se deben ingresar por sentido de circulación.

- **Factor de hora pico.**

[...] se expresa como la relación que siempre será igual o menor que la unidad, entre la cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora pico y el volumen mayor registrado durante el lapso de quince minutos dentro de dicha hora pico (Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales Segunda Edición, SIECA 2004, pp 2-8, 2-9).

En otras palabras, es un factor que eleva el volumen de la hora pico a condiciones más exigentes que la demanda esperada con el fin de minimizar en alguna medida el efecto de la 30HD.

- **Tipo de terreno.**

Características generales relacionadas con pendientes y radios de giro.

- **Porcentaje de pesados.**

En este caso se deben incluir tanto los camiones como los autobuses.

- **Porcentaje de vehículos recreacionales.**

Tal y como se indicó anteriormente, no se espera un porcentaje significativo de vehículos tipo "camper".

2.3.3 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 el porcentaje de crecimiento vehicular anual es proporcionado por la Unidad de Gestión de Carreteras de la Dirección de Planificación Sectorial.

Para realizar las proyecciones año a año de los volúmenes se utiliza la siguiente fórmula:

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

En donde:

V_f= volumen proyectado al año siguiente

V_i= volumen actual

i= porcentaje de crecimiento vehicular

n= cantidad de años

3. Situación Actual Intersección Hipermás Guadalupe.

La intersección tiene cuatro accesos los cuales son los siguientes:

1. San Pedro
2. Guadalupe
3. Calle Blancos
4. San José

Sobre la Ruta Nacional N° 39 se tienen los accesos San Pedro y Calle Blancos.

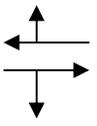
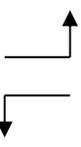
El acceso de Guadalupe pertenece a la Ruta Nacional N° 218.

El acceso San José está sobre la Ruta Nacional N° 108.

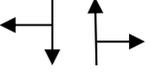
Todos los accesos presentan volúmenes considerables, primordialmente los movimientos directos tienen volúmenes importantes, por lo que en este momento todos los accesos presentan en la hora pico de la tarde demoras y niveles de servicio inadecuados.

La intersección está regulada por medio de un sistema de semáforos, con cuatro fases

El análisis se llevó a cabo con los siguientes tiempos y fases:

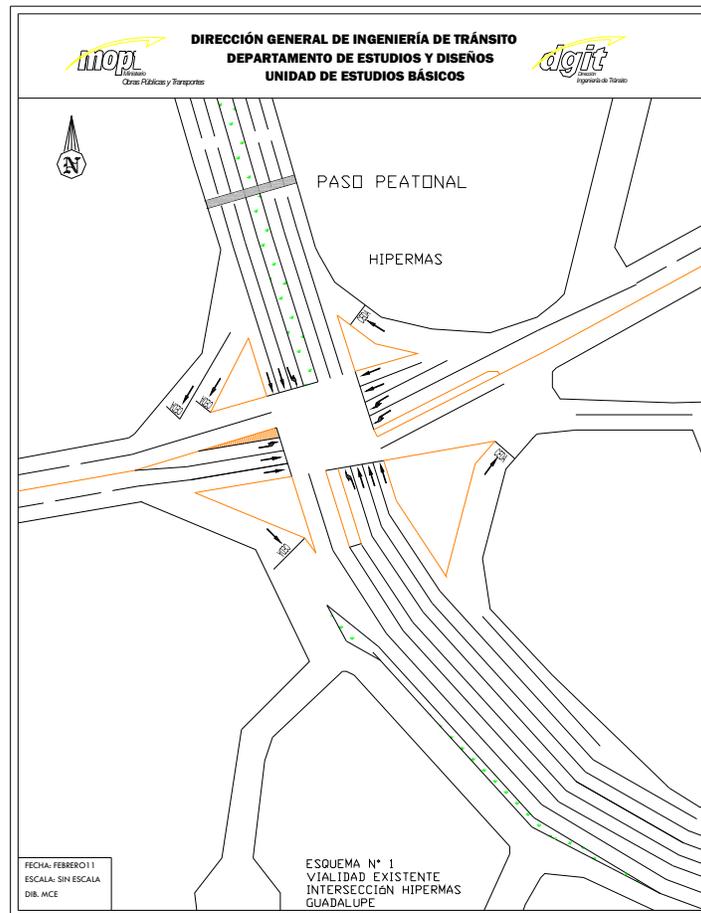
MOVIMIENTO	FASE	TIEMPOS (seg)	
		A.M.	P.M.
E-O E-N O-E O-S		40	38
O-N E-S		25	19

Estudios y Diseños

N-S N-O S-N S-E		36	37
N-E S-O		19	26
Ciclo total (seg.)		120	120

Los tiempos incluyen 3 segundos de Amarillo y 2 segundos de Rojo

En el esquema N° 1 se muestra la funcionalidad que actualmente existe en la zona.



En la siguiente tabla se realiza un resumen de la condición actual de la zona del estudio (ver anexo B: Resumen recuentos vehiculares) :

INTERSECCIÓN HIPERMAS GUADALUPE FUNCIONALIDAD ACTUAL						
ACCESO	PERIODO MATUTINO			PERIODO VESPERTINO		
	V/C Max	DEMORA	NS	V/C Max	DEMORA	NS
SAN JOSÉ	0.82	44.7	E	5.03	1291.1	F
SAN PEDRO	0.92	49.2	E	3.87	885.6	F
GUADALUPE	1.30	98.1	F	2.96	465.7	F
CALLE BLANCOS	1.31	162.7	F	5.21	1329.9	F

De los resultados anteriores se concluye que en general la intersección semaforizada llegó a sus niveles de capacidad máxima, por lo que se presentan tiempos de demora y longitudes de cola considerables en todos los accesos, ya que los volúmenes existentes en la zona exceden sobremanera la capacidad de la vía, en algunos casos llegando a una relación "V/C max" de 5.21.

En la figura n° 1 se muestra la zona cercana a la intersección, en donde se aprecian los rebotes de cola en la zona en estudio.

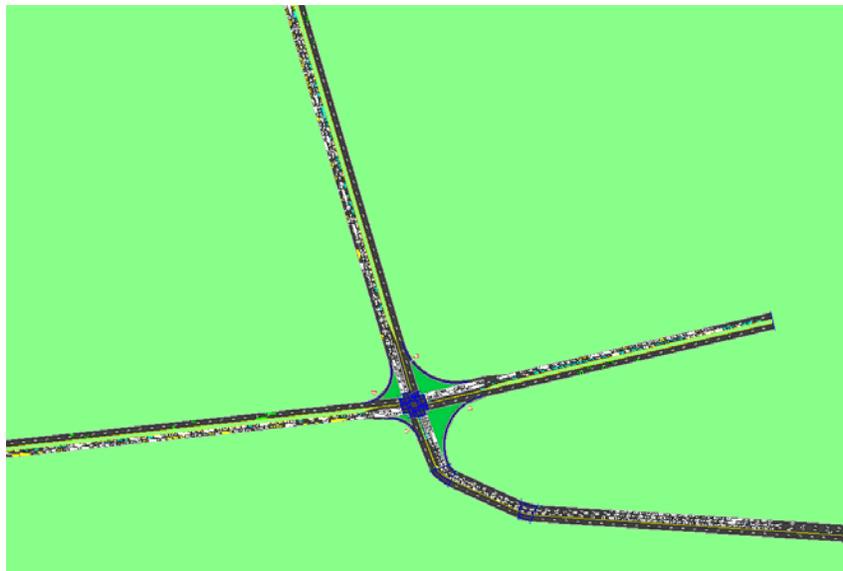


Figura n°1 Rebotes de cola en la zona.

4. Propuesta de Mejoras en la Intersección Hipermás Guadalupe.

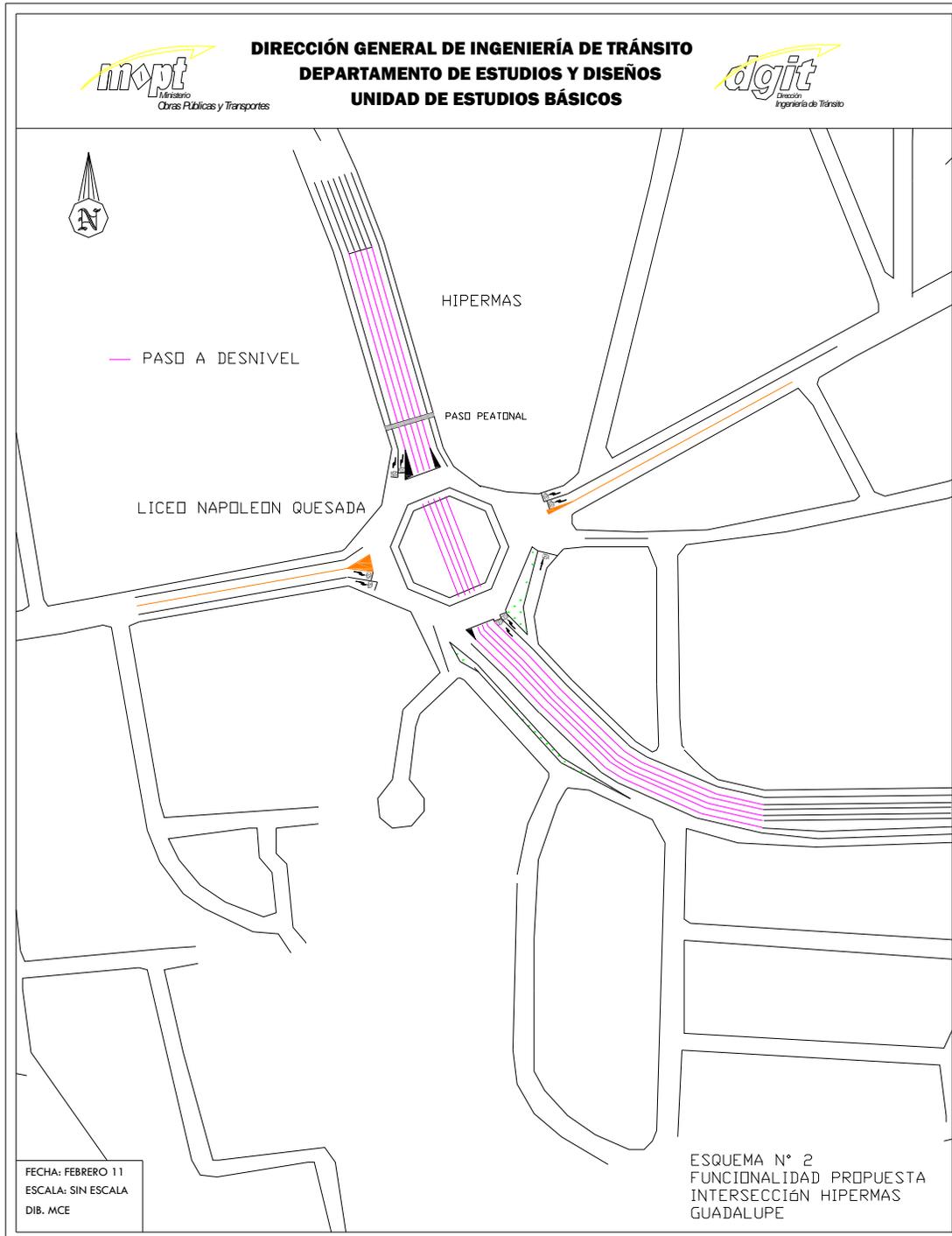
En primera instancia el interés de la administración es ofrecer la continuidad a los vehículos que transitan sobre la Ruta Nacional N° 39 o ruta de circunvalación, en el sentido San Pedro-Calle Blancos y viceversa.

Luego de analizar varias configuraciones o funcionalidades, este Departamento considera la opción más viable es la de implementar un paso inferior en la Ruta Nacional N° 39 y la intersección controlarla por medio de una rotonda, ya que en todos los accesos están autorizados todos los movimientos por lo que un sistema de semáforos de 4 fases se vuelve ineficiente en este caso.

Por lo anterior se propone como medida de mitigación la construcción de un paso a desnivel sobre la Ruta Nacional N° 39, con el fin de disminuir el volumen en ese sentido de circulación y así reducir el volumen opuesto a los otros accesos de la nueva rotonda.

Es importante recalcar que debido a la topografía existente en la zona, en principio el paso sería inferior.

En el esquema N° 2 se muestra la funcionalidad propuesta en la intersección del Hipermás Guadalupe.



El análisis de la intersección tipo rotonda se llevo a cabo a lo largo del tiempo, con el fin de obtener aproximadamente el lapso de tiempo que será útil la medida de mitigación propuesta, la proyección se llevo a cabo con la tasa de crecimiento estimada para la Ruta Nacional N° 39, la cual es remitida mediante el numero de oficio MT-2010-504(Ver anexo A), de La Unidad de Gestión de Carreteras de la Dirección de Planificación Sectorial.

Del mismo modo el paso elevado es analizado a lo largo del tiempo, con el fin de obtener la vida útil y el nivel de servicio que brindará.

En las siguientes tablas se resumen los resultados de los análisis realizados (ver anexo C: matriz origen destino de La Rotonda y proyecciones):

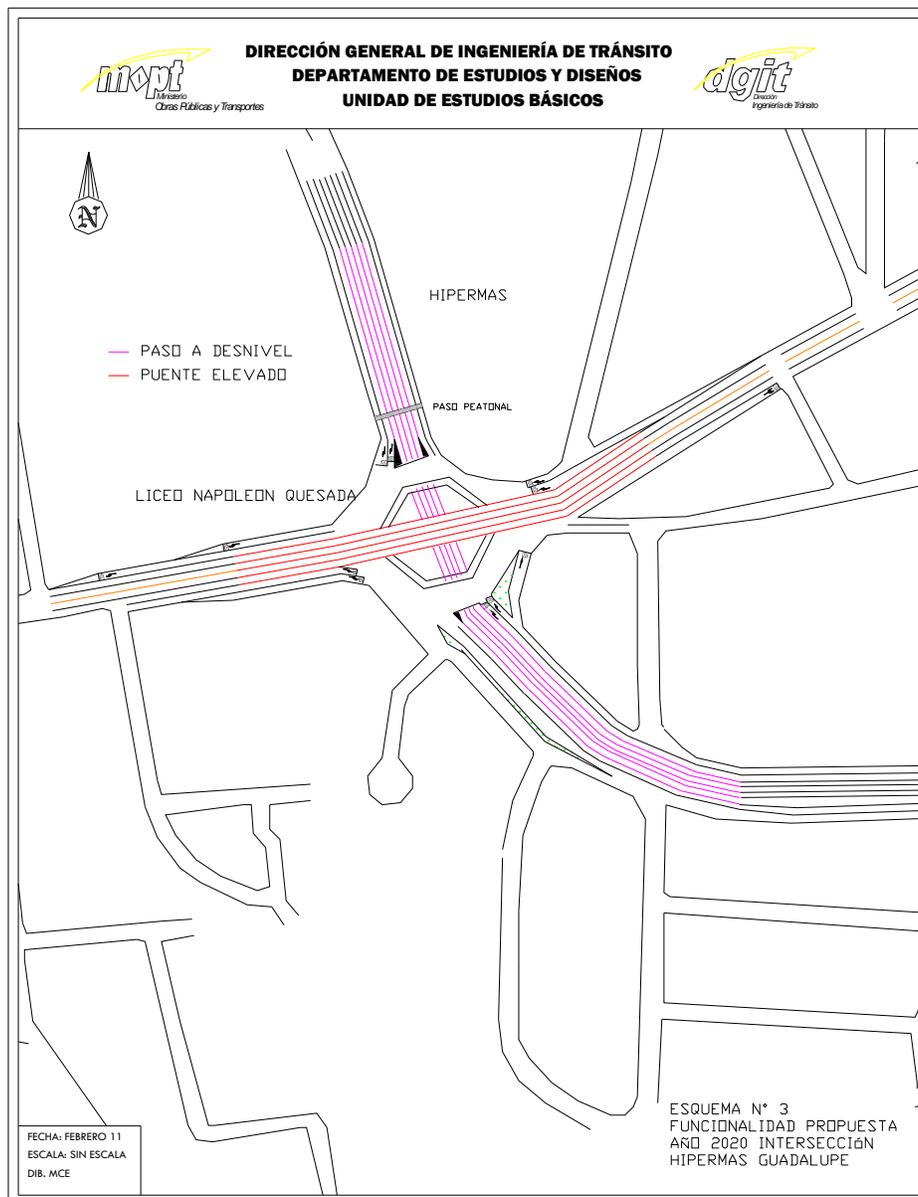
ROTONDA HIPERMAS GUADALUPE FUNCIONALIDAD PROPUESTA												
	ACTUAL CON PASO A DESNIVEL Y ROTONDA						AÑO 2020 CON PASO A DESNIVEL Y ROTONDA					
	PERIODO MATUTINO			PERIODO VESPERTINO			PERIODO MATUTINO			PERIODO VESPERTINO		
ACCESO	V/C Max	DEMORA	NS	V/C Max	DEMORA	NS	V/C Max	DEMORA	NS	V/C Max	DEMORA	NS
SAN JOSE	0.59	13	B	1.0	33	D	0.86	24	C	1.20	175	F
SAN PEDRO	0.27	12	B	0.77	29	C	0.42	14	B	0.91	146	E
GUADALUPE	0.67	12	B	0.63	13	B	0.91	21	C	0.74	20	C
CALLE BLANCOS	0.62	21	C	0.45	15	B	1.09	91	E	0.51	22	C

CONDICIONES DE SERVICIO DE PASO A DESNIVEL DOS CARRILES POR SENTIDO									
ACTUAL					AÑO 2030				
A.M.			P.M.		A.M.		P.M.		
SENTIDO	VOLUMEN	NS	VOLUMEN	NS	VOLUMEN	NS	VOLUMEN	NS	NS
N-S	742	A	921	A	1063	A	1320	B	
S-N	1170	A	1109	A	1677	B	1589	B	

De los resultados obtenidos en las tablas anteriores se concluye que el paso a desnivel viene a mejorar considerablemente todos los movimientos que se realizan en la intersección pero por otro lado de las proyecciones analizadas se desprende que a partir del año 2020 es recomendable implementar otra medida de mitigación adicional, ya que en el sentido San José-Guadalupe y viceversa se mantienen volúmenes grandes, por lo que se aconseja la

implementación de un puente elevado en el sentido de circulación oeste-este y viceversa.

En el esquema N° 3 se muestra la funcionalidad propuesta en la rotonda del Hipermás Guadalupe para el año 2020.



En el sector hay poco espacio por lo que se requiere de expropiaciones importantes en la zona, con el fin de solucionar eficientemente el congestionamiento vial.

En la siguiente tabla se muestran las condiciones de servicio de la rotonda con la implementación del paso elevado entre San José y Guadalupe.

ROTONDA DE HIPERMAS GUADALUPE FUNCIONALIDAD PROPUESTA PARA 2020 EN ADELANTE												
	AÑO 2020 CON PASO INFERIOR Y PASO ELEVADO						AÑO 2030 CON PASO INFERIOR Y PASO ELEVADO					
	PERIODO MATUTINO			PERIODO VESPERTINO			PERIODO MATUTINO			PERIODO VESPERTINO		
ACCESO	V/C Max	DEMORA	NS	V/C Max	DEMORA	NS	V/C Max	DEMORA	NS	V/C Max	DEMORA	NS
SAN JOSE	0.28	12	B	0.36	12	B	0.36	13	B	0.59	16	B
SAN PEDRO	0.21	8	A	0.31	9	A	0.25	9	A	0.44	11	B
GUADALUPE	0.36	9	A	0.37	10	B	0.44	10	B	0.53	12	B
CALLE BLANCOS	0.43	11	B	0.29	11	B	0.54	13	B	0.44	12	B

De los resultados anteriores se concluye que para el año 2020 es fundamental la construcción del paso elevado entre San José – Guadalupe y viceversa, con el fin de mantener los niveles de servicio aceptables en toda la intersección.

Con las medidas recomendadas los movimientos directos de cada uno de los accesos tiene prioridad de paso por lo que se reduce considerablemente los tiempos de viaje.

El paso elevado constaría de dos carriles de circulación en cada sentido.

Muy importante: antes de implementar la medida de mitigación para el año 2020, se debe de analizar los semáforos existentes cerca de la zona, con el fin de evitar longitudes de cola en la cresta del paso elevado y así evitar accidentes por alcance.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Tomando en consideración que el interés de la administración es agilizar y reducir los tiempos de viaje sobre la ruta de circunvalación, por eso lo primordial de este informe es la mejora que se genera con la implementación de un paso a desnivel sobre la ruta de circunvalación.

La mejora se refleja en los movimientos que tienen mayor volumen vehicular en este momento, en este caso se refiere a los movimientos que van desde San Pedro hacia Calle Blancos y viceversa, a medida que se realizaron las proyecciones los accesos San José y San Pedro se van desmejorando sustancialmente.

Con el fin de mantener las condiciones de vialidad aceptables es necesaria para el año 2020 la construcción de un paso elevado en el sentido San José-Guadalupe y viceversa, con el cual se logra mantener los niveles de servicio óptimos a lo largo del tiempo que se llevó a cabo la proyección.

Debido a lo anterior este Departamento recomienda lo siguiente:

- 1) Se insta a las autoridades de este Ministerio la construcción del paso inferior en la rotonda.
- 2) Llevar a cabo la construcción de la rotonda.
- 3) Tener presente que para el año 2020 se debe de implementar el puente elevado en el sentido este-oeste y viceversa
- 4) La medida de mitigación para el año 2020 debe de ir de la mano con el análisis de los semáforos y paso peatonales existentes en la zona.

Anexos

Anexo A: Oficio MT-2010-504.

Anexo B: Resumen recuentos vehiculares.

Anexo C: Matriz origen-destino y proyecciones.