



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ANÁLISIS VIAL DE DOS INTERSECCIONES SIN SEMÁFORO EN ZONA ALEDAÑA A NUEVO TERRAPUERTO DE PIURA

Luis Fernando Díaz Vargas

Piura, 29 de Abril de 2009

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Abril 2009



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA



“Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura”

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Luis Fernando Díaz Vargas

Asesor: Mgtr. Ing. Jorge A. Timaná Rojas

Piura, Abril 2009

“Esta tesis se la dedico primero a Dios y a la Virgen María, por haberme iluminado y por haberme dado la sabiduría y fortaleza para poder realizarla, a mi madre, a mi padre, a mi hermana y a todos aquellos que aportaron un granito de arena para la consecución de este trabajo”

Prólogo

La presente tesis tiene por finalidad proporcionar los análisis de dos intersecciones, que son las más cercanas al nuevo foco de atracción como será el nuevo Proyecto Terminal Terrestre de Piura – alternativa de solución eficaz a los problemas de tráfico en la ciudad de Piura. Estas intersecciones cuentan con datos estadísticos e informes, que servirán para analizar intersecciones con algunas metodologías basadas en la teoría de intersecciones sin semáforo y que se explicarán a lo largo de la tesis.

Se describen los procedimientos, paso a paso, utilizando las metodologías de glorietas (comúnmente denominados óvalos o rotondas) y de doble vía controladas por señales de parada (sus siglas en inglés *TWSC – two way stop control*). Las variables más importantes que se describen en cada análisis son: capacidad y nivel de servicio. Estas variables determinan la situación en que se encuentra cada una de las intersecciones en los escenarios de análisis (años 2010 y 2024) y las medidas correctivas que se pueden adoptar.

También se destacan las figuras, tablas y anexos – entre ellos planos, que relacionan los análisis y la interpretación de los resultados de manera más dinámica y práctica. Las posibles soluciones son sólo propuestas hechas con unas metodologías, no significa necesariamente que se aplicarán a estas intersecciones y sus alrededores, más bien pueden ser usadas como consulta para otro diseño o análisis. Lo más importante de estas medidas es contar con un nivel de servicio en las intersecciones adecuado y eficiente, atenuando así las demoras y brindando a los conductores piuranos seguridad, comodidad y eficiencia.

Agradecimiento especial para mi asesor: Ing. Jorge Timaná Rojas por el material proporcionado, su ayuda y experiencia han sido fundamentales para la elaboración de esta tesis.

Resumen

El nuevo proyecto “Terminal Terrestre de Piura”, traerá consigo un impacto vial, sobre todo en 2 intersecciones: avenida Sánchez Cerro con avenida Chulucanas como primer acceso; y avenida Sánchez Cerro con avenida Colectora como el acceso principal al nuevo Terrapuerto de Piura. Para esto, se analizará la infraestructura vial existente en las intersecciones ya mencionadas anteriormente, aplicando y comparando conocimientos sobre capacidad y niveles de servicio en intersecciones sin semáforo. Con datos, informes y conteos, se determinaron flujos vehiculares con teorías y/o metodologías para obtener demoras y niveles de servicio en intersecciones sin semáforo.

Los resultados de los análisis en los escenarios de diseño - año 2010 y año 2024 - en algunos casos condujeron a demoras elevadas, por lo que se propondrán algunas medidas de mitigación; esto debido al gran volumen de tráfico vehicular registrado en la avenida Sánchez Cerro. Se requerirán cambios geométricos para mitigar los conflictos vehiculares, que van desde construir glorietas u óvalos con carriles exclusivos de giro a la derecha hasta implementar pasos a desnivel; siempre teniendo en cuenta las normas y manuales en seguridad vial, tanto nacionales e internacionales.

Índice General

Introducción	01
Capítulo 1 Definición de caminos y Concepto de Nivel de Servicio	
1.1 Estudio de variables	03
1.1.1 El Camino	03
1.1.1.1 Clasificación de caminos	
1.1.1.2 Partes integrantes de un camino	
1.1.1.3 Tipos de concreto	
1.1.1.4 Indicadores: volumen – velocidad – capacidad	
1.1.2 Capacidad	05
1.1.3 Niveles de servicio	06
1.1.4 Infraestructura vial	09
1.2 Intersecciones	09
1.2.1 Definición y tipos de intersecciones	09
1.2.1.1 Clasificación de intersecciones	
1.2.1.2 Estudio de las intersecciones a nivel	
1.2.2 Intersecciones semaforizadas	10
1.2.3 Intersecciones no semaforizadas	11
Capítulo 2 Capacidad y niveles de servicio en intersecciones sin semáforo	
2.1 Análisis de intersecciones	13
Para una intersección de cuatro vías	
Para una intersección tipo T	
2.1.1 Determinación de volúmenes de conflicto	14
2.1.2 Intervalos críticos y tiempos continuos	16
Intervalo crítico	
Tiempo continuo	
2.1.3 Capacidad Potencial	18
2.1.4 Capacidad de movimiento y efectos de movimientos que restringen la capacidad	19
2.1.5 Determinación de capacidad de carriles compartidos	21
Aproximaciones en la calle secundaria	
Aproximaciones en la calle principal	
2.1.6 Demoras y niveles de servicio	22
2.2 Análisis de Glorietas	23

2.2.1 Capacidad	24
2.2.2 Intervalo crítico y tiempo continuo	25
2.2.3 Flujos conflictivos	25
2.2.4 Demoras en glorietas	25

Capítulo 3 Análisis con metodologías aplicadas a intersecciones sin semáforo

3.1 Aspectos generales del proyecto: Terminal terrestre de Piura (TTP).....	27
3.1.1 Introducción	27
3.1.2 Fuentes de Información.....	29
3.1.3 Estimaciones de tránsito	30
3.2 Impacto vial del proyecto	31
Análisis del impacto del tráfico vehicular en el Terminal terrestre	
Evaluación al año 2010	
Evaluación al año 2024, sin mejoras o cambios geométricos	
Evaluación al año 2024, considerando cambios geométricos	
3.2.1 Intersecciones en zona de influencia de influencia del proyecto	
Terminal terrestre de Piura	33
3.2.2 Análisis de intersecciones no semaforizadas en zona de influencia del proyecto Terminal terrestre de Piura	33
3.2.2.1 Metodología <i>Single-lane Roundabout (SR)</i>	33
Datos proyectados	34
Análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas	35
Análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Colectora	40
3.2.2.2 Metodología <i>two – way stop control (TWSC)</i>	41
Análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Colectora	41
Análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas	54
3.3 Resultados del análisis	59

Capítulo 4 Desarrollo de propuestas y medidas correctivas aplicando las normas de seguridad vial

4.1 Problemas y sus posibles alternativas de solución	63
4.2 Propuestas de mitigación de impactos a corto y mediano plazo	65
4.2.1 Tráfico a la derecha en la avenida Sánchez Cerro separado por un camellón o isleta triangular hacia la avenida Colectora	66
4.2.2 Tráfico a la derecha en las avenidas que forman la intersección Sánchez Cerro – Colectora, separados por camellones o isletas triangulares y carriles de giro exclusivo a la derecha	70
4.2.3 Glorietas o rotondas multi-carril	72
4.2.3.1 Intersección Sánchez Cerro – Colectora	72
4.2.3.2 Intersección Sánchez Cerro – Chulucanas	77
4.2.4 Glorietas multi-carril con carriles exclusivos de giro a la derecha.	80
4.3 Normativa de seguridad vial en intersecciones	85

Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones	87
5.2 Recomendaciones	88
5.3 Datos complementarios	90

Referencias bibliográficas

Anexos

Introducción

El tránsito es uno de los factores más importantes en el crecimiento y transformación de un centro urbano y de una región, y es por esto que el punto de vista de la Ingeniería de Tránsito debe ser considerado en toda programación urbanística y en toda planificación de política económica.

Por eso, es de suma importancia reunir toda información necesaria, lo que denominamos una recopilación de datos. Estos datos son precisamente las estadísticas, los informes oficiales, los hechos veraces. No se puede guiar sólo por testimonios de personas, aun si fueran veraces, se requieren de datos estadísticos obtenidos oficialmente, en la ubicación de los accidentes u obtenidos de fuentes de información dignas de crédito.

Teniendo estos datos, se aplican metodologías sobre intersecciones sin semáforo para poder estimar la situación de estos cruces que se van a estudiar ante los diferentes flujos de tráfico a futuro; con el fin de prever planes de corto plazo, que van desde la construcción de un Terminal Terrestre, que permita mitigar en una gran parte el tráfico vehicular en toda la avenida Sánchez Cerro (principal avenida de la ciudad), hasta realizar mejoras geométricas en las intersecciones cercanas al nuevo Terminal Terrestre, como rotondas y pasos a desnivel. Otra solución sería la construcción de la vía de evitamiento, que permitiría a los vehículos pesados de carga no alterar el tráfico interno vehicular de la ciudad.

Estas medidas harán de Piura, una ciudad que brinde a sus conductores comodidad, eficiencia y sobre todo seguridad, que en definitiva se verán reflejadas en una mejor calidad de vida de la población.

Capítulo 1

Definición de caminos y concepto de nivel de servicio

En el presente capítulo se definirán conceptos básicos sobre ingeniería de transporte, que serán fundamentales para poder entender y comprender de mejor manera algunas metodologías y/o análisis en otros capítulos posteriores. No obstante, debemos tener en cuenta dos conceptos importantes: capacidad y nivel de servicio, siendo estas variables las que predominan directamente en los análisis posteriores.

Estudio de variables

El camino

Es la porción de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación camino se incluye también a las calles de la ciudad¹, mientras que la carretera es el camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el MTC, incluyendo derecho de vía².

1.1.1.1 Clasificación de caminos

En el Perú se pueden distinguir varias clasificaciones de tipos de caminos, algunas de las cuáles son:

- Según transitabilidad:

Los caminos pueden ser de tres tipos: camino pavimentado (puede ser un tratamiento superficial o de concreto), camino revestido (camino por el cual se puede transitar todo el tiempo) y camino de tierra (transitable en el tiempo que se mantiene seco).

- Según capacidad:

Se pueden clasificar los caminos en: autopista - camino de cuatro a más carriles), camino de tres carriles, de dos carriles y de un

carril (denominado comúnmente jirón) y la denominada brecha o trocha - camino abierto de tierra, que suele ser un camino auxiliar cuando la carretera principal se encuentra en construcción o mantenimiento. En zonas alejadas de la ciudad, las trochas son utilizadas como vía de acceso a los pueblos más remotos.

1.1.1.2 Partes integrantes de un camino

El camino está compuesto por:

- Superficie de rodamiento: Es aquella porción que se ha acondicionado especialmente para el tránsito de vehículos. Esta superficie es pavimentada.
- Bermas: Son las fajas laterales destinadas a alojar los vehículos que se estacionan, por emergencia, a lo largo de la carretera.
- Cuneta: Drenaje paralelo al eje de la carretera.
- Contra cunetas: Permiten desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.
- Drenaje Transversal: Pueden ser alcantarillas o estructuras mayores, llámese puentes; que permiten que el agua cruce de un lado a otro de la carretera, sin invadir su superficie.

1.1.1.3 Tipos de concreto

Existen dos tipos de concreto que son muy conocidos: concreto asfáltico - es la mezcla de material pétreo (como el aglutinante) y de agregados de graduación controlada, y el concreto hidráulico - es la mezcla de cemento *Pórtland*, grava, arena y agua. Pueden ser reforzados con varillas de fierro.

1.1.1.4 Indicadores

Los estudios de capacidad y nivel de servicio requieren conocer las siguientes características del tránsito³:

- Volumen

Es el número de vehículos que pasa por un punto o perfil de la vía durante un período de tiempo determinado. Para diseñar nuevas vías o realizar obras en una vía existente que lleven a mejorar la capacidad y nivel de servicio, es necesario realizar una acertada predicción de los volúmenes de demanda, su composición y la evolución a lo largo de la vida útil.

El volumen del tránsito puede ser anual, mensual, semanal, diario u horario. A continuación se describirá algunos de estos volúmenes:

- Tránsito Medio Diario Anual (TMDA): Promedio aritmético de los volúmenes diarios de todos los días del año, previsible o existente, en una sección de vía. Da una idea cuantitativa de la importancia de la vía y se utiliza principalmente para estudios de factibilidad económica.
- Volumen Horario de Diseño (VHD): Es el volumen que corresponde a la hora trigésima ordenando los volúmenes horarios de todo un año, en orden de magnitud decreciente. Es el que determina las características a otorgarse al proyecto, en caminos con tránsito importante, para prevenir problemas de congestión y ofrecer al usuario un nivel de servicio aceptable.

o Velocidad

La velocidad de circulación está íntimamente relacionada con el nivel de servicio en una carretera.

Varía mucho de un vehículo a otro e incluso para el mismo vehículo en distintos tramos, por lo que en general se estudian velocidades medias.

Existen distintos tipos de velocidades: velocidad instantánea, media temporal, espacial, etc.

o Densidad

Es el número de vehículos que existen por unidad de longitud sobre una carretera. Se puede obtener por medio de fotografías, pero en general se calcula a partir de los valores de velocidad y volumen medidos.

El valor máximo se obtiene cuando todos los vehículos están en fila sin hueco entre ellos. Para este caso la velocidad será cero ya que resulta imposible que los vehículos se muevan sin golpearse.

Capacidad

La capacidad es la tasa o flujo máximo que puede soportar una vía o calle. No depende sólo de las características geométricas. La capacidad de un camino admite un volumen máximo de trabajo para ser considerado eficiente y es importante conocer ya que es una medida de la capacidad de los caminos.

De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos y/o peatones que pueden pasar por un

punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes.

La capacidad se define para condiciones prevalecientes:

- **Infraestructura vial:** Son las características físicas de la vía o calle (de tránsito continuo o discontinuo, con o sin control de accesos, dividida o no, de dos o más carriles, etc.); el desarrollo de su entorno; las características geométricas (ancho de carriles y acotamientos, obstrucciones laterales, velocidad de proyecto, restricciones para el rebase y características de los alineamientos); y el tipo de terreno donde se aloja la obra.
- **Tránsito:** Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, y a su composición en tipos de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos, según el sistema de clasificación vehicular adoptado.
- **Dispositivos de control:** Hace referencia a los dispositivos para el control del tránsito, tales como semáforos y señales restrictivas (alto, ceda el paso, no estacionarse, sólo vueltas a la izquierda, etc.)

Niveles de servicio

Es la medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Se describe en términos como velocidad, tiempo de recorrido, libertad de maniobra, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

Los factores que afectan el Nivel de Servicio⁴ (NDS, sus siglas en inglés son *LOS, Levels of Service*) son: internos y externo.

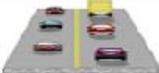
Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

El *Highway Capacity Manual 2000*, estableció seis niveles de servicio: A, B, C, D, E y F, que van del mejor escenario al peor, los cuáles se detallan mejor abajo:

- Nivel de servicio A: Condición de flujo libre con bajos volúmenes de tránsito y altas velocidades. Los conductores tienen poca restricción para maniobrar y pueden mantener la velocidad deseada con poca demora.

- Nivel de servicio B: Las velocidades de operación están un poco restringidas por las condiciones del tránsito. Los conductores mantienen una considerable libertad para maniobrar y mantener la velocidad deseada con poca demora.
- Nivel de servicio C: Volúmenes de tránsito más altos controlan las velocidades y la posibilidad de maniobrar. Los conductores tienen restricciones para cambiar de carril, rebasar y mantener la velocidad deseada. Se producen demoras de bajas magnitudes.
- Nivel de servicio D: La condición de flujo se acerca a la inestabilidad, con velocidades tolerables mantenidas pero afectadas por los cambios operacionales del tránsito. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar. Demoras de magnitudes aceptables.
- Nivel de servicio E: Condición de flujo inestable, con altos volúmenes de tránsito y bajas velocidades. Los conductores tienen muy poca libertad para maniobrar y el flujo puede tener interrupciones momentáneas. Demoras considerables.
- Nivel de servicio F: Condición de flujo congestionado, la velocidad operacional es muy baja causando grandes demoras.

Esto se aprecia mejor en la Figura 1.1 (para el caso solamente de 2 carriles – de manera idéntica a la prolongación de la avenida Sánchez Cerro):

LEVELS OF SERVICE for Two-Lane Highways			
Level of Service	Flow Conditions	Operating Speed (mph)	Technical Descriptions
A		55+	Highest quality of service. Free traffic flow with few restrictions on maneuverability or speed. No delays
B		50	Stable traffic flow. Speed becoming slightly restricted. Low restriction on maneuverability. No delays
C		45	Stable traffic flow, but less freedom to select speed, change lanes or pass. Minimal delays
D		40	Traffic flow becoming unstable. Speeds subject to sudden change. Passing is difficult. Minimal delays
E		35	Unstable traffic flow. Speeds change quickly and maneuverability is low. Significant delays
F			Heavily congested traffic. Demand exceeds capacity and speeds vary greatly. Considerable delays

Source: 2000 HCM, Exhibit 20-2, LOS Criteria for Two-Lane Highways in Class 1

Figura 1.1⁵: Niveles de servicio en carretera de 2 carriles.

La Figura 1.2 esclarece de manera fotográfica cada nivel de servicio. Los valores de los niveles de servicio se muestran en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1: Nivel de servicio y sus respectivas demoras.

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA PROMEDIO (s/veh)
A	0 – 10
B	10 – 15
C	15 – 25
D	25 – 35
E	35 – 50
F	> 50

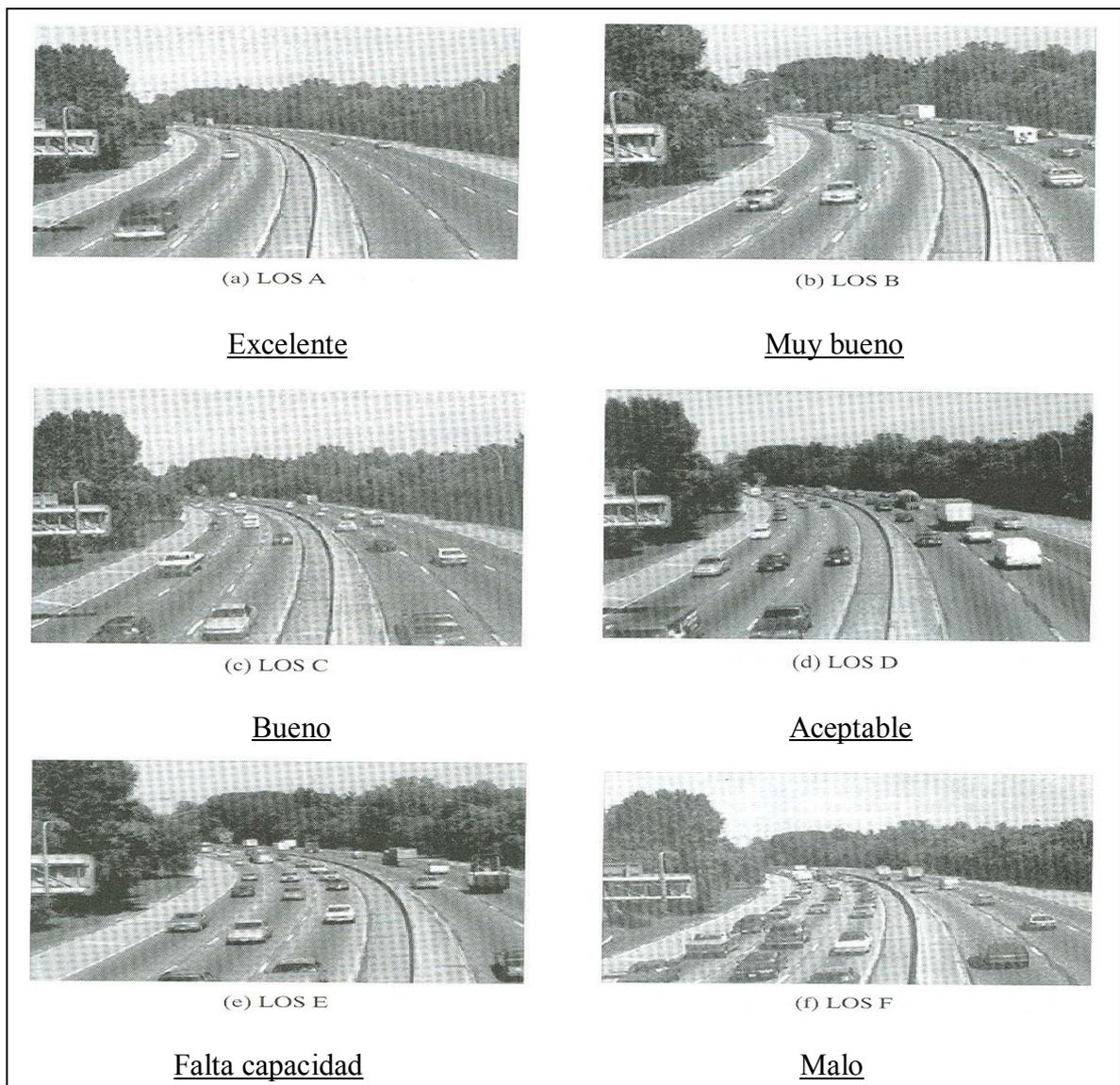


Figura 1.2⁵: Nivel de servicio en autopista o carretera separada por mediana.

Infraestructura vial

Es la que define las características de la circulación desde el punto de vista del flujo. De acuerdo a esto la primera clasificación de las estructuras viales sería:

- Infraestructura con circulación continua: Flujo ininterrumpido.
- Infraestructura con circulación discontinua: Flujo interrumpido.

Intersecciones

Definición y tipos de intersecciones

Se denomina intersección a un área que es compartida por dos o más caminos (dos o más carreteras se encuentran o se cortan y en la que se incluyen las plataformas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles) y cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección de la ruta.

La intersección varía en complejidad desde un simple cruce, con sólo dos caminos que se cruzan entre sí en ángulo recto, hasta intersecciones más complejas (pueden ser intersecciones tipo T, Y, X o estrella).

1.2.1.1 Clasificación de intersecciones

- Desnivel sin rampas

Las intersecciones de desnivel constan de estructuras que distribuyen el tránsito para que cruce a niveles diferentes sin interrupción (distancias verticales).

- Desnivel con rampas

Se conocen comúnmente como distribuidores viales. El potencial de accidentes en las intersecciones a desnivel se reduce, porque eliminan muchos conflictos potenciales entre los flujos que se cruzan.

- Intersecciones a nivel

Las intersecciones a nivel no distribuyen al flujo vehicular a diferentes niveles y, por tanto, se presentan conflictos entre los vehículos que se cruzan. En las intersecciones a nivel distinguimos las siguientes clases:

- Intersecciones Simples: Aquellas en donde la importancia del tránsito no amerita ningún trabajo especial más que el de nivelar el terreno, redondear las esquinas y facilitar la visibilidad, para permitir que los vehículos pasen de un lado a otro.

- Intersecciones Canalizadas: Permiten canalizar el tránsito de manera que al usuario (llámese conductor) no se le presenten varias decisiones a un mismo tiempo. Con señales convenientes (como las denominadas *Two-way Stop Control TWSC*, metodología que se aplicará en los capítulos siguientes), esta clase de intersecciones pueden funcionar en óptimas condiciones sin que al usuario se le presenten situaciones imprevistas, es decir, sin que se le presenten cambios bruscos.
- Intersección Rotatoria: Denominadas comúnmente rotondas o glorieta (en inglés *Roundabouts*), está constituida por un círculo o figura ovalada en la parte central de la intersección (en forma de isleta). Permiten un movimiento circular a su alrededor. Los accesos a esta intersección rotatoria también deberán estar canalizados. Las características físicas se detallan en el siguiente acápite.

1.2.1.2 Estudio de las intersecciones a nivel

Hay varios tipos de intersecciones a nivel, entre los más básicos figuran:

- Tipo T: Conocidos también como de tres vías.
- Cuatro vías o tréboles: Tienen cuatro accesos.
- Intersecciones de vías múltiples: Son las que tienen cinco o más accesos.
- Glorietas: Es una intersección circular que suministra un patrón circular de tránsito, con una reducción apreciable en los puntos de conflicto de cruce. Existen tres tipos de glorieta: de gran tamaño, cuyos diámetros son mayores a 91.44 metros (300 *pies*) lo cual permite un flujo de tránsito de velocidades mayores que 48.28 Km./h (30 *millas/h*); de pequeño tamaño, para volúmenes de tránsito de velocidades bajas a 48.28 Km./h, están constituidas, en su mayoría, sólo por marcas en el pavimento; y los distribuidores viales circulares.

Intersecciones semaforizadas

Los semáforos pueden emplearse para eliminar muchos conflictos, porque se puede asignar el uso de la intersección a diferentes flujos vehiculares en momentos diferentes. Ya que esto conduce a una demora de los vehículos para todos los flujos, es importante que los semáforos se usen sólo cuando sean necesarios. El factor más importante que determina la necesidad de los semáforos en una intersección

específica, es el volumen de tránsito en el acceso a la intersección, aunque otros factores como el volumen de peatones y el historial de accidentes, también pueden tener un papel preponderante.

Los factores a considerarse son⁶:

- Volumen vehicular de ocho horas.
 - Volumen vehicular mínimo.
 - Interrupción del tránsito continuo.
 - Combinación de requisitos.
- Volumen mínimo de peatones.
- Cruce escolar.
- Sistema coordinado de semáforos.
- Historial de accidentes.
- Red carretera.
- Volumen vehicular de cuatro horas.
- Hora Pico.
 - Demora de la hora pico.
 - Volumen de la hora pico.

Intersecciones no semaforizadas

Son aquellas intersecciones que no son controladas por dispositivos electrónicos, por ejemplo los semáforos. La metodología, basada en la teoría del espacio aceptado (*Two-way Stop Control TWSC*), se ha visto mejorada significativamente⁷. Se basa en un modelo en el cual se adiciona todos los caminos controlados con señales de parada y glorietas. En el siguiente capítulo se detalla el análisis de este tipo de intersecciones.

Capítulo 2

Capacidad y niveles de servicio en intersecciones sin semáforo

En este capítulo se explican cada una de las variables que intervienen en las metodologías de análisis; entre estas variables tenemos: volúmenes de conflicto, tiempo continuo, intervalo crítico, capacidad potencial, capacidad de movimientos, carriles compartidos, demoras y niveles de servicio. También se explicará paso a paso la manera de cómo estas variables afectan el comportamiento del tráfico vehicular.

Las figuras muestran los movimientos básicos que se dan en cada intersección correspondiente a la metodología de intersecciones controladas por señales de parada o *two-way stop control (TWSC)* y, en la metodología de glorietas se describirá su geometría típica y la comparación de puntos de conflicto con una intersección común.

Análisis de intersecciones controladas por señales de parada.

El modelo para las intersecciones de doble vía controladas por señales de parada se basa en la teoría del espacio aceptado y una vista basada relativamente de la “prioridad o *rank*” de varios movimientos vehiculares y peatonales en la intersección. La prioridad de movimientos es muy importante, así como los espacios en el flujo de tráfico de la calle principal son buscados para un número de movimientos diferentes.

Muchos de los espacios entre un vehículo y otro – vale decir entre la parte trasera del primer vehículo y la parte delantera del segundo vehículo, deben ser usados por un solo vehículo. Así, si más de un vehículo está esperando por un espacio, la primera llegada a dicho espacio es usado por los vehículos en los movimientos que se tienen mayor prioridad (el mismo caso se da para los peatones – aunque en esta memoria de tesis se considerarán nulos los movimientos peatonales, ya que los conteos no registraron dato alguno de peatones),

En la Figura 2.1, se ilustra la prioridad de los movimientos en una típica intersección de cuatro vías y en una intersección tipo T. Se detallarán las prioridades para cada tipo de intersección:

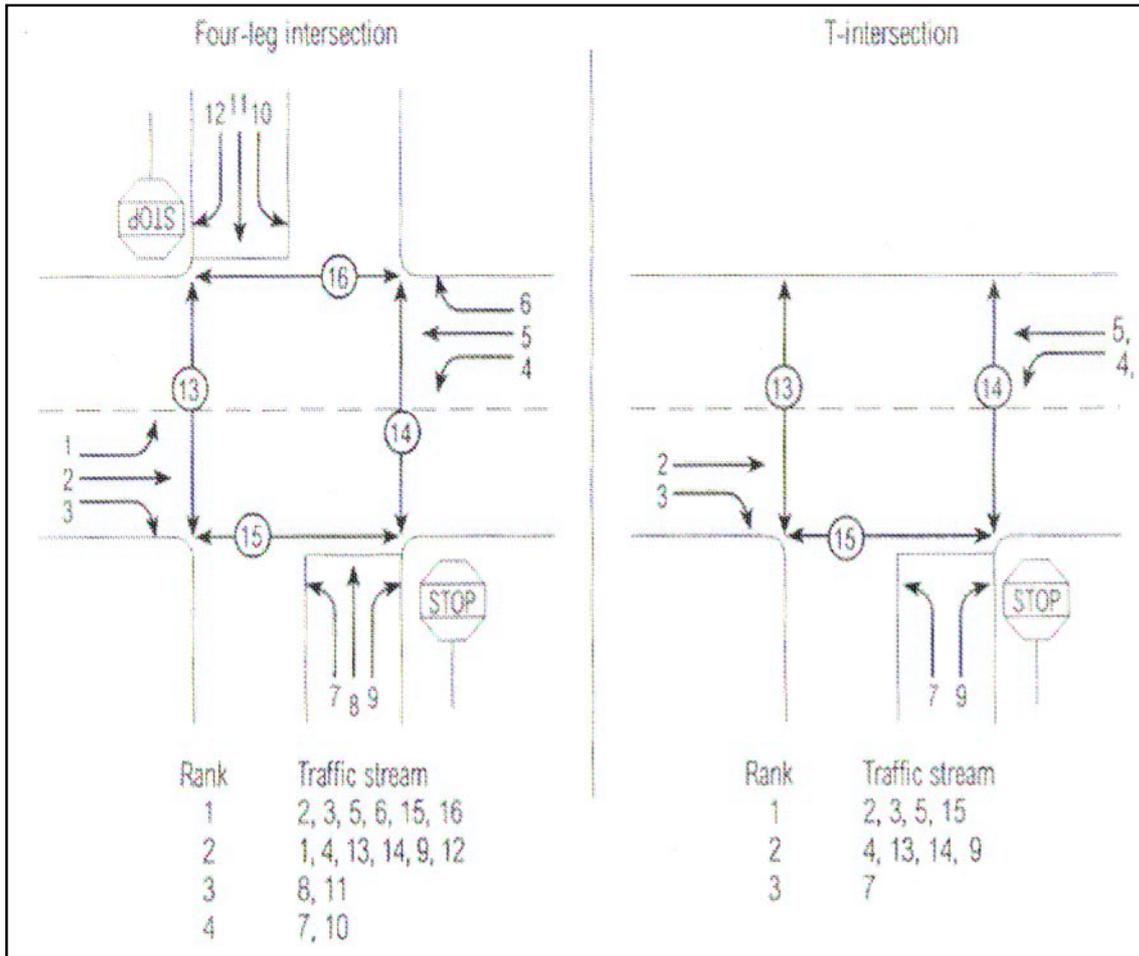


Figura 2.1: Prioridad de movimientos para tipos de intersecciones (izq: intersección para 4 accesos, der: intersección tipo T o de 3 accesos).

- Para una intersección de cuatro vías o carriles.

Las mayores prioridades son los movimientos vehiculares 2, 3, 5, 6 y los movimientos peatonales 15 y 16 (que asumiremos nulos).

- Para una intersección tipo T.

Las mayores prioridades son los movimientos vehiculares 2, 3, 5 y el movimiento peatonal 15 (que se asume nulo).

2.1.1 Determinación de volúmenes de conflicto.

Cada movimiento muestra espacios con los diferentes movimientos conflictivos de tráfico vehicular, éstos se ilustran a continuación⁷:

- Los giros a la izquierda en la calle principal muestran espacios de conflictos: los movimientos con dirección opuesta de frente – $v_{2,5}$, movimientos con giros a la derecha opuestos – $v_{3,6}$ y los movimientos de los peatones que cruzan de lado a lado la calle secundaria – $v_{15,16}$. Esto se visualiza en las Figuras 2.2 y 2.3:

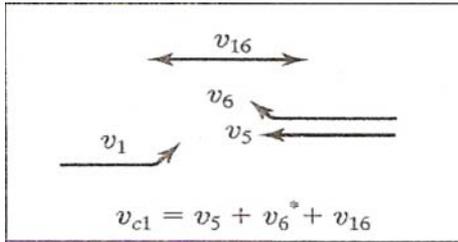


Figura 2.2: Movimiento v_{c1} .
(Fuente: HIGH CAPACITY MANUAL, HCM 2000).

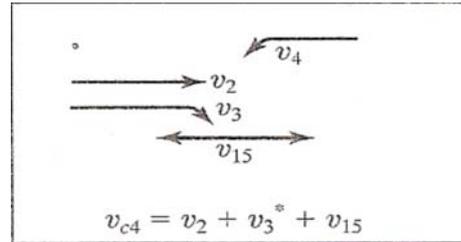


Figura 2.3: Movimiento v_{c4} .

- Los giros a la derecha en la calle secundaria muestran una unión dentro del carril derecho de la calle principal, el cual contiene sentidos de frente – $v_{2,5}$ y giros a la derecha de los vehículos – $v_{3,6}$. Cada giro a la derecha desde la calle secundaria debe cruzar también los 2 senderos peatonales – $v_{13,14,15,16}$ mostrados en las Figuras 2.4 y 2.5:

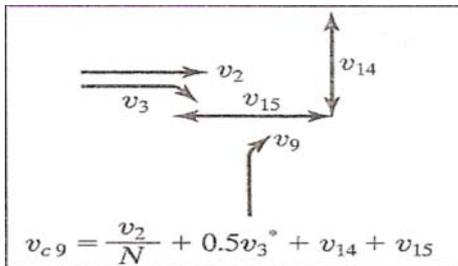


Figura 2.4: Movimiento v_{c9} .

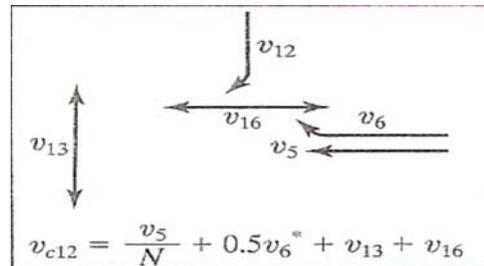


Figura 2.5: Movimiento v_{c12} .

- Los movimientos con sentido de frente desde la calle secundaria deben cruzar todos los flujos vehiculares – $v_{1,2,3,4,5,6,15,16}$ y peatonales de la calle principal, como se muestran en las Figuras 2.6 y 2.7:

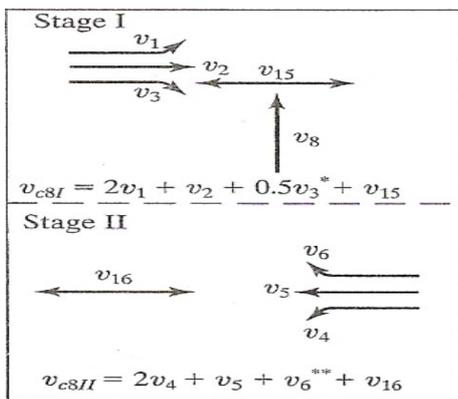


Figura 2.6: Movimiento v_{c8} IyII.

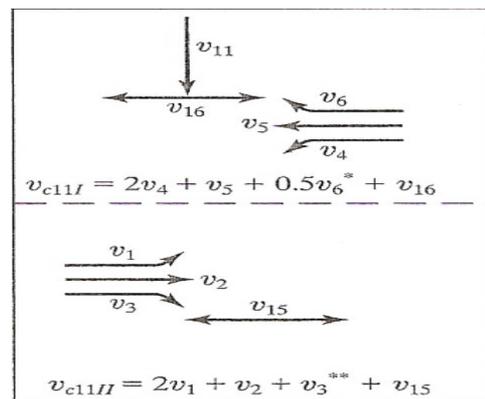


Figura 2.7: Movimiento v_{c11} IyII.

- Los giros a la izquierda en la calle secundaria son bastante peligrosos, no sólo con todos los flujos de tráfico de la calle principal, sino también con cuatro flujos peatonales – $v_{13,14,15,16}$, la oposición de los movimientos de sentido directo de la calle secundaria – $v_{8,11}$ y los movimientos de giro a la derecha – $v_{9,12}$, estos movimientos se aprecian en las Figuras 2.8 y 2.9:

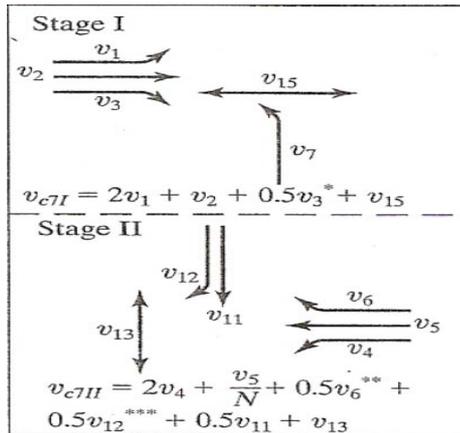


Figura 2.8: Movimiento v_{c7I} y II.

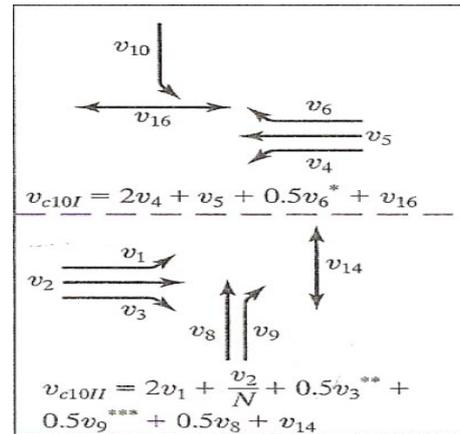


Figura 2.9: Movimiento v_{c10I} y II.

El volumen de conflictos para un movimiento determinado es encontrado por las ecuaciones que se observan en los diagramas precedentes, parte inferior, siendo la constante “N” el número de carriles en una dirección de la vía.

En las Figuras 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9 se aprecian dos fases para un mismo movimiento. La primera fase ocurre cuando al cruzar la calle o avenida encontramos los movimientos conflictivos producidos por el flujo de tráfico en una dirección, antes de cruzar la berma central (por ejemplo, si el flujo vehicular se dirige hacia el Este). Cuando se cruza el flujo de tráfico opuesto (en la otra dirección) al de la primera fase, se está produciendo la segunda fase (siguiendo con el ejemplo anterior, la dirección del flujo vehicular sería hacia el Oeste). Para carreteras sin una berma central, el tráfico de conflicto total es la suma de los volúmenes de conflicto mostrados por ambas fases como se muestran en las Figuras 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9, mencionado anteriormente.

2.1.2 Intervalos críticos y tiempos continuos.

- Intervalo crítico

Un intervalo crítico es la medida de tiempo entre dos vehículos consecutivos moviéndose en la misma dirección del mismo camino. El Manual de Capacidad de Carreteras (*HCM*) define intervalo como: “el tiempo, en segundos, para la parte delantera de un segundo vehículo consecutivo para llegar al punto de partida de la parte delantera del primer vehículo”. En la Figura 2.10⁸ se sintetiza la idea de intervalo.

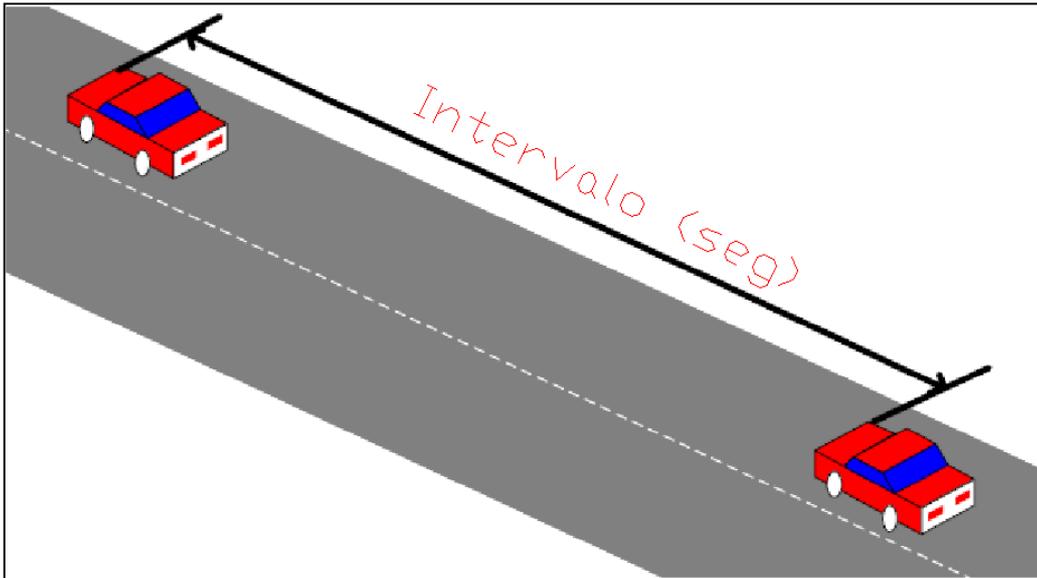


Figura 2.10: Intervalo entre dos vehículos.

El intervalo crítico t_{cx} para un movimiento determinado es definido como el intervalo mínimo promedio aceptado que permite entrada a la intersección para un vehículo de la calle secundaria (o giro a la izquierda desde la calle principal).

- Tiempo continuo

El tiempo continuo t_{fx} para un movimiento determinado es el tiempo mínimo promedio aceptado entre la salida de un vehículo de la calle secundaria y la salida de un segundo vehículo usando el mismo intervalo. El tiempo continuo es calculado sólo bajo condiciones de flujo de cola continuo. Este cálculo es similar a la tasa de flujo de saturación en una intersección señalizada.

Los parámetros t_c y t_f deberían ser afectados por la velocidad del flujo de tráfico mayor (Harders 1976 y Troutbeck 1988)⁹. Esto también hace que los conductores sean influenciados por la dificultad de la maniobra. Lo que más dificulta una maniobra son los parámetros de intervalo crítico y tiempo continuo.

Los intervalos críticos y tiempos continuos bases deben ser ajustados a un recálculo para un número de condiciones, incluyendo la presencia de vehículos pesados (se explicará en el cap. 3, pág. 48), pendiente y la existencia de la aceptada segunda fase (esto se explicó al final del acápite 2.1.1). Estos valores son computados como:

$$t_{cx} = t_{cb} + t_{cHV} \cdot P_{HV} + t_{cG} \cdot G - t_{cT} - t_{3LT} \quad \text{Ec. 2.1}$$

$$t_{fx} = t_{fb} + t_{fHV} \cdot P_{HV} \quad \text{Ec. 2.2}$$

donde:

t_{cx}	= intervalo crítico para cada movimiento x (para cada flujo de conflicto descrito en las Figuras 2.2 – 2.9), s.
t_{cb}	= intervalo crítico base, obtenido del Anexo A.2, s.
t_{cHV}	= factor de ajuste para vehículos pesados, s.
P_{HV}	= proporción de vehículos pesados.
t_{cG}	= factor de ajuste para pendiente, s.
G	= pendiente, decimal o porcentaje/100.
t_{cT}	= factor de ajuste para “intervalo aceptado en 2 etapas o fases”, s.
t_{3LT}	= factor de ajuste por geometría de la intersección, s.
t_{fx}	= tiempo continuo para movimiento x, s.
t_{fb}	= tiempo continuo base, obtenido del Anexo A.2, s.
t_{fHV}	= factor de ajuste para vehículos pesados, s.

2.1.3 Capacidad potencial.

El concepto de capacidad potencial asume que todos los espacios disponibles son usados por los movimientos vehiculares actuantes (en los cuales hay una gran prioridad de movimientos vehiculares y peatonales esperando usar uno de estos espacios). La capacidad potencial es estimada usando modelos de espacio aceptado. Esto también asume que cada movimiento opera fuera de un carril exclusivo.

La capacidad potencial, según el modelo de intervalo aceptado, para un movimiento determinado es calculada con la siguiente expresión:

$$c_{px} = v_{cx} \cdot \left[\frac{e^{-\left(\frac{v_{cx} \cdot t_{cx}}{3600}\right)}}{1 - e^{-\left(\frac{v_{cx} \cdot t_{fx}}{3600}\right)}} \right] \quad \text{Ec. 2.3}$$

donde:

c_{px}	= capacidad potencial de movimiento x, veh/h.
v_{cx}	= tasa de flujo de conflicto para un movimiento x, veh/h.
t_{cx}	= intervalo crítico para cada movimiento x, s.
t_{fx}	= tiempo continuo para movimiento x, s.

La capacidad potencial de un movimiento se denota como c_{px} (para un movimiento x) y es definida como la capacidad para un movimiento específico, asumiendo las siguientes condiciones de base (*HCM 2000 capítulo 17*):

- Tráfico desde intersecciones cercanas no altera la intersección de estudio.
- Un carril separado es provisto para uso exclusivo de cada movimiento en la calle secundaria.
- Un flujo señalizado cercano a la intersección no afecta los patrones de llegada del tráfico de la calle principal (previo análisis).

- Ningún otro movimiento de jerarquía o *rank* 2, 3 ó 4 impide el movimiento de estudio.

2.1.4 Capacidad de movimiento y efectos de movimiento que restringen la capacidad.

La capacidad de movimiento, c_{px} , de los movimientos de la calle secundaria se observa mejor en las Figuras 2.11 (a y b). Estas figuras muestran la aplicación de la fórmula anterior de la capacidad potencial, tanto para dos carriles como para cuatro carriles (expresada en veh/h).

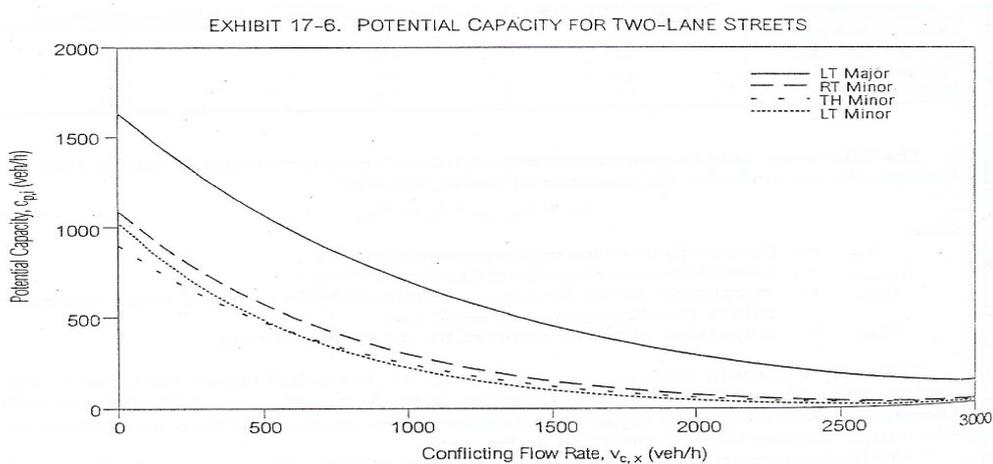


Figura 2.11 a: Flujo de conflicto vs. Capacidad potencial para 2 carriles en calle principal (Fuente: *Highway capacity manual 2000, capítulo 17*)

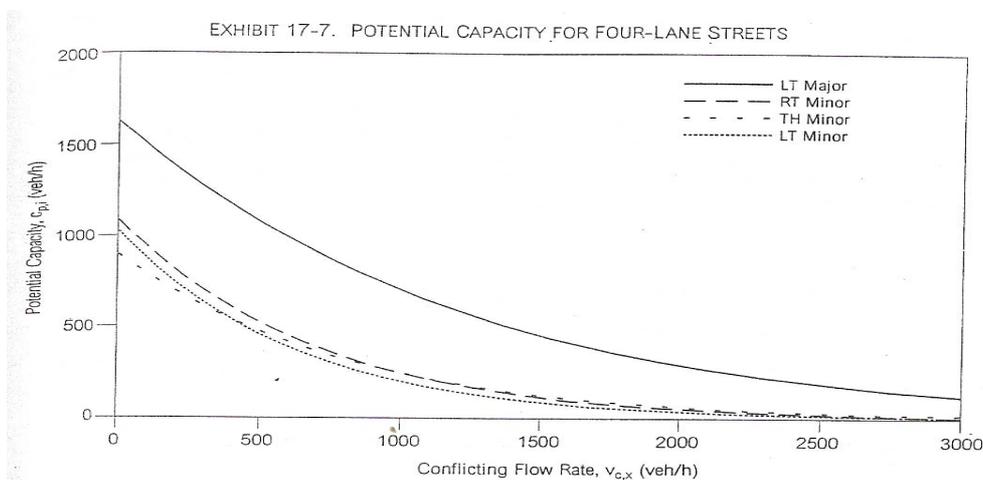


Figura 2.11 b: Flujo de conflicto vs. Capacidad potencial para 4 carriles en calle principal (Fuente: *Highway capacity manual 2000, capítulo 17*)

Los flujos de tráfico de las jerarquías 1 y 2 son asumidos a no tener ningún impedimento producido por algún movimiento de los flujos de la calle secundaria. Esta jerarquía también implica que los flujos de la calle principal no deberían tener demoras altas, ya que tienen prioridad frente a jerarquías como la 3 y 4.

Estos movimientos se ajustan a los movimientos de gran prioridad que deben utilizar algunos de los espacios mostrados por los movimientos de menor prioridad. Las

jerarquías (en inglés se denominan *ranks*) se detallaron en la Figura 2.1 y los derechos de parada y paso se detallan a continuación:

1. La jerarquía 1 debe tener libre derecho de paso frente a las jerarquías 2, 3 y 4. Se denotará como **i**.
2. La jerarquía 2 debe ceder ante la jerarquía 1 y debe tener libre derecho de paso frente a las jerarquías 3 y 4. Se denotará como **j**.
3. La jerarquía 3 debe ceder ante la jerarquía 1 y 2, y debe tener libre derecho de paso frente a la jerarquía 4. Se denotará como **k**.
4. La jerarquía 4 debe ceder ante la jerarquía 1, 2 y 3. Se denotará como **l**.

La capacidad de movimiento de cada flujo de tráfico de la jerarquía 2 es igual a la capacidad potencial dada en la ecuación:

$$C_{mj} = C_{pj} \quad \text{Ec. 2.4}$$

donde:

c_{mj} = capacidad de movimiento x, veh/h.
 c_{pj} = capacidad potencial de movimiento x, veh/h.

La capacidad de movimiento de cada flujo de tráfico de la jerarquía 3 se ve afectada por la magnitud de restricciones devenidos por los flujos de prioridad 1 y 2, especialmente los de giro a la izquierda en la calle principal (movimientos 1 y 4), haciendo que los movimientos de jerarquía 3 tengan que esperar para aceptar un intervalo, de igual magnitud que los de jerarquía 2.

Una probabilidad de que esta situación ocurra significaría una reducción de manera significativa de la capacidad, producto de los giros de la jerarquía 2 en todos los movimientos de la jerarquía 3.

Ante esto, para el análisis, la probabilidad que el tráfico debido al giro a la izquierda en la calle principal (movimientos 1 y 4) se expresa de la siguiente manera:

$$p_{vj} = 1 - \left(\frac{v_j}{c_{m_j}} \right) \quad \text{Ec. 2.5}$$

donde:

p_{vj} = probabilidad que algún movimiento conflictivo de la jerarquía 2 operaría en un estado de cola libre.
 v_j = demanda de flujo real para el impedimento j – de los conteos, veh/h.
 c_{mj} = capacidad de movimiento x, veh/h.

La capacidad de movimiento c_{mk} para todos los movimientos de la jerarquía 3, se calcula multiplicando las probabilidades de los movimientos de la jerarquía superior (j = 2). La capacidad de movimiento para la jerarquía 3 se calcula por la ecuación:

$$c_{mk} = c_{pk} \cdot \prod_j p_{vj} \quad \text{Ec. 2.6}$$

donde:

c_{mk} = capacidad de movimiento de algún movimiento conflictivo de la jerarquía 3.

Para los flujos de jerarquía 4 (giros a la izquierda desde la calle secundaria hacia la calle principal), se deben modificar las restricciones vehiculares, debido a las colas que originan los movimientos de *rank* superior (1, 2 y 3) en la intersección. Los flujos son impedidos por ambos giros a la izquierda de la calle principal y por los movimientos de paso directo de la calle secundaria, el producto de estos impedimentos sobrepuestos se representa en la siguiente ecuación:

$$p' = 0.65 p'' - \frac{p''}{p''+3} + 0.6\sqrt{p''} \quad \text{Ec. 2.7}$$

donde:

p' = factor de ajuste por los efectos impedidos (giros a la izquierda de la calle principal y los movimientos de paso directo de la calle secundaria).

p'' = $p_{v1} \cdot p_{v4} \cdot p_{v8} \cdot p_{v11}$. Producto de las probabilidades de movimientos _{1,4,8,11}

Entonces, la capacidad de movimiento para los giros a la izquierda de la calle secundaria, de jerarquía 4, se denota en la siguiente ecuación:

$$c_{ml} = c_{pl} \cdot \left(p' \cdot \prod_j p_{vj} \right) \quad \text{Ec. 2.8}$$

donde:

c_{ml} = capacidad de movimiento de algún movimiento conflictivo de la jerarquía 4.

c_{pl} = capacidad potencial de movimiento (jerarquía 4).

Los movimientos de la jerarquía 4 ocurrirán solamente en una intersección de 4 accesos. La ecuación sólo es requerida cuando se evalúa en este tipo de intersecciones.

2.1.5 Determinación de capacidad de carriles compartidos.

a) Aproximaciones en la calle secundaria:

Si muchos movimientos comparten el mismo carril y no pueden detenerse a un lado de la línea de parada, es necesario juntar algunos movimientos y reajustar a las nuevas condiciones. Para calcular esta capacidad reajustada de carriles compartidos, se usa la siguiente ecuación:

$$C_{SH} = \frac{\sum v_y}{\sum \left(\frac{v_y}{c_{my}} \right)} \quad \text{Ec. 2.9}$$

donde:

- c_{SH} = capacidad de carril compartido, veh/h.
- v_y = radio de flujo, movimiento “y”, compartiendo carril con otros flujos secundarios.
- c_{my} = capacidad de movimiento de movimiento “y”, compartiendo carril con otros flujos secundarios.

b) Aproximaciones en la calle principal:

Cuando no existe un carril de giro exclusivo a la izquierda, los demás movimientos de tráfico de la calle principal podrían conllevar a demoras por los vehículos que esperan aceptar un intervalo para girar a la izquierda⁹. Los probabilidades de los movimientos 1 y 4 (jerarquía 2), serán calculados con las ecuaciones:

$$p_{vj}^* = 1 - \frac{1 - p_{vj}}{1 - \left(\frac{v_{i1}}{s_{i1}} + \frac{v_{i2}}{s_{i2}} \right)} \quad \text{Ec. 2.10}$$

$$p_{vj}^* = 1 - \frac{1 - p_{vj}}{1 - q_{i1} \cdot t_{B,i1} - q_{i2} \cdot t_{B,i2}} \quad \text{Ec. 2.11}$$

donde:

- p_{vj} = probabilidad de estado de cola libre para los movimientos j (jerarquía 2).
- j = movimientos 1, 4 (giro a la izquierda en la calle principal).
- i1 = movimientos 2, 5 (sentido de frente en la calle principal).
- i2 = movimientos 3, 6 (giro a la derecha en la calle principal).
- s_{i1} = tasa de flujo de saturación para los flujos con sentido de frente en la calle principal, veh/h.
- s_{i2} = tasa de flujo de saturación para los flujos con giro a la derecha en la calle principal, veh/h.
- v_{i1} = flujo con sentido de frente en la calle principal, veh/h.
- v_{i2} = flujo con giro a la derecha en la calle principal, veh/h.
- q_{i1} = volumen de flujo i1, veh/h.
- q_{i2} = volumen de flujo i2, veh/h.
- t_{Bi1}, t_{Bi2} = tiempo continuo requerido por un vehículo en el flujo i1 o i2, s.

Para este análisis se obviará esta probabilidad, ya que en la realidad todos los flujos de la avenida Sánchez Cerro tienen prioridad frente a las avenidas perpendiculares a ella, aunque se podría utilizar si se desea saber las aproximaciones en calles principales.

2.1.6 Demoras y niveles de servicio.

La demora total es la diferencia entre el tiempo de viaje actual experimentado y el tiempo de viaje referencial que resultaría de las condiciones de base, fuera de

accidentes, control de tráfico, congestión vehicular o demora geométrica. Pero solamente la porción de la demora total se atribuye al control de medidas, de cualquier señal o señales de pare, que es posible cuantificar. Esta demora es denominada demora controlada. La ecuación muestra la demora, pero sólo en condiciones que la demanda sea menor que la capacidad para un período de análisis:

$$d_x = \frac{3600}{c_{mx}} + 900 \cdot T \cdot \left[\left(\frac{v_x}{c_{mx}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{mx}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{mx}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{mx}} \right)}{450 \cdot T}} \right] + 5 \quad \text{Ec. 2.12}$$

donde:

- d = demora controlada, s/veh.
- v_x = tasa de flujo para un movimiento x, veh/h.
- c_{mx} = capacidad de movimiento x, veh
- T = periodo de tiempo análisis, h, (si T = 0.25 para un período de 15 min.).

2.2 Análisis de glorietas

La metodología de las glorietas está basada en la teoría del intervalo aceptado⁶; para esto se utilizan los parámetros básicos de intervalo crítico y tiempo continuo.

Generalmente las glorietas, o comúnmente conocidas como óvalo, asumen un comportamiento independiente para cada vía (llamado en inglés *leg*). La metodología no se aplica a volúmenes de circulación mayores a 1200 veh/h (metodología *Single-lane Roundabouts - SR*). Buenas estimaciones de capacidad han sido encontradas para una glorieta de un carril simple, si los flujos de circulación son asumidos como aleatorios.

Algunas características se detallan a continuación:

- Vehículos que entran a una glorieta deben ceder el paso a los vehículos que están circulando dentro de la glorieta.
- Los vehículos que circulan en la glorieta no están sujetos a restricciones de ceder el paso. Sólo se acepta un número máximo de vehículos, que no sobrepasen la capacidad. La prioridad es alternada y distribuida por todos los vehículos.
- No está permitido estacionarse en el carril de la glorieta, ni está permitido que los peatones realicen actividades en la isla central de la glorieta.
- Todos los vehículos circulan en sentido contrario a las agujas de reloj (en el caso de nuestro país) y pasan por la derecha de la isla central.

- Las vías de acceso a las glorietas deben tener isletas (camellones), ya que son mecanismos seguros, tanto para separar el movimiento de tráfico en direcciones opuestas como para proveer refugio a los peatones (estos también son provistos de áreas que ceden el paso).

En la Figura 2.12, se aprecia la geometría básica de una rotonda:

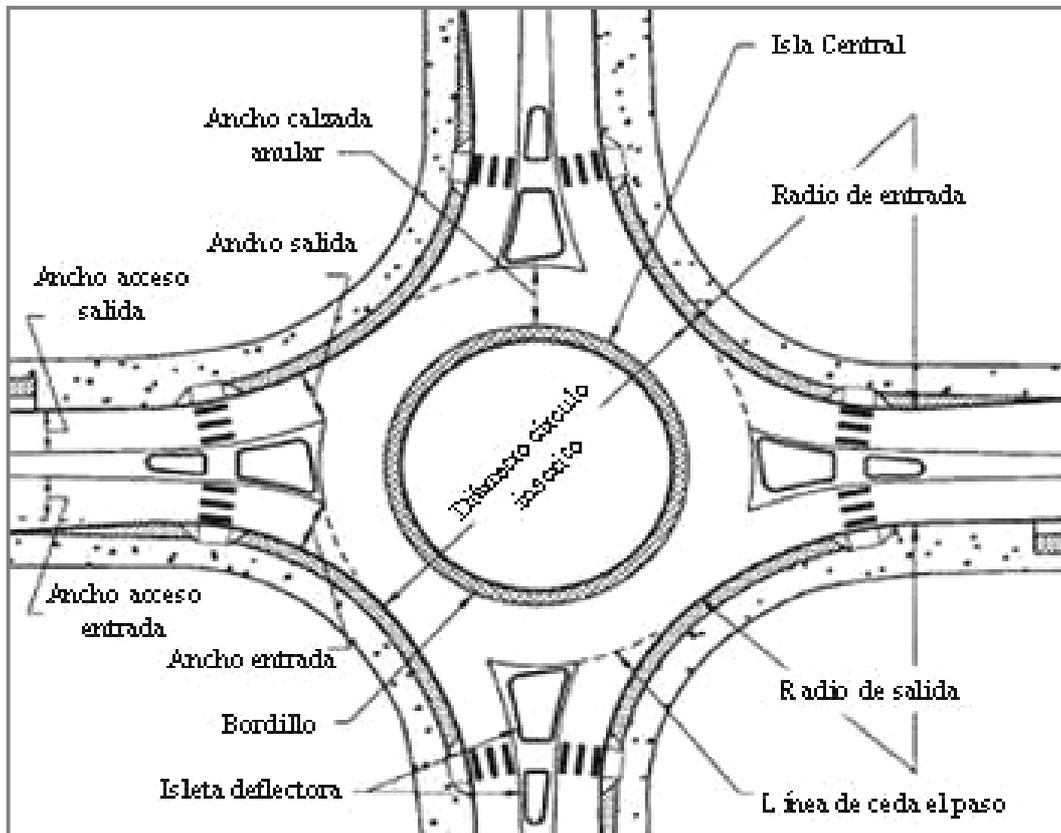


Figura 2.12: Geometría típica de una glorieta.

2.2.1 Capacidad

La estimación de la capacidad de aproximación a glorieta se da en la siguiente ecuación:

$$c_a = \frac{v_c \cdot e^{-\left(\frac{v_c \cdot t_c}{3600}\right)}}{1 - e^{-\left(\frac{v_c \cdot t_f}{3600}\right)}} \quad \text{Ec. 2.13}$$

donde:

- c_p = capacidad de aproximación, veh/h.
- v_c = tráfico de conflicto circular, veh/h.
- t_{cx} = intervalo crítico, s.
- t_{fx} = tiempo continuo, s.

2.2.2 Intervalo crítico y tiempo continuo

Los estudios en países desarrollados indican un rango de los valores de intervalo crítico y tiempo continuo para el análisis, con estimaciones razonables de la capacidad de una glorieta.

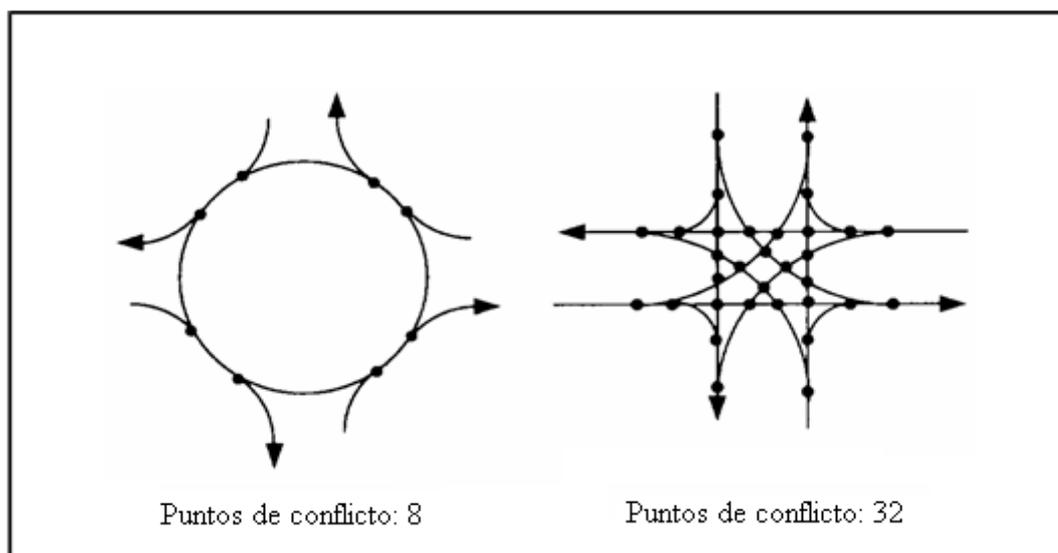
Los rangos recomendados se dan en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1: Intervalo crítico y tiempo continuo en glorietas.

Geometría de glorieta	Intervalo crítico (s)	Tiempo continuo (s)
Gran diámetro	4.1	2.6
Pequeño diámetro	4.6	3.1

2.2.3 Flujos conflictivos

Los flujos de conflicto son calculados para evaluar el volumen en un período de 15 minutos de los vehículos que pasan frente a los vehículos que entran. Para el caso de glorietas, es necesario convertir los movimientos de giro de la intersección en flujo circular que estará dentro de la glorieta, el procedimiento se explicará en el análisis de una de las intersecciones aledañas al nuevo Terminal Terrestre de Piura, esto en el siguiente capítulo. Las glorietas pueden casi siempre ser usadas para facilitar movimientos en “U”. En la Figura 02.13⁵ se muestra los puntos de conflicto entre una glorieta y una intersección sin semáforo:



Puntos de conflicto en una glorieta (izq.) y una intersección convencional, sin semáforo (der.)

Figura 2.13: Puntos de conflicto en diferentes 2 tipos de intersecciones.

2.2.4 Demoras en glorietas

Las demoras pueden ser calculadas de manera similar al procedimiento del *Two-way stop control (TWSC)*, la siguiente ecuación se usará para estimar la demora controlada. Esta ecuación es similar a la de *Two-way stop control (TWSC)* – Ec. 2.12,

pero no incluye el termino “+5”, esto debido a que existe necesariamente un control de parada al acercarse a una glorieta, mientras que en una intersección normal (sea ésta sin señales o con señales de parada o ceda el paso) los conductores tendrían libre paso si es que no hubiera tráfico conflictivo; esto normalmente se denomina tiempo de aceleración/desaceleración.

$$d = \frac{3600}{c} + 900.T \cdot \left[\left(\frac{v}{c} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c} \right) \left(\frac{v}{c} \right)}{450.T}} \right] \quad \text{Ec. 2.14}$$

donde:

- d = demora controlada, s/veh.
- v = tasa de flujo para un carril, veh/h.
- c = capacidad de movimiento para un carril, veh
- T = período de tiempo análisis, h, (p.e. T = 0.25 para un período de 15 min.).

Capítulo 3

Análisis con metodologías aplicadas a intersecciones sin semáforo

En este capítulo, se analizarán cada una de las intersecciones con dos metodologías aplicadas a este tipo de intersecciones (sin semáforos). Estas metodologías son: glorieta o *single-lane roundabout* y doble entrada controladas por señales de parada o *two-way stop control (TWSC)*. Se desarrollará paso a paso cada metodología.

Se establecieron patrones de tránsito para la ciudad de Piura en el año 2004 a lo largo de la avenida Sánchez Cerro. Los análisis corresponden a los datos obtenidos por informes, entrevistas y conteos realizados por el tesista.

En la parte final del capítulo, se da el resumen de los análisis realizados en este capítulo, explicándose los resultados obtenidos al realizar el análisis de cada metodología.

3.1 Aspectos generales del proyecto: Terminal Terrestre de Piura

3.1.1 Introducción

El Terminal Terrestre (Terrapuerto) de Piura se concibe como la obra más importante en la que la ciudad de Piura puede avanzar en su desarrollo, empezando por el ordenamiento vehicular. Este proyecto se construirá sobre la parcela J (Plano 1), ubicada en el sector Nor-oeste de la ciudad de Piura. Esta ubicación, se debe a que el crecimiento urbano se dará en la dirección hacia el Nor-oeste y que hará que se trasladen los patrones de tránsito que actualmente se presentan en las zonas céntricas y congestionadas hacia esas futuras zonas de población masiva (Sector Nor-oeste), por tanto, el Terminal Terrestre será un polo de atracción y generación de viajes internos.

Se usaron todos los datos disponibles, entrevistas con funcionarios seleccionados y personal de la oficina de Transportes de la Municipalidad Provincial de Piura (MPP) para establecer el Expediente Técnico para la etapa de Pre-inversión del Proyecto Terminal Terrestre de Piura¹⁰, en el cual se establecieron los patrones de tránsito de Piura (para el año 2004) a lo largo de Sánchez Cerro: desde el mercado hasta el ex-peaje Piura – Sullana. La Figura 3.1 muestra los puntos donde se obtuvieron los conteos y datos estimados (encerrados en círculos color rojo).

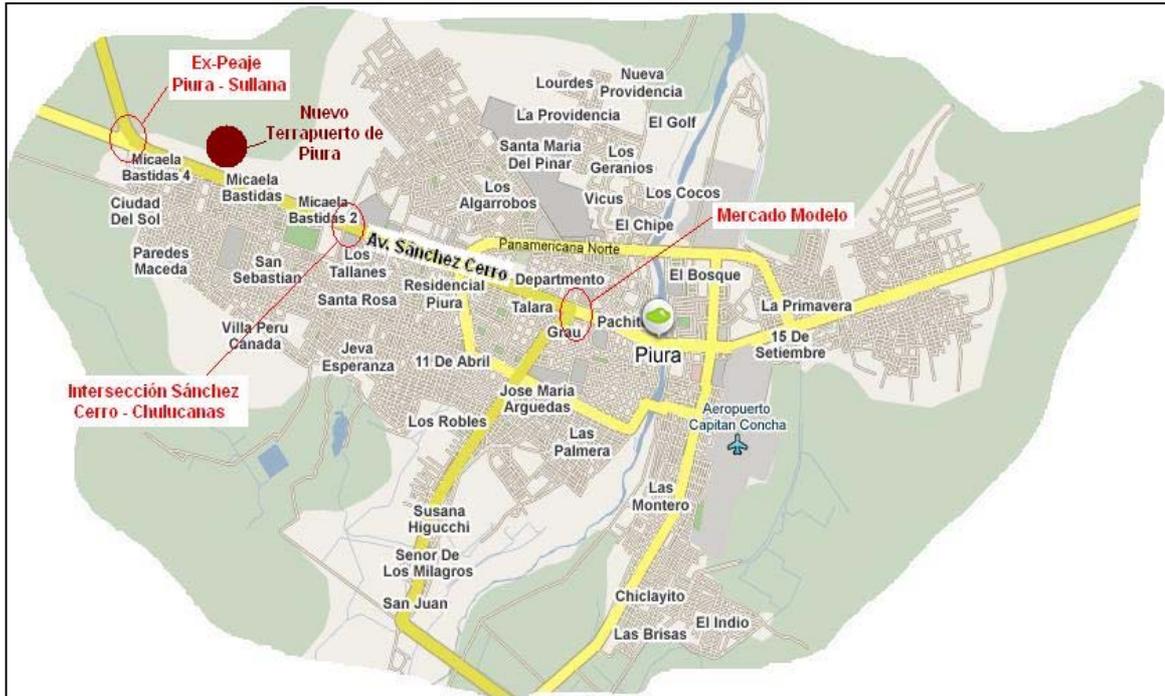


Figura 3.1: Plano de la ciudad de Piura y los puntos críticos donde se obtuvieron conteos y datos estimados de flujo vehicular para los análisis posteriores.

Se usó el estimado del crecimiento de la población de Piura más allá del 2024 en las áreas de expansión urbana, también se estimó el tráfico adicional futuro a lo largo de la Av. Sánchez Cerro. Ese nuevo tráfico fue distribuido dentro de la red de caminos asumida.

Las Figuras 3.2, 3.3 y 3.4 muestran los datos antes mencionados: la población de Piura para los años de análisis 2010 y 2024 – obtenida de datos extrapolados estimados, la dirección de crecimiento de la ciudad de Piura en futuras zonas de población masivas y los modos de viajar de la población de Piura.

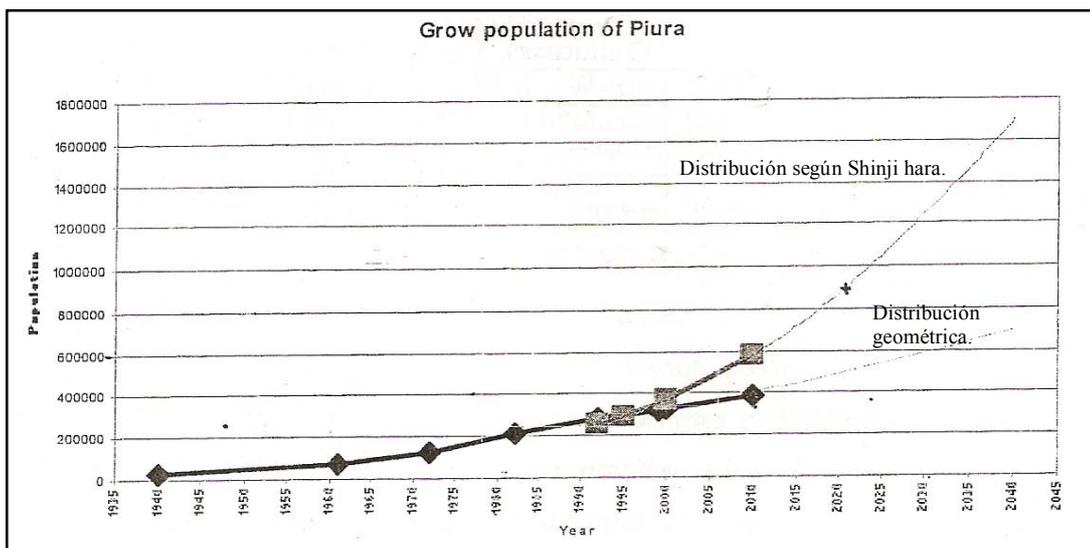


Figura 3.2: Población de Piura para los diferentes años de análisis¹⁰. Año (*year*) vs. Población (*population*). El Anexo C muestra una copia del expediente técnico de la MPP.

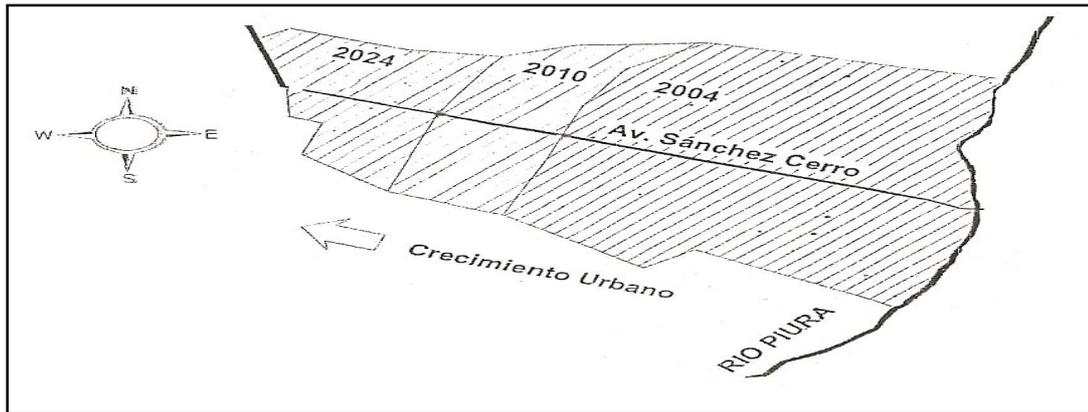


Figura 3.3: Dirección de crecimiento de la ciudad de Piura¹⁰.

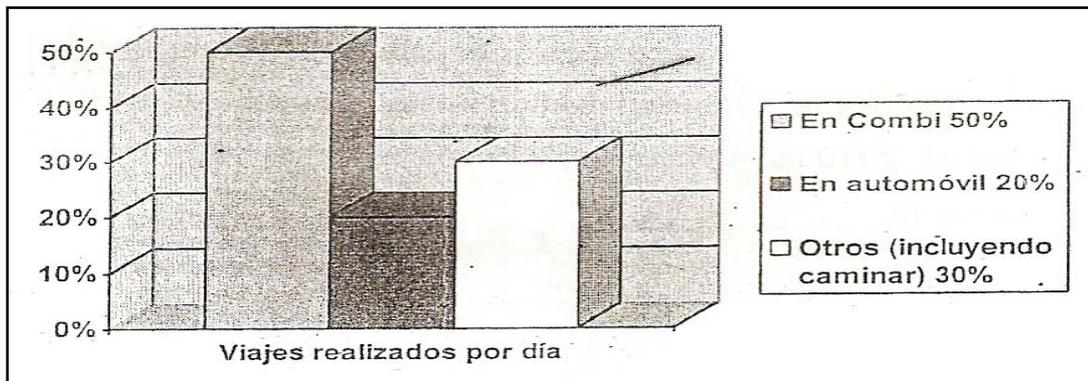


Figura 3.4: Modos de de viaje en la ciudad de Piura¹⁰.

El tráfico adicional esperado en la nueva estación de autobuses fue agregado al tráfico base para los años 2010 y 2024. Se hizo asunciones adicionales para asignar los movimientos del tráfico a la intersección Sánchez Cerro y el Colector Nuevo (lo llamaremos en adelante como Avenida Colectora).

Cabe mencionar que se analizó tanto la intersección Sánchez Cerro – Colectora que deriva al Nuevo Terminal Terrestre o Terrapuerto de Piura, como también la intersección Sánchez Cerro – Chulucanas (ésta es la primera intersección que encontrarán los conductores hacia el Terrapuerto). Este análisis aplicativo se realizó teniendo en cuenta datos proporcionados por estudios, informes, tesis, tablas selectas proporcionadas, etc.; por lo cual, el análisis ha sido lo más cercano a la realidad.

3.1.2 Fuentes de información

Se tomaron en cuenta las siguientes hipótesis para la estimación de la demanda de viajes:

- Estimación del crecimiento de viajes a lo largo de la avenida Sánchez Cerro, a partir del año 2004 hasta el año 2010 y 2024. Esta información ha sido recopilada y procesada en las tablas del expediente técnico¹⁰ y que son mostradas a lo largo del presente capítulo. Los conteos que han dado lugar a estas tablas, no han sido mostrados al tesista, debido a que se trata de información restringida; pero la información que muestran las tablas procesadas es suficiente para los análisis.

- Se incluyen los viajes adicionales que se esperarán por el crecimiento de la población, se asume que la población se asentará especialmente al norte de la avenida Sánchez Cerro.

3.1.3 Estimaciones de tránsito

Se detalla los cálculos de tránsito para los distintos períodos y diferentes asunciones:

- La MPP realizó conteos en tres lugares distintos a lo largo de la avenida Sánchez Cerro: Mercado, ex peaje Piura – Sullana e intersección con Chulucanas. Sin embargo, el tesista sólo tuvo acceso a las estimaciones realizadas por dicha institución para cada intersección y para cada año de análisis. Estas estimaciones se encuentran registradas en las Tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5. Los datos correspondientes al ex-peaje Piura – Sullana (único conteo dado en el expediente técnico¹⁰), se muestran en la Tabla 3.1 y graficados en la Figura 3.5, donde se nota un pico en la tarde (5 p.m. y 7 p.m.) de 6.2% del tráfico total.

Tabla 3.1: Datos vehiculares horarios en la estación de peaje Piura – Sullana.

Hora	Tránsito diario mixto	%									
1	40	0.9	7	225	5.2	13	245	5.7	19	269	6.2
2	47	1.1	8	242	5.6	14	219	5.1	20	206	4.8
3	38	0.9	9	264	6.1	15	243	5.6	21	165	3.8
4	65	1.5	10	238	5.5	16	239	5.5	22	137	3.2
5	141	3.3	11	186	4.3	17	270	6.2	23	88	2.0
6	180	4.2	12	243	5.6	18	263	6.1	24	69	1.6

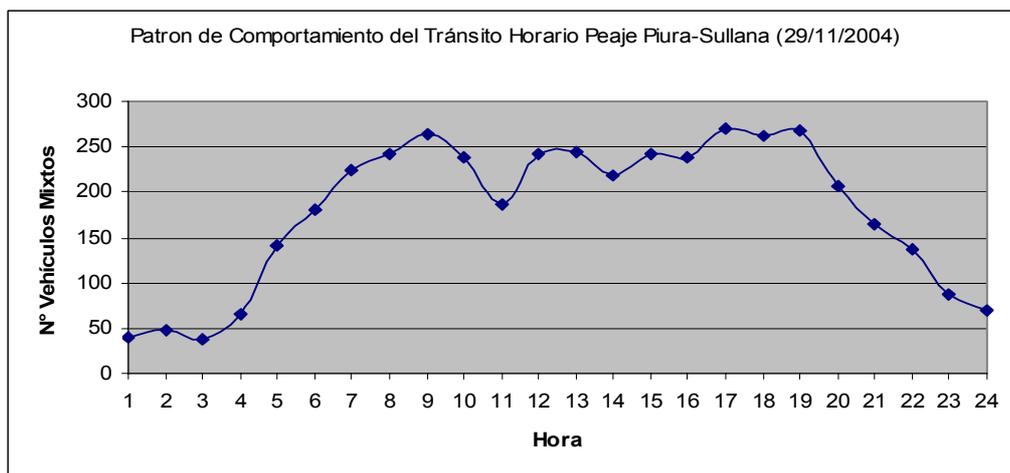


Figura 3.5: Patrón del comportamiento horario del tránsito que proviene del Norte a Piura.

- El tráfico futuro se estimó en dos pasos: tráfico interno y tráfico externo. Para el tránsito externo se asumió que éste aumentará en proporción con la población. El tráfico interno se asumió que todo el incremento de la población futura estará asentado al norte de la avenida Sánchez Cerro, ya que es el área más activa de expansión en la ciudad de Piura.

En las siguientes Tablas (3.2, 3.3, 3.4 y 3.5), se detallan las estimaciones de tráfico, tanto para la dirección Este a Oeste (E-W) como para la dirección Oeste a Este (W-E) para el año 2004, tránsito base en el año 2010, tránsito base en el año 2024 (tanto para estimación alta y estimación baja – esta última implicaría mejoras geométricas en la zona aledaña al nuevo Terrapuerto, disminuyendo los flujos conflictivos; esto se podrá observar en los análisis posteriores). Todos estos datos están referidos a la hora pico o máxima demanda.

Tabla 3.2: Tráfico en la hora punta a lo largo de la avenida Sánchez Cerro
Viajes vehículo entre las 7 y 8 p.m.

AÑO 2004									
	Estación peaje Piura Sullana			Intersección Chulucanas – Sánchez Cerro			Sánchez Cerro - Mercado		
	E-W	W-E	Total	E-W	W-E	Total	E-W	W-E	Total
TOTAL	228	123	351	494	266	760	2176	1172	3348

Tabla 3.3: Estimaciones para el año 2010.

AÑO 2010									
	Estación peaje Piura Sullana			Nuevo Terrapuerto – Sánchez Cerro			Intersección Sánchez Cerro - Chulucanas		
	E-W	W-E	Total	E-W	W-E	Total	E-W	W-E	Total
TOTAL	324	174	498	862	464	1326	1724	928	2652

Tabla 3.4: Estimaciones para el año 2024, sin mejoras geométricas.

AÑO 2024, sin vía de conexión al norte de Sánchez Cerro									
	Estación peaje Piura Sullana			Nuevo Terrapuerto – Sánchez Cerro			Intersección Sánchez Cerro - Chulucanas		
	E-W	W-E	Total	E-W	W-E	Total	E-W	W-E	Total
TOTAL	422	227	649	2503	2020	4523	3129	1685	4814

Tabla 3.5: Estimaciones para el año 2024, con mejoras geométricas.

AÑO 2024, con vía de conexión al norte de Sánchez Cerro									
	Estación peaje Piura Sullana			Nuevo Terrapuerto – Sánchez Cerro			Intersección Sánchez Cerro - Chulucanas		
	E-W	W-E	Total	E-W	W-E	Total	E-W	W-E	Total
TOTAL	422	227	649	1565	842	2407	3129	1685	4814

3.2 Impacto vial del proyecto

- Análisis del Impacto del Tráfico en el Terminal Terrestre

El tráfico estimado en el interior del Terminal Terrestre se da en los datos proporcionados en el Anexo A.1.

La combinación del tráfico base y el tráfico debido a la presencia del nuevo Terminal dio como resultado el tráfico total, que será necesario para evaluar el desempeño y operación de la intersección Avenida Sánchez Cerro y Colectora. Se realizaron tres evaluaciones (los flujogramas se encuentran en el Plano 2).

- Evaluación al año 2010.

Se asumió que la avenida Sánchez Cerro tiene dos carriles en cada dirección y dos carriles en cada dirección en la avenida Colectora. Las estimaciones se dan a continuación en la Tabla 3.6, se asumió que no hay tráfico peatonal y la hora pico es de 7:00 a 8:00 p.m. En todos los análisis se asumirá que no existe tráfico peatonal, debido a que en esta parte de Piura, el flujo peatonal es mínimo o nulo, como consecuencia de esto es que no existe ni un solo tramo de vereda por ese sector Nor-oeste de la ciudad. Los conteos realizados por el tesista también resultaron en flujo peatonal nulo.

Tabla 3.6: Tráfico total año 2010.

TRÁFICO TOTAL HORA PICO AÑO 2010				
Unidad Vehicular Equivalente				
Movimiento	Sánchez Cerro		Colectora	
Dirección	Al Oeste	Al Este	Sur	Norte
Izquierda	172	128	168	50
De Frente	943	318	107	50
Derecha	120	100	80	100

- Evaluación al año 2024, sin mejoras o cambio geométrico.

Los volúmenes de tráfico se dan en la Tabla 3.7; donde considera las mismas asunciones dadas en la evaluación del año 2010. Adicionalmente, en la avenida Colectora se tiene un carril adicional de giro a la izquierda protegido. Se observó un gran volumen de tráfico que gira a la derecha (1273 veh/h). Ante esto, se consideró proveer un carril adicional de giro a la derecha (lo cuál será confirmado con el análisis que se hará más adelante).

Tabla 3.7: Tráfico total año 2024, sin mejoras geométricas.

TRÁFICO TOTAL HORA PICO AÑO 2024				
Unidad Vehicular Equivalente				
Movimiento	Sánchez Cerro		Colectora	
Dirección	Al Oeste	Al Este	AL Sur	Al Norte
Izquierda	200	418	90	30
De Frente	1478	1300	130	110
Derecha	1273	410	168	30

- Evaluación al año 2024, considerando cambios geométricos.

Se asume que hay una carretera principal al norte de la avenida Sánchez Cerro, que une al Terrapuerto de Piura con la carretera Panamericana Norte (indicado en el Plano 1 como “Futura conexión vía paralela a Av. Sánchez Cerro” y también en el capítulo 5 – Figura 5.2). Con esto se reduce el tráfico interno a la mitad aproximadamente en la avenida Sánchez Cerro, con lo que parte del tráfico de Terminal Terrestre evita la intersección Sánchez Cerro – Colectora. Las estimaciones se dan a continuación en la Tabla 3.8, se asumió que no hay tráfico peatonal y la hora pico es de 7:00 a 8:00 p.m.

Tabla 3.8: Tráfico total año 2024, con mejoras geométricas.

TRÁFICO TOTAL HORA PICO AÑO 2024				
Unidad Vehicular Equivalente				
Movimiento	Sánchez Cerro		Colectora	
Dirección	Al Oeste	Al Este	Al Sur	Al Norte
Izquierda	156	318	90	30
De Frente	834	422	130	110
Derecha	1023	210	168	30

3.2.1 Intersecciones en zona de influencia del proyecto Terminal Terrestre de Piura.

Según el expediente técnico del Terminal Terrestre de Piura, el análisis de capacidad demostró que la intersección de las avenidas Sánchez Cerro – Colectora para el año 2010 trabajaría bien con 3 carriles - 2 carriles, respectivamente.

Para el año 2024, la intersección Sánchez Cerro – Colectora requerirá mejoras significativas para su buen funcionamiento. Algunas de esas mejoras se explicarán en el siguiente capítulo, donde se relatará las medidas correctivas.

3.2.2 Análisis de intersecciones no semaforizadas en zona de influencia del proyecto Terminal Terrestre de Piura.

Se realizaron análisis en las dos intersecciones de estudio, utilizando dos metodologías⁶: la primera denominada Doble acceso controlados por señales de parada (en inglés denominado *Two-Way Stop Control TWSC*) y la segunda denominada Rotondas o Glorietas, comúnmente denominado Óvalo (en inglés denominado *Roundabouts*). En todos las vías se asumirá que existe dos carriles (Sánchez Cerro, Chulucanas y Colectora), salvo en la metodología *single-lane roundabout* o glorieta de un solo carril.

3.2.2.1 Metodología *Single-lane Roundabout (SR)*

Se utilizó esta metodología para el análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro - Chulucanas, donde se obtuvieron los siguientes datos del expediente técnico presentado por la ingeniera Sara Rosalía Vegas Merino¹⁰; la Tabla 3.9 muestra el flujo total que circula en la avenida Sánchez Cerro en la hora punta (7:00-8:00 p.m.), en unidad de vehículos equivalentes (UVE). Los datos del año 2004 fueron dados a través de conteos vehiculares estipulados en el expediente; los datos del año 2008 fueron obtenidos por el tesista a través de conteos vehiculares (estos datos se muestran en la Tabla 3.10) y los datos de los años 2010 y 2024, con y sin mejoras, son datos estimados y extrapolados mostrados en el Acápite 3.1.3.

Los conteos que hizo el Municipio Provincial de Piura (MPP) han sido procesados en el expediente técnico propuesto por esta misma entidad (MPP). Estos conteos son de acceso restringido, pero para los análisis necesitamos la información ya procesada, y esta sí se encuentra en el expediente técnico de la MPP. Se muestra la Tabla 3.9:

Tabla 3.9: Flujos vehiculares para distintos años, en unidad de vehículos equivalentes (UVE).

Año	Total UVE
2004	760
2008	969
2010	2652
2024	4814

Se puede observar que el crecimiento vehicular de la avenida Sánchez Cerro tiende a un aumento significativo de tráfico vehicular. La Figura 3.6 muestra la infraestructura actual de la intersección Sánchez Cerro – Chulucanas; la cual requerirá mejoras en infraestructura y señalización ante el gran flujo vehicular a futuro:



Figura 3.6: Infraestructura actual de la intersección Sánchez Cerro – Chulucanas. (Fuente: Google Earth).

- Datos proyectados:

Este procedimiento utilizó datos del año 2008 (Tabla 3.10) que han sido obtenidos de conteos vehiculares por el tesista, esto debido a que se cuenta con los flujos tanto de la avenida Sánchez Cerro como de la avenida Chulucanas (no existió tráfico peatonal alguno). Los conteos han sido procesados para obtener una estimación promedio – se realizó en tres días distintos (15/08, 18/08 y 19/08; tomándose cada 15 minutos por un periodo de una hora).

Tabla 3.10: Datos estimados por conteos vehiculares en el año 2008.

AÑO 2008									
TOTAL Hora 7:00 p.m. - 8:00 p.m.	Movimiento	Sánchez Cerro				Chulucanas			
	Dirección	Al Oeste		Al Este		Sur		Norte	
	Transito	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado
	Izquierda	68	12	38	0	66	8	38	22
	De frente	225	101	303	77	55	2	66	0
Derecha	65	9	46	25	21	4	58	3	

Se obtuvieron proyecciones en base al año 2008 para poder estimar el tráfico en la avenida Chulucanas con los datos del expediente técnico. Estas proyecciones resultaron en porcentajes, al dividir cada flujo de la Tabla 3.10 con el existente del año 2008 de la Tabla 3.9, y luego proyectarlo a la avenida Chulucanas. La Tabla 3.11 muestra estos porcentajes:

Tabla 3.11: Porcentajes obtenidos en base al año 2008 para la estimación de flujos en los años 2010 y 2024.

PROMEDIO TOTAL Hora 6:00 p.m. - 7:00 p.m.	Movimiento	Sánchez Cerro				Chulucanas			
	Dirección	Al Oeste		Al Este		Sur		Norte	
	Tránsito	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado
	Izquierda	6.99%	1.24%	3.93%	0.00%	6.82%	0.83%	3.96%	2.31%
De frente	23.22%	10.47%	31.28%	7.92%	5.72%	0.21%	6.85%	0.03%	
Derecha	6.68%	0.96%	4.72%	2.58%	2.14%	0.38%	6.03%	0.31%	

Con estos porcentajes y multiplicando por el tráfico total para cada año que circula en la avenida Sánchez Cerro – Tabla 3.9, se obtienen las Tablas 3.12 y 3.13:

Tabla 3.12: Tráfico estimado en intersección de las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas para el año 2010.

AÑO 2010									
TOTAL Hora 7:00 p.m. - 8:00 p.m.	Movimiento	Sánchez Cerro				Chulucanas			
	Dirección	Al Oeste		Al Este		Sur		Norte	
	Tránsito	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado
	Izquierda	185	33	104	-	181	22	105	61
De frente	616	278	829	210	152	5	182	1	
Derecha	177	26	125	69	57	10	160	8	

Tabla 3.13: Tráfico estimado en intersección de las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas para el año 2024.

AÑO 2024									
TOTAL Hora 7:00 p.m. - 8:00 p.m.	Movimiento	Sánchez Cerro				Chulucanas			
	Dirección	Al Oeste		Al Este		Sur		Norte	
	Tránsito	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Pesado
	Izquierda	337	60	189	-	328	40	191	111
De frente	1,118	504	1,506	381	275	10	330	2	
Derecha	322	46	227	124	103	18	290	15	

- Análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas

Para esta intersección, se analizó primero según la metodología del *Single-lane Roundabout* o glorieta de un solo carril (del *Highway Capacity Manual*), esto debido a que la Municipalidad Provincial de Piura, en su plan director, ha definido una glorieta en dicha intersección (teniendo el área ya destinada para este tipo de infraestructura), y se observó el comportamiento de esta propuesta. A continuación, se verá paso a paso el cálculo de esta metodología, cuyo uso se ha incrementado en los Estados Unidos en estos últimos años, debido a que regulan el tráfico de manera eficiente.

Paso 1:

Los volúmenes de tráfico deben ser ajustados al factor de hora pico (para el análisis PHF = 1.00 – esto debido a que los datos se registran cada hora). Estos volúmenes se pueden apreciar en la Tabla 3.14:

Tabla 3.14: Flujos vehiculares para cada aproximación. Metodología SR.

		Dirección			
		Este	Oeste	Norte	Sur
Tráfico a la izquierda	Movimiento	v1	v4	v7	v10
	Volumen	38	92	83	82
	PHF	1.00	1.00	1.00	1.00
	Flujo	38	92	83	82
Tráfico de frente	Movimiento	v2	v5	v8	v11
	Volumen	427	456	67	59
	PHF	1.00	1.00	1.00	1.00
	Flujo	427	456	67	59
Tráfico a la derecha	Movimiento	v3	v6	v9	v12
	Volumen	96	83	64	28
	PHF	1.00	1.00	1.00	1.00
	Flujo	96	83	64	28

Se tomaron como valores los conteos (Tabla 3.10) realizados en la intersección Sánchez Cerro – Chulucanas, la data base será el año 2008, y los resultados serán indicadores de la capacidad y nivel de servicio de esta intersección. Al ser ajustados al factor de hora pico, los valores de volumen y flujo tendrán la misma magnitud.

Paso 2:

Se determina el flujo circulante en la glorieta. Los movimientos son identificados de acuerdo a la Figura 3.7. Las ecuaciones a considerar y los valores del flujo circulante se pueden apreciar en la Tabla 3.15 (las siglas E, W, N y S corresponden a las aproximaciones Este, Oeste, Norte y Sur, respectivamente):

Tabla 3.15: Flujos entrantes y circulantes, año 2008. Metodología SR.

Flujo Entrante (veh/h)	v _a (veh/h)
$V_{a,E} = V_1 + V_2 + V_3$	561
$V_{a,W} = V_4 + V_5 + V_6$	631
$V_{a,N} = V_7 + V_8 + V_9$	214
$V_{a,S} = V_{10} + V_{11} + V_{12}$	169

Flujo Circulante (veh/h)	v _c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	233
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	188
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	547
$V_{c,S} = V_4 + V_5 + V_7$	631

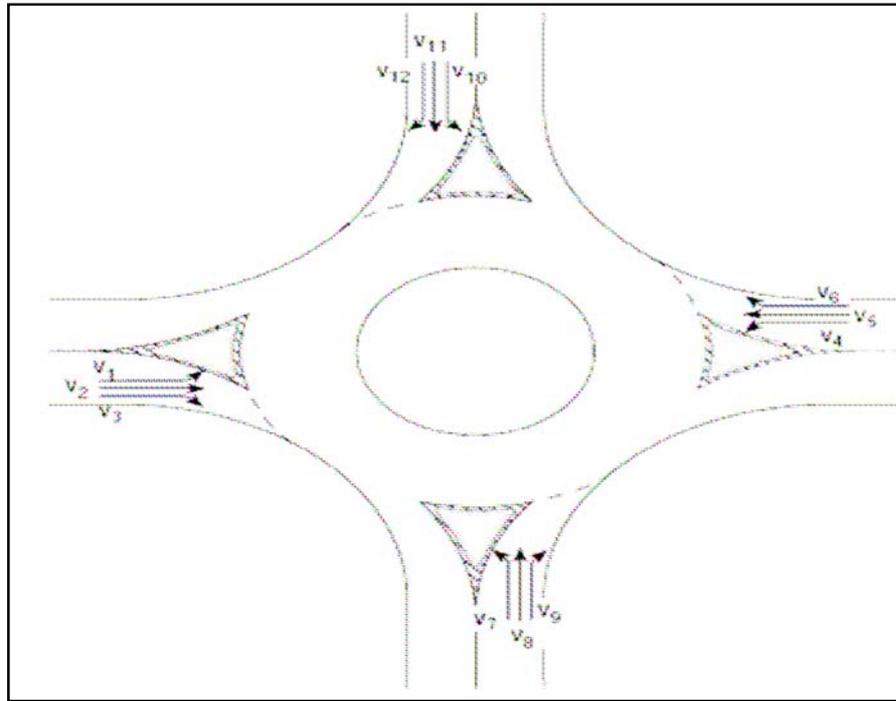


Figura 3.7: Movimientos típicos en las aproximaciones a una glorieta.

Paso 3:

Se calculan las capacidades potenciales para dos tamaños de glorietas: grande y pequeño. Se tienen los intervalos críticos y tiempos continuos para cada tipo de glorieta, expuestos en la Tabla 3.16. La capacidad se calcula con la siguiente expresión:

$$c_a = \frac{v_c \cdot e^{-\left(\frac{v_c \cdot t_c}{3600}\right)}}{1 - e^{-\left(\frac{v_c \cdot t_f}{3600}\right)}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

donde:

- c_a = capacidad de aproximación, veh/h.
- v_c = tráfico de conflicto circular, veh/h.
- t_{cx} = intervalo crítico, s.
- t_{fx} = tiempo continuo, s.

Tabla 3.16: Intervalo crítico y tiempo continuo para cada tipo de glorieta. Metodología SR.

Variables	Rotonda Grande	Rotonda Pequeña
t_c	4.1	4.6
t_f	2.6	3.1

Las capacidades en cada dirección se muestran en la Tabla 3.17. También se muestra la relación v/c (volumen entre capacidad), que indicará el comportamiento de la intersección frente a las demoras en cada aproximación (Tabla 3.18). La primera columna muestra la dirección de aproximación, mientras que la segunda y tercera columnas muestran la comparación de los parámetros entre una rotonda grande y una pequeña, respectivamente.

Tabla 3.17: Capacidades de la glorieta en cada aproximación. Metodología SR.

Capacidad		
Aproximación	Rotonda Grande	Rotonda Pequeña
Dirección Este	1,154	952
Dirección Oeste	1,195	989
Dirección Norte	899	724
Dirección Sur	841	672

Tabla 3.18: Relación v/c en cada aproximación. Metodología SR.

v/c		
Aproximación	Rotonda Grande	Rotonda Pequeña
Dirección Este	0.486	0.589
Dirección Oeste	0.528	0.638
Dirección Norte	0.238	0.296
Dirección Sur	0.201	0.252

Paso 4:

Se determinan las demoras a través de la expresión:

$$d = \frac{3600}{c} + 900.T \cdot \left[\left(\frac{v}{c} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c} \right) \left(\frac{v}{c} \right)}{450.T}} \right] \quad \text{Ec. 3.2}$$

donde:

- d = demora controlada, s/veh.
- v = tasa de flujo para un carril, veh/h.
- c = capacidad de movimiento para un carril, veh.
- T = período de tiempo análisis, h, (si T = 0.25 para un período de 15 min.).

La Tabla 3.19 muestra valores aceptables de demora, éstos pueden ser comparados con los niveles de servicio (NDS o *levels of service LOS*) que se dieron en el primer capítulo, Tabla 1.1.

Tabla 3.19: Demoras para cada tipo de glorieta. Metodología SR.

Demoras		
Aproximación	Rotonda Grande	Rotonda Pequeña
Dirección Este	6.064	9.1758
Dirección Oeste	6.3659	9.9878
Dirección Norte	5.259	7.0646
Dirección Sur	5.3628	7.155

Para el año 2010, con los datos proyectados, el análisis obtuvo flujos entrantes y circulantes para ese año, siguiendo la misma metodología, como se muestra en la Tabla 3.20:

Tabla 3.20: Flujos entrantes y circulantes, año 2010. Metodología SR.

Flujo Entrante (veh/h)	v_a (veh/h)
$V_{a,E} = V_1 + V_2 + V_3$	1537
$V_{a,W} = V_4 + V_5 + V_6$	1729
$V_{a,N} = V_7 + V_8 + V_9$	587
$V_{a,S} = V_{10} + V_{11} + V_{12}$	464

Flujo Circulante (veh/h)	v_c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	639
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	515
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	1500
$V_{c,S} = V_4 + V_5 + V_7$	1728

Con estos flujos, se calculan la capacidad, la relación v/c y las demoras para cada aproximación, siempre teniendo en cuenta los parámetros de intervalo crítico (t_c) y tiempo continuo (t_f). Todo esto siguiendo la misma metodología *single-lane roundabout*. Esto se puede ver reflejado en la Tabla 3.21:

Tabla 3.21: Capacidad, relación v/c y demoras para cada tipo de glorieta. Metodología SR.

Variables	Rotonda Grande	Rotonda Pequeña
t_c	4.1	4.6
t_f	2.6	3.1
Capacidad		
Dirección Este	835	668
Dirección Oeste	922	744
Dirección Norte	411	304
Dirección Sur	339	245
v/c		
Dirección Este	1.841	2.303
Dirección Oeste	1.875	2.323
Dirección Norte	1.430	1.931
Dirección Sur	1.371	1.892
Demoras		
Dirección Este	1527.2318	2360.1786
Dirección Oeste	1587.9080	2394.8997
Dirección Norte	810.8465	1711.2197
Dirección Sur	715.0763	1651.2822

Se pueden apreciar los valores de demora altos, esto debido al gran volumen de tráfico que circularía por la intersección. Cabe recordar que esta metodología sólo es aplicable para flujos circulantes hasta de 1200 veh/h, por eso los elevados valores de las demoras. Para el año 2024, los volúmenes de tráfico son mayores a los volúmenes de tráfico para el año 2010; es de esperar demoras más elevadas que las del año 2010, por lo que no será necesario hacer el análisis para el año 2024.

Los datos del tráfico del Terminal Terrestre para los años 2010 y 2024 se expresaron en las Tablas 3.6, 3.7 y 3.8. La intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Colectora será analizada con las dos metodologías.

- Análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Colectora

El análisis para el año 2010, teniendo en cuenta los datos propuestos de la Tabla 3.6, resulta en flujos entrantes y circulantes como se muestra en la Tabla 3.22:

Tabla 3.22: Flujos entrantes y circulantes. Metodología SR.

Flujo Entrante (veh/h)	v_a (veh/h)
$V_{a,E} = V_1 + V_2 + V_3$	1171
$V_{a,W} = V_4 + V_5 + V_6$	610
$V_{a,N} = V_7 + V_8 + V_9$	200
$V_{a,S} = V_{10} + V_{11} + V_{12}$	355

Flujo Circulante (veh/h)	v_c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	447
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	228
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	1239
$V_{c,S} = V_4 + V_5 + V_7$	540

Se puede apreciar que el flujo circulante en la aproximación Norte (celda sombreada) es mayor que 1200 veh/h, pasando el límite permitido por la metodología. Se observará cómo incide este valor al calcular la capacidad, la relación v/c y las demoras para cada aproximación, siempre teniendo en cuenta los parámetros de intervalo crítico (t_c) y tiempo continuo (t_f). Esto se muestra en la Tabla 3.23:

En esta metodología no se asumió flujo peatonal en los análisis, debido a que no considera en su análisis dicho tráfico.

Tabla 3.23: Capacidad, relación v/c y demoras para cada tipo de glorieta.
Metodología SR.

Variables	Rotonda Grande	Rotonda Pequeña
t_c	4,1	4,6
t_f	2,6	3,1
Capacidad		
Dirección Este	973,77	790,30
Dirección Oeste	1.158,31	955,77
Dirección Norte	511,00	387,84
Dirección Sur	904,02	728,36
v/c		
Dirección Este	1,203	1,482
Dirección Oeste	0,527	0,638
Dirección Norte	0,391	0,516
Dirección Sur	0,393	0,487
Demoras		
Dirección Este	389,047	885,435
Dirección Oeste	6,552	10,345
Dirección Norte	11,557	19,056
Dirección Sur	6,551	9,619

Se aprecia la relación v/c mayor que 1 y demoras altas (celdas sombreadas), esto debido al alto flujo vehicular que circularía en la avenida Sánchez Cerro, producto de la puesta en operación del Terrapuerto. En el siguiente capítulo se verán las medidas a tomar.

3.2.2.2 Metodología *Two-way stop control (TWSC)*

- Análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro - Colectora

Para esta intersección, se analizó según la metodología *Two-way stop control (TWSC)* del *HCM (USA)*. Cabe recordar que no se asumió flujo peatonal en los análisis, al no haber datos, tanto en el expediente del área técnica de la Municipalidad de Piura como por otras fuentes externas. Tampoco en los conteos realizados por el tesista se pudo obtener flujo peatonal, debido a que es mínimo o casi nulo por esta parte de la ciudad. Esto se debe también al elevado flujo vehicular que presenta la avenida Sánchez Cerro, que hace complicado que exista flujo peatonal, por ser esta avenida muy peligrosa y de alto riesgo para el cruce de un lado a otro de la vía.

A continuación se presenta el análisis de la intersección ubicada entre la avenida Sánchez Cerro y la avenida Colectora – como la vía que conducirá al futuro Terminal Terrestre de Piura.

Paso 1:

Encontrar las tasas de flujos conflictivos (o llamados también conflictos o movimientos conflictivos).

Se asume casi nada o nulo movimiento peatonal, siguiendo con el estudio presentado por la Municipalidad Provincial de Piura¹⁰. Se muestra la prioridad de cada movimiento – *traffic stream* (Figura 3.8), indicándose la prioridad o *rank* y la importancia de cada flujo de tráfico.

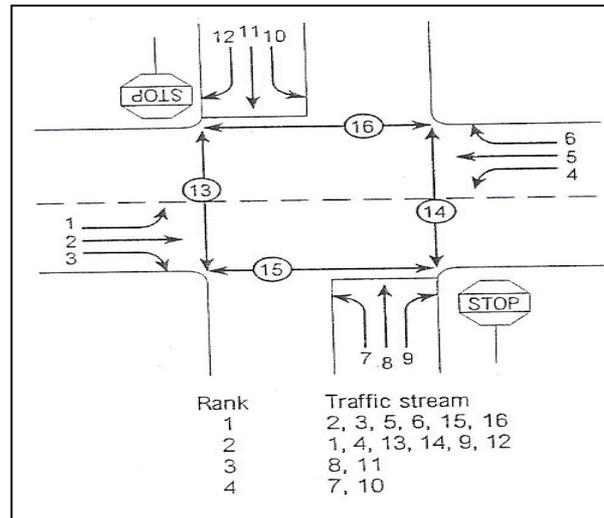


Figura 3.8: Prioridades o *rank* para cada tipo de movimiento.

Cada movimiento originará conflictos; éstos se describen e ilustran a continuación (los volúmenes de conflicto se expresan en veh./h)⁷. Las respectivas ecuaciones se encuentran en la parte superior de cada tabla.

- Movimiento calle principal a la izquierda (*Ranking* 2, v_1): conflictos con movimiento de vehículos 5 y 6, y movimiento peatonal 16 (se asume nulo). Figura 3.9a.
- Movimiento calle principal a la izquierda (*Ranking* 2, v_4): conflictos con movimiento de vehículos 2 y 3, y movimiento peatonal 15 (se asume nulo). Figura 3.9b.

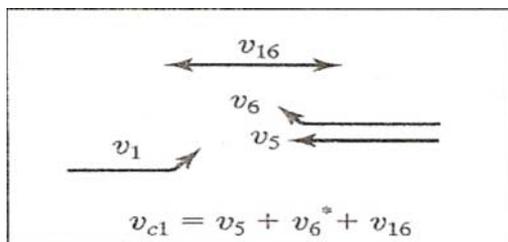


Figura 3.9a: Mov. v_{c1} .

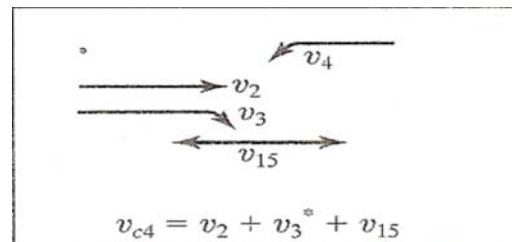


Figura 3.9b: Mov. v_{c4} .

La Tabla 3.24 muestra los flujos de tráfico que se han tomado para el cálculo de los volúmenes de conflicto.

Tabla 3.24: Flujos de conflicto para movimientos 1 y 4. Metodología *TWSC*.

GIRO A LA IZQUIERDA CALLE PRINCIPAL	vc1 = v5 + v6 + v16	
	v5	943
	v6	120
	v16	0
	vc1	1063
	vc4 = v2 + v3 + v15	
	v2	318
	v3	100
	v15	0
	vc4	418

- Movimiento calle secundaria a la derecha (*Ranking* 2, v9): conflictos con movimientos de vehículos 2 y 3, y movimientos peatonales 14 y 15 (se asumen nulos). Figura 3.10a.
- Movimiento calle secundaria a la derecha (*Ranking* 2, v12): conflictos con movimientos de vehículos 5 y 6, y movimientos peatonales 13 y 16 (se asumen nulos). Figura 3.10b.

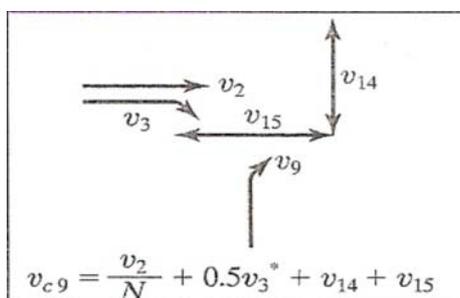


Figura 3.10a: Mov. v_{c9} .

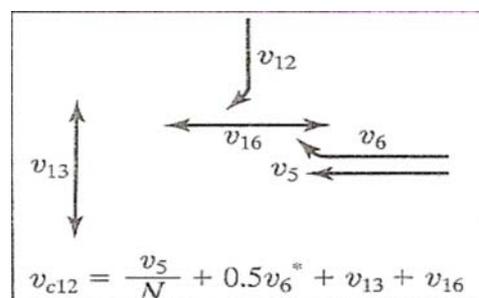


Figura 3.10b: Mov. v_{c12} .

La Tabla 3.25 muestra los flujos de tráfico que se han tomado para el cálculo de los volúmenes de conflicto (siendo “N” el número de carriles en la vía).

Tabla 3.25: Flujos de conflicto para movimientos 9 y 12. Metodología *TWSC*.

GIRO A LA DERECHA CALLE SECUNDARIA	$vc9 = v2/N + 0.5*v3 + v14 + v15$	
	N	2
	v2	318
	v3	100
	v14	0
	v15	0
	vc9	209
	$vc12 = v5/N + 0.5*v6 + v13 + v16$	
	N	2
	v5	943
	v6	120
	v13	0
	v16	0
	vc12	532

- Movimiento calle secundaria de frente (*Ranking* 3, v8): conflictos con movimientos de vehículos 1, 2 y 3, y movimiento peatonal 15 (se asume nulo). También conflictos con movimientos 4, 5 y 6, y movimiento peatonal 16 (se asume nulo). Esto se puede notar en la Figura 3.11a.
- Movimiento calle secundaria de frente (*Ranking* 3, v11): conflictos con movimientos de vehículos 4, 5 y 6, y movimiento peatonal 16 (se asume nulo). También conflictos con movimientos 1, 2 y 3, y movimiento peatonal 15 (se asume nulo). Esto se puede notar en la Figura 3.11b.

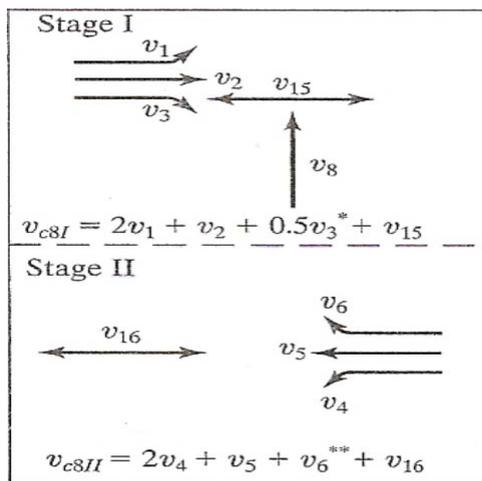


Figura 3.11a: Mov. v_{c8} IyII.

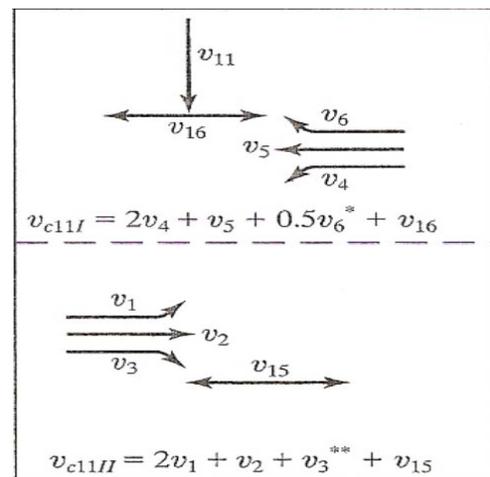


Figura 3.11b: Mov. v_{c11} IyII.

La Tabla 3.26 muestra los flujos de tráfico que se han tomado para el cálculo de los volúmenes de conflicto, donde se han sumado los volúmenes de conflicto de la fase I y la fase II; esto debido a que no se cuenta con una mediana o berma en el centro de la avenida y no permite el intervalo aceptado de espera (en inglés denominado *two-stage gap acceptance*).

Tabla 3.26: Flujos de conflicto para movimientos 8 y 11. Metodología *TWSC*.

SENTIDO DEFRENTE CALLE SECUNDARIA FASE I	$vc8,I = 2*v1 + v2 + 0.5*v3 + v15$	
	v1	128
	v2	318
	v3	100
	v15	0
	vc8, I	624
	$vc11,I = 2*v4 + v5 + 0.5*v6 + v16$	
	v4	172
	v5	943
	v6	120
	v16	0
	vc11, I	1347
	SENTIDO DEFRENTE CALLE SECUNDARIA FASE II	$vc8,II = 2*v4 + v5 + v6 + v16$
v4		172
v5		943
v6		120
v16		0
vc8, II		1407
$vc11,II = 2*v1 + v2 + v3 + v15$		
v1		128
v2		318
v3		100
v15		0
vc11, II		674
TOTAL vc8 I, II		2031
TOTAL vc11 I, II		2021

- Movimiento calle secundaria a la izquierda (*Ranking* 4, v7): conflictos con movimientos de vehículos 1, 2 y 3, y movimiento peatonal 15 (se asume nulo). También conflictos con movimientos 4, 5, 6, y 11 y 12, y movimiento peatonal 13 (se asume nulo). Esto se puede notar en la Figura 3.12a.
- Movimiento calle secundaria a la izquierda (*Ranking* 4, v10): conflictos con movimientos de vehículos 4, 5, 6, y movimiento peatonal 16 (se asume nulo). También conflictos con movimientos 1, 2, 3, y 8 y 9, y movimiento peatonal 14 (se asume nulo). Esto se puede notar en la Figura 3.12b.

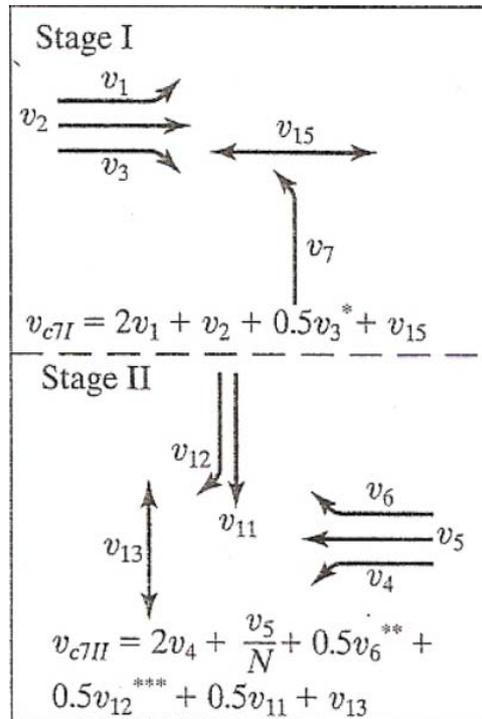


Figura 3.12a: Mov. v_{c7IyII} .

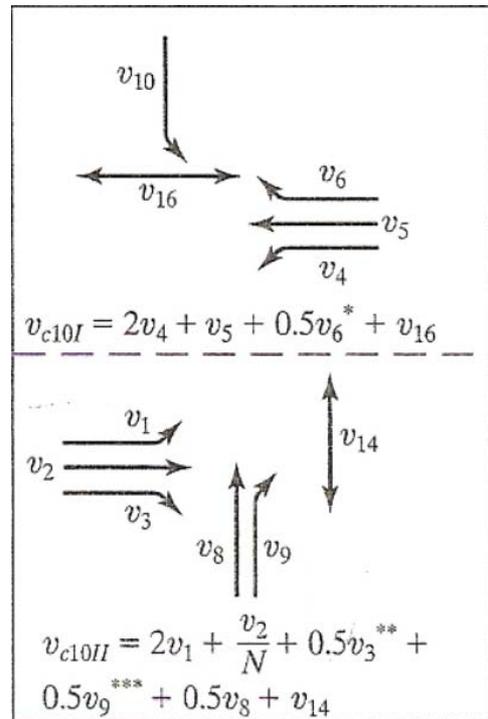


Figura 3.12b: Mov. $v_{c10IyII}$.

La Tabla 3.27 contiene los flujos de tráfico que se han tomado para el cálculo de los volúmenes de conflicto, donde se han sumado los volúmenes de conflicto de la fase I y la fase II; esto debido a que no se cuenta con una mediana en el centro de la avenida Sánchez Cerro y no permite el intervalo aceptado de espera (en inglés denominado *two-stage gap acceptance*).

Los flujos conflictivos se muestran en la Tabla 3.27:

Tabla 3.27: Flujos de conflicto para movimientos 7 y 10. Metodología *TWSC*.

GIRO A LA IZQUIERDA CALLE SECUNDARIA FASE I	$vc_{7,I} = 2 \cdot v_1 + v_2 + 0.5 \cdot v_3 + v_{15}$	
	v1	128
	v2	318
	v3	100
	v15	0
	vc7, I	624
	$vc_{10,I} = 2 \cdot v_4 + v_5 + 0.5 \cdot v_6 + v_{16}$	
	v4	172
	v5	943
	v6	120
	v16	0
	vc10, I	1347
	GIRO A LA IZQUIERDA CALLE SECUNDARIA FASE II	$vc_{7,II} = 2 \cdot v_4 + v_5/N + 0.5 \cdot v_6 + 0.5 \cdot v_{12} + 0.5 \cdot v_{11} + v_{13}$
v4		172
N		2
v5		943
v6		120
v12		80
v11		107
v13		0
vc7, II		969
$vc_{10,II} = 2 \cdot v_1 + v_2/N + 0.5 \cdot v_3 + 0.5 \cdot v_9 + 0.5 \cdot v_8 + v_{14}$		
v1		128
N		2
v2		318
v3		100
v9		100
v8		50
v14		0
vc10, II		540
TOTAL vc7 I, II		1593
TOTAL vc10 I, II		1887

Paso 2:

Encontrar el intervalo crítico y el tiempo continuo para cada movimiento.

Los intervalos críticos se hallan de la siguiente manera:

$$t_{cx} = t_{cb} + t_{cHV} \cdot P_{HV} + t_{cG} \cdot G - t_{cT} - t_{3LT} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Los tiempos continuos se hallan de la siguiente manera:

$$t_{fx} = t_{fb} + t_{fHV} \cdot P_{HV} \quad \text{Ec. 3.4}$$

donde:

- t_{cx} = intervalo crítico para cada movimiento x, s.
- t_{cb} = intervalo crítico base, obtenido del *HCM* (Anexo A.2.), s.
- t_{cHV} = factor de ajuste para vehículos pesados, s.
- P_{HV} = proporción de vehículos pesados, obteniendo un promedio de 17% al calcular el porcentaje de vehículos pesados que circulan por la avenida Sánchez Cerro. Este dato fue resultado de procesar los datos de la Tabla 3.10 y se muestra en la Figura 3.13, que corresponden a la intersección Sánchez Cerro - Chulucanas. Se asumirá que este mismo porcentaje existiría en la intersección Sánchez Cerro – Colectora.

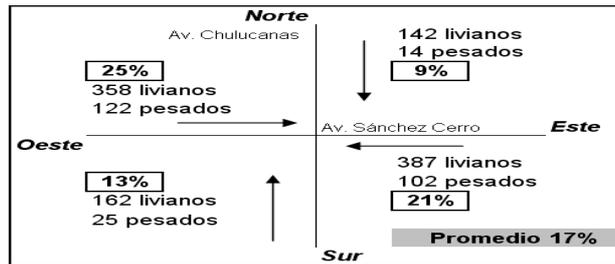


Figura 3.13: P_{HV} promedio que circula en Av. Sánchez Cerro.

- t_{cG} = factor de ajuste para pendiente, s.
- G = pendiente, decimal o porcentaje/100.
- t_{cT} = factor de ajuste para “intervalo aceptado de espera en 2 fases”, s.
- t_{3LT} = factor de ajuste por geometría de la intersección, s.
- t_{fx} = tiempo continuo para movimiento x, s.
- t_{fb} = tiempo continuo base, obtenido del *HCM* (Anexo A.2.), s.
- t_{fHV} = factor de ajuste para vehículos pesados, s.

Los valores de las variables se denotan en el Anexo A.2. y se ajustan a la geometría existente en la intersección de estudio. Estos valores se aprecian en la Tabla 3.28:

Tabla 3.28: Intervalos críticos y tiempos continuos. Metodología *TWSC*.

Movimiento	t_{cb}	t_{cHV}	P_{HV}	t_{cG}	G	t_{cT}	t_{3LT}	t_{fb}	t_{fHV}	t_c	t_f
1	4.1	2.0	0.17	1.0	0.0	1.0	0.0	2.2	1.0	3.4	2.4
2											
3											
4	4.1	2.0	0.17	1.0	0.0	1.0	0.0	2.2	1.0	3.4	2.4
5											
6											
7	7.5	2.0	0.17	0.2	0.0	1.0	0.0	3.5	1.0	6.8	3.7
8	6.5	2.0	0.17	0.2	0.0	1.0	0.0	4.0	1.0	5.8	4.2
9	6.9	2.0	0.17	0.1	0.0	1.0	0.0	3.3	1.0	6.2	3.5
10	7.5	2.0	0.17	0.2	0.0	1.0	0.0	3.5	1.0	6.8	3.7
11	6.5	2.0	0.17	0.2	0.0	1.0	0.0	4.0	1.0	5.8	4.2
12	6.9	2.0	0.17	0.1	0.0	1.0	0.0	3.3	1.0	6.2	3.5

Paso 3:

Calcular capacidades potenciales.

Los parámetros usados para determinar la capacidad potencial son los volúmenes de conflicto, intervalos críticos y tiempos continuos, y se relacionan a través de la siguiente fórmula:

$$c_{px} = v_{cx} \cdot \left[\frac{e^{-\left(\frac{v_{cx} \cdot t_{cx}}{3600}\right)}}{1 - e^{-\left(\frac{v_{cx} \cdot t_{fx}}{3600}\right)}} \right] \quad \text{Ec. 3.5}$$

donde:

- c_{px} = capacidad potencial de movimiento x, veh/h.
- t_{cx} = intervalo crítico para cada movimiento x, s.
- t_{fx} = tiempo continuo para movimiento x, s.

Los valores se aprecian en la Tabla 3.29:

Tabla 3.29: Capacidad potencial en la intersección acceso al nuevo Terminal Terrestre de Piura (TTP). Metodología *TWSC*.

INTERSECCION SÁNCHEZ CERRO - COLECTORA TTP AÑO 2010				
Movimiento	v_{cx}	t_c	t_f	c_{px}
	veh/hr	seg	seg	veh/hr
1	1063	3.4	2.4	765
2				
3				
4	418	3.4	2.4	1165
5				
6				
7	1593	6.8	3.7	96
8	2031	5.8	4.2	83
9	209	6.2	3.5	797
10	1887	6.8	3.7	61
11	2021	5.8	4.2	84
12	532	6.2	3.5	527

Paso 4:

Determinación de efectos restringidos y capacidad de movimientos.

La probabilidad de impedimento vehicular se calcula de la siguiente manera:

$$p_{vi} = 1 - \left(\frac{v_i}{c_{mi}} \right) \quad \text{Ec. 3.6}$$

No se consideraron flujos peatonales, ya que se asumen nulos o casi nada de movimientos peatonales, por lo que la probabilidad de que no haya impedimento es 100% (la proporción será igual a 1). Sólo quedan los impedimentos vehiculares para el cálculo de la capacidad de movimientos.

En la Tabla 3.30, se aprecian las probabilidades de impedimentos vehiculares para cada movimiento, siendo los movimientos más importantes de la prioridad o *rank* - 2 (movimientos 1 y 4). Ambos movimientos voltean a la izquierda en la avenida principal (avenida Sánchez Cerro). Estos movimientos no deberán tener impedimento para girar libremente, por lo que la capacidad de movimiento c_{px} es igual que la capacidad potencial c_{mx} . Para hallar los demás probabilidades, se calculó primero la probabilidad del estado de cola libre (en inglés denominado *queue-free state*) de los dos principales movimientos (1 y 4), siendo esta probabilidad relativa de 0.833 y 0.852, respectivamente.

Para hallar las demás probabilidades, se interrelaciona los datos con la Tabla 3.31, que muestra la cantidad de movimiento para cada uno de ellos, ya ajustados con sus respectivas probabilidades. Se puede apreciar que para el movimiento 11, el valor de probabilidad sale nulo, debido a que el cálculo de la probabilidad salió negativa (celda color gris oscuro – Tabla 3.30), lo que justifica que no existe capacidad para albergar vehículos en ese movimiento. Consecuentemente, para hallar las probabilidades de la prioridad o *rank* 4 (movimientos 7 y 10), éstas dependerán en parte de los movimientos 8 y 11 (celdas sombreadas). Los valores p' y p'' son factores de ajuste, aplicados sólo a la prioridad o *rank* 4. Estos factores se aprecian en las siguientes ecuaciones 3.7 y 3.8:

$$p'' = p_{v1} \cdot p_{v4} \cdot p_{v8} \cdot p_{v11} \quad \text{Ec. 3.7}$$

$$p' = 0.65 p'' - \left(\frac{p''}{p'' + 3} \right) + 0.6 \sqrt{p''} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Pero como se explicó anteriormente, la capacidad de albergar vehículos resultó negativa, por lo que se consideró nula, ya que siempre se tendrán valores de $c_{mj} > v_j$ (para efectos de cálculo); por lo tanto, la probabilidad de los movimientos 7 y 10 también será nula.

Tabla 3.30: Probabilidad para cada movimiento en la intersección acceso al nuevo Terminal Terrestre de Piura (TTP). Metodología *TWSC*.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO - COLECTORA TTP AÑO 2010			
Movimiento	v_i	c_{mi}	p_{vi}
1	128	765	0.833
2			
3			
4	172	1165	0.852
5			
6			
7			0.000
8	50	59	0.153
9	100	797	0.875
10			0.000
11	107	60	0.000
12	80	527	0.848

Tabla 3.31: Capacidad de movimiento en la intersección acceso al nuevo Terminal Terrestre de Piura (TTP). Metodología *TWSC*.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO - COLECTORA TTP AÑO 2010						
Movimiento	C _{px}	Movimientos Restringidos		Probabilidad		C _{mx}
1	765			1.000	1.000	765
4	1165			1.000	1.000	1165
9	797			1.000	1.000	797
12	527			1.000	1.000	527
8	83	1	4	0.833	0.852	59
11	84	1	4	0.833	0.852	60
7	96	p'			1.000	0
10	61	p'			1.000	0

Paso 5:

Capacidad de carriles compartidos.

Movimientos 1 y 4 tendrán su propio carril o se asume que éstos se albergarán en la parte izquierda de cada vía, dependiendo la dirección del flujo vehicular. Los movimientos 7 y 10 (prioridad 4, *rank 4*) como no tienen capacidad para albergar vehículos, se asumirá sólo para efectos de análisis que tendrán su propio carril (carril exclusivo protegido) o toda la parte izquierda de la vía concentrará al flujo que adopta sólo a estos movimientos (7 y 10); entonces los demás movimientos se desarrollarán en la parte derecha de la vía, para cada dirección de flujo vehicular en la avenida secundaria.

Debido a que no existe división entre una capacidad (c_m) con valor cero en la ecuación 3.9, movimientos 8 y 9 compartirán un carril al igual que los movimientos 11 y 12. La capacidad del carril compartido se calculará de la siguiente manera:

$$C_{SH} = \frac{\sum v_y}{\sum \left(\frac{v_y}{c_{my}} \right)} \quad \text{Ec. 3.9}$$

donde:

c_{SH} = capacidad de carril compartido, veh/h.

v_y = radio de flujo, movimiento “y”, compartiendo carril con otros flujos secundarios.

c_{my} = capacidad de movimiento de movimiento “y”, compartiendo carril con otros flujos secundarios (movimiento “y” se atribuye a la combinación de 2 o más movimientos).

Los valores hallados se aprecian en la Tabla 3.32. Esas serán las máximas capacidades que podrán albergar al compartir carril los movimientos señalados.

Tabla 3.32: Capacidad de movimientos de compartir carril en la intersección acceso al nuevo Terminal Terrestre de Piura (TTP). Metodología *TWSC*.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO – COLECTORA AÑO 2010				
Movimiento	v_y	c_{my}	v_y/c_{my}	C_{SH}
8	50	59	0.847	
9	100	797	0.125	
Total 8,9			150	154
11	107	60	1.783	
12	80	527	0.152	
Total 11,12			187	97

Paso 6:

Ajustes para señales de flujo precedente, en inglés *upstream signals*. Este ajuste no se da en el presente análisis porque las señales se encuentran fuera del espacio crítico de estudio (resultó 0.439 km, por lo tanto no se toma en cuenta este paso).

No se consideran aproximaciones explosivas, ni existe intervalo de espera aceptado para 2 fases, debido a que no se cuenta con una mediana o berma central en las avenidas de estudio.

Al no existir ninguna de estas condiciones, los ajustes no serán requeridos.

Paso 7:

Cálculo de demoras y niveles de servicio.

La demora es calculada para el movimiento hacia la izquierda de la calle principal (movimientos 1 y 4) y para las líneas compartidas de la calle secundaria (movimientos 8 y 9 y movimientos 11 y 12). Las demoras para los movimientos 7 y 10 son excesivas, por lo que la capacidad de movimiento es cero. Las demoras se pueden hallar de la siguiente manera:

$$d_x = \frac{3600}{c_{mx}} + 900 \cdot T \cdot \left[\left(\frac{v_x}{c_{mx}} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{mx}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{mx}} \right) \left(\frac{v_x}{c_{mx}} \right)}{450 \cdot T}} \right] \quad \text{Ec. 3.10}$$

donde:

d_x = demora promedio controlada por vehículo para el movimiento x, s/veh.

v_x = demanda de flujo, movimiento “x”, compartiendo carril con otros flujos secundarios.

c_{mx} = capacidad de movimiento “x”, compartiendo carril con otros flujos secundarios.

T = período de análisis, h (si fuera un período de 15 minutos, T = 0.25 h).

Las demoras para cada movimiento aparecen en la Tabla 3.33:

Tabla 3.33: Demoras para cada movimiento en la intersección acceso al nuevo Terminal Terrestre de Piura (TTP). Metodología *TWSC*.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO – COLECTORA AÑO 2010				
Movimiento	v	c	T	d
	(vph)	(vph)	(hr)	(s/veh)
1	128	765	1	10.651
4	172	1165	1	8.625
8,9	150	154	1	208.793
11,12	187	97	1	1786.065

Como se aprecia las demoras en los movimientos 1 y 4 están en un nivel de servicio B y A, respectivamente (se verificará con las demoras permisibles, capítulo 1 - Tabla 1.1), mientras que los movimientos 8, 9 y movimientos 11 y 12, las demoras son elevadas (nivel de servicio F). Esto se puede deber a los volúmenes de flujo elevados en la avenida Sánchez Cerro, que impedirán el desarrollo de los volúmenes de flujo en la avenida Colectora.

Si se asumiera que los movimientos 7 y 10 tienen su propio carril y no son afectados por los demás movimientos (a pesar de que se sabe que estos movimientos tienen las demoras más altas, debido justamente a los conflictos que generan los demás movimientos), la capacidad de la intersección, de manera integral, resultaría como se expresa en la Tabla 3.34:

Tabla 3.34: Demoras integral para la intersección acceso al nuevo Terminal Terrestre de Piura (TTP). Metodología *TWSC*.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO - COLECTORA AÑO 2010				
Movimiento	v	c	T	d
	(vph)	(vph)	(hr)	(s/veh)
1	128	765	1	10.651
4	172	1165	1	8.625
8,9	150	154	1	208.793
11,12	187	97	1	1786.065
2	318			
3	100			
5	943			
6	120			
7	50			
10	168			
2,3,5,6,7,10	1699			0

Se asumirá que los movimientos 2-3-5-6 y movimientos 7-10 (sólo en este caso) no tienen demoras, por lo que el resultado sería cero. La demora (s/veh) en la intersección sería:

Sumaprod.	368159.813
Suma	2336.000
d_{prom}	157.603

Lo cual conduce a un nivel de servicio F.

- Análisis de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas

El análisis para el año 2010, con los datos proyectados en la Tabla 3.12, se obtuvo las siguientes tasas de flujo conflictivos como se muestran en las Tablas 3.35, 3.36, 3.37 y 3.38:

Tabla 3.35: Flujos de conflicto para movimientos 1 y 4. Metodología *TWSC*.

GIRO A LA IZQUIERDA CALLE PRINCIPAL	vc1 = v5 + v6 + v16	
	v5	893
	v6	203
	v16	0
	vc1	1096
	vc4 = v2 + v3 + v15	
	v2	1040
	v3	194
	v15	0
	vc4	1234

Tabla 3.36: Flujos de conflicto para movimientos 9 y 12. Metodología *TWSC*.

GIRO A LA DERECHA CALLE SECUNDA- RIA	vc9 = v2/N + 0.5*v3 + v14 + v15	
	N	2
	v2	1040
	v3	194
	v14	0
	v15	0
	vc9	617
	vc12 = v5/N + 0.5*v6 + v13 + v16	
	N	2
	v5	893
	v6	203
	v13	0
	v16	0
	vc12	548

Tabla 3.37: Flujos de conflicto para movimientos 8 y 11. Metodología *TWSC*.

SENTIDO DEFRENTE CALLE SECUNDARIA FASE I	$vc8,I = 2*v1 + v2 + 0.5*v3 + v15$	
	v1	104
	v2	1040
	v3	194
	v15	0
	vc8, I	1345
	$vc11,I = 2*v4 + v5 + 0.5*v6 + v16$	
	v4	218
	v5	893
	v6	203
	v16	0
vc11, I	1431	
SENTIDO DEFRENTE CALLE SECUNDARIA FASE II	$vc8,II = 2*v4 + v5 + v6 + v16$	
	v4	218
	v5	893
	v6	203
	v16	0
	vc8, II	1532
	$vc11,II = 2*v1 + v2 + v3 + v15$	
	v1	104
	v2	1040
	v3	194
	v15	0
vc11, II	1442	
TOTAL vc8 I, II		2877
TOTAL vc11 I, II		2873

Tabla 3.38: Flujos de conflicto para movimientos 7 y 10. Metodología *TWSC*.

GIRO A LA IZQUIERDA CALLE SECUNDARIA FASE I	$vc7,I = 2*v1 + v2 + 0.5*v3 + v15$	
	v1	104
	v2	1040
	v3	194
	v15	0
	vc7, I	1345
	$vc10,I = 2*v4 + v5 + 0.5*v6 + v16$	
	v4	218
	v5	893
	v6	203
	v16	0
vc10, I	1431	
GIRO A LA IZQUIERDA CALLE SECUNDARIA FASE II	$vc7,II = 2*v4 + v5/N + 0.5*v6 + 0,5*v12 + 0,5*v11 + v13$	
	v4	218
	N	2
	v5	893
	v6	203
	v12	67
	v11	157
	v13	0
	vc7, II	1096
	$vc10,II = 2*v1 + v2/N + 0.5*v3 + 0,5*v9 + 0,5*v8 + v14$	
	v1	104
	N	2
	v2	1040
	v3	194
	v9	168
	v8	183
	v14	0
	vc10, II	1001
TOTAL vc7 I, II		2441
TOTAL vc10 I, II		2432

Se considerarán los mismos intervalos críticos y tiempos continuos (Tabla 3.28). Entonces la capacidad potencial será la indicada en la Tabla 3.39:

Tabla 3.39: Capacidad potencial en la intersección Sánchez Cerro - Chulucanas.
Metodología *TWSC*.

Movimiento	V_{cx}	t_c	t_f	C_{px}
	veh/hr	seg	seg	veh/hr
1	1096	3.4	2.4	748
2				
3				
4	1234	3.4	2.4	682
5				
6				
7	2441	6.8	3.7	26
8	2877	5.8	4.2	28
9	617	6.2	3.5	472
10	2432	6.8	3.7	26
11	2873	5.8	4.2	28
12	548	6.2	3.5	517

Se procede al cálculo de las probabilidades para cada movimiento (Tabla 3.40) y luego con esas probabilidades se calcula la capacidad de movimiento (Tabla 3.41), que deberá ser ajustada:

Tabla 3.40: Probabilidad para cada movimiento en la intersección Sánchez Cerro - Chulucanas. Metodología *TWSC*.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO – CHULUCANAS AÑO 2010			
Movimiento	v_i	C_{mi}	p_{vi}
1	104	748	0.861
2			
3			
4	218	682	0.680
5			
6			
7			0.000
8	183	16	0.000
9	168	472	0.644
10			0.000
11	157	16	0.000
12	67	517	0.870

p''	0.000
p'	0.000

Tabla 3.41: Capacidad de movimiento en la intersección Sánchez Cerro - Chulucanas. Metodología *TWSC*.

INTERSECCION SÁNCHEZ CERRO - CHULUCANAS AÑO 2010						
Movimiento	C _{px}	Movimientos Restringidos		Probabilidad		C _{mx}
1	748			1.000	1.000	748
4	682			1.000	1.000	682
9	472			1.000	1.000	472
12	517			1.000	1.000	517
8	28	1	4	0.861	0.680	16
11	28	1	4	0.861	0.680	16
7	26	p'			1.000	0
10	26	p'			1.000	0

Las probabilidades resultantes para los movimientos 7 y 10 (prioridad 4 o *rank* 4) obtuvieron valores negativos, pero como se explicó anteriormente, siempre se tendrán valores de $c_{mj} > 0$ (para efectos de cálculo); por lo tanto la probabilidad de los movimientos 7 y 10 también será nula.

Al considerar sólo que los movimientos 8 y 9 al igual que los movimientos 11 y 12 comparten un carril, se tienen los siguientes valores de capacidad mostrados en la Tabla 3.42:

Tabla 3.42: Capacidad de movimientos de compartir carril en la intersección Sánchez Cerro - Chulucanas. Metodología *TWSC*.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO – CHULUCANAS AÑO 2010				
Movimiento	v _y	C _{my}	v _y /C _{my}	C _{SH}
8	183	16	11.438	
9	168	472	0.356	
Total 8,9			351	30
11	157	16	9.813	
12	67	517	0.130	
Total 11,12			224	23

El resultado de estas capacidades se puede ver reflejado en las demoras controladas promedio como se muestra en la Tabla 3.43, para un carril que comparte dos movimientos:

Tabla 3.43: Demoras para cada movimiento en la intersección Sánchez Cerro - Chulucanas. Metodología *TWSC*.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO - CHULUCANAS AÑO 2010					
Movimiento	v	c	T	d	v/c
	(vph)	(vph)	(hr)	(s/veh)	
1	104	748	1	10.590	0.139
4	218	682	1	12.754	0.3196
8,9	351	30	1	19515.333	11.7
11,12	224	23	1	16064.496	9.7391

Si se compartieran sólo dos movimientos en cada carril, se tendrían las demoras de la tabla anterior (Tabla 3.43). Este caso podría darse en la realidad, debido a que en la Avenida Sánchez Cerro actualmente el tráfico circula en dos carriles. Aunque uno de ellos sólo está señalizado y encauza el tráfico a través de las marcas en el pavimento, el “otro carril” no está encauzado y su verdadera función es servir como carril de estacionamiento en caso de emergencia.

En el Acápite 3.3 se puede apreciar las demoras en cada intersección. No se considerará el análisis al año 2024, ya que resultarán demoras con valores más elevados que el análisis anterior.

3.3 Resultados del análisis

- Se tiene la Figura 3.14, donde se expresa la relación v/c vs demora (expresada en segundos, s) aplicando la metodología *two-way stop control (TWSC)* para los movimientos de la Tabla 3.33 en la intersección entre las Avenidas Sánchez Cerro - Colectora:

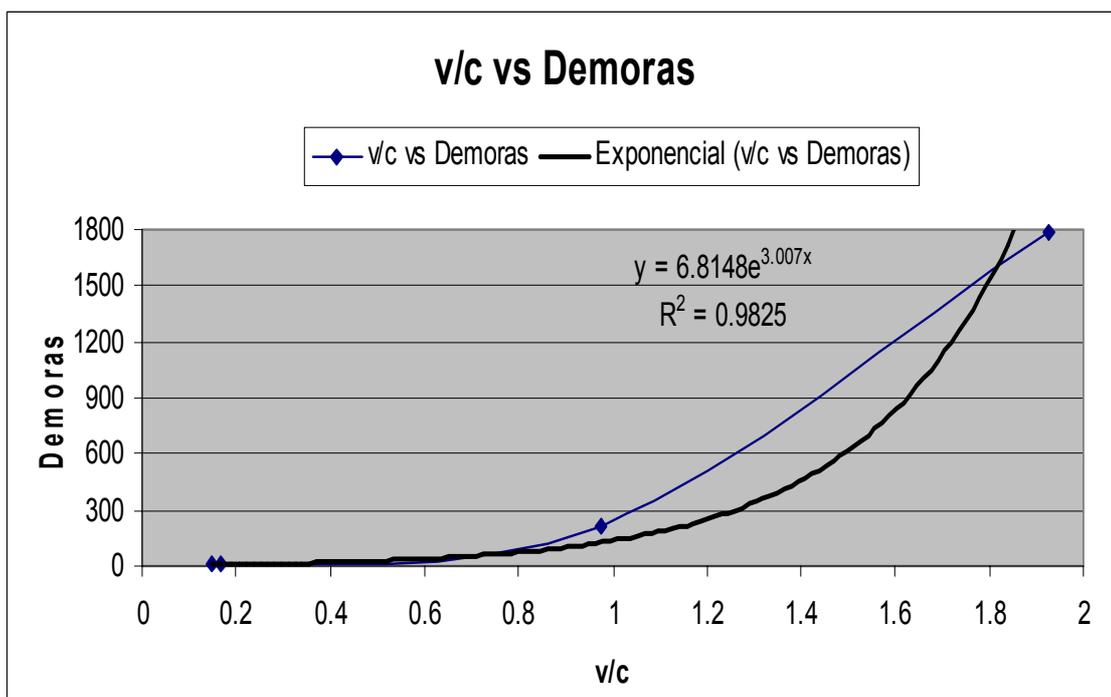


Figura 3.14: Relación v/c vs. Demoras en intersección Sánchez Cerro – Colectora.

- Se expresa la relación v/c vs demora (en segundos, s). Se aplicó la metodología *two-way stop control (TWSC)* para los movimientos de la Tabla 3.43 en la intersección entre las Avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas. La Figura 3.15 muestra lo dicho anteriormente (se grafica hasta un valor de demora de 2000 s/veh; el gráfico ubicado en la parte superior derecha muestra todos los puntos relacionados y la tendencia de los mismos).

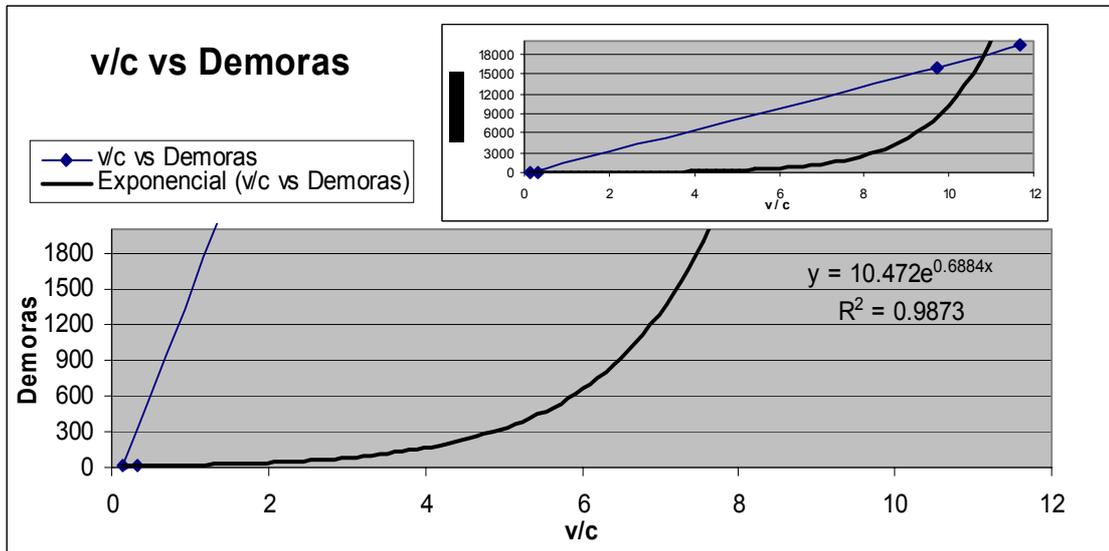


Figura 3.15: Relación v/c vs. Demoras en intersección Sánchez Cerro – Chulucanas.

- Se registran demoras elevadas, que se pueden deber a una serie de factores, algunos de los cuales pueden ser⁹:
 - El período de análisis de tamaño simple es de 1 hora, debido a que los datos están referidos a tiempos horarios. Para condiciones sobresaturadas se debe tomar períodos de análisis menores (hasta de 5 minutos, que representa en fracción $5/60 = 0.083$), ya que el comportamiento del flujo vehicular es muy distorsionado ante este escenario (aunque para este análisis se hizo este procedimiento, sin muchos cambios en las demoras menores a 100 s/veh., pero sí en las demoras mayores a 100 s/veh).

La Tabla 3.44 muestra una comparación entre las demoras de la Tabla 3.43 con un período de análisis $T_1 = 1$ hora y otra con los mismos datos, pero con un período de análisis $T_2 = 5$ min.

Tabla 3.44: Comparación de las demoras entre un período de análisis T_1 y otro período de análisis T_2 .

Movimiento	v	c	T_1	d_1	T_2	d_2
	(vph)	(vph)	(hr)	(s/veh)	(hr)	(s/veh)
1	104	748	1	10.590	0.083	10.585
4	218	682	1	12.754	0.083	12.701
8,9	351	30	1	19515.333	0.083	1845.497
11,12	224	23	1	16064.496	0.083	1622.981

- El tamaño de la sección de análisis (llamado en inglés *Platoon Size*) pudo haber variado cuando se tomaron los datos, debido a las fluctuaciones de flujo vehicular que se han podido dar en las vías. Las variaciones se dan cuando existe principalmente flujo sobresaturado ya que éste viene agrupado de manera aleatoria. Esto se puede apreciar mejor en la Figura 3.16:

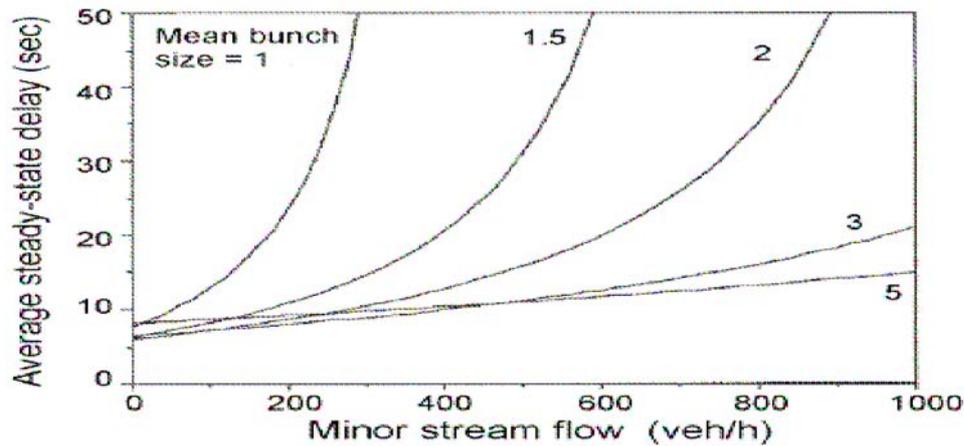


Figura 3.16: Flujo calle secundaria vs. Demora promedio para diferentes tamaños de secciones de análisis⁹.

Existen otras distribuciones que representan de mejor forma el flujo vehicular, pero debido a que todavía se están haciendo los estudios y sus respectivas conclusiones, sólo se ha analizado con distribuciones exponenciales. La Figura 3.17 muestra algunas distribuciones:

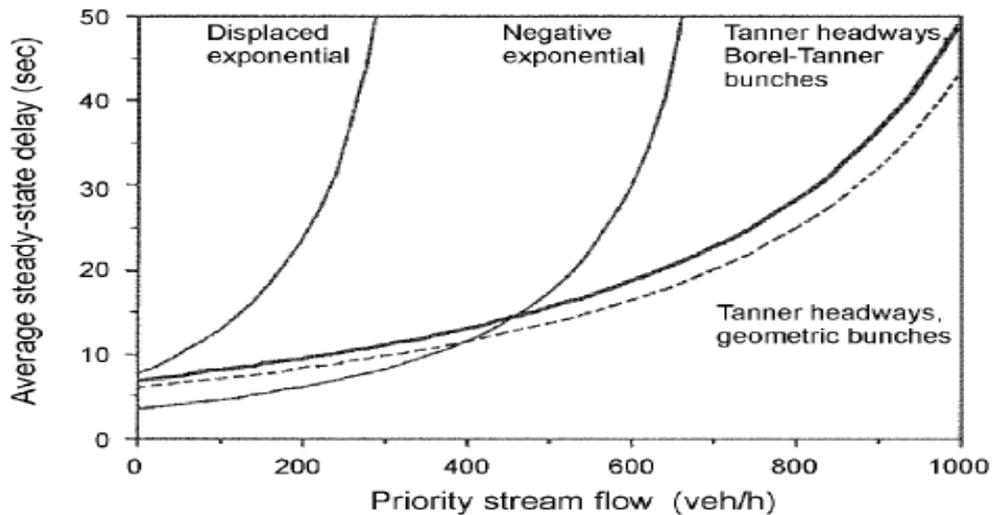


Figura 3.17: Flujo calle secundaria vs. Demora promedio para diferentes distribuciones de flujo de tráfico⁹.

En la Figura 3.16, se representa el flujo en la calle secundaria – *minor stream flow* (veh/h) vs la demora promedio - *average steady state delay* (s). En la Figura 3.17, se representa el flujo en la calle principal – *priority stream flow* (veh/h) vs la demora promedio – *average steady state delay* (s).

Capítulo 4

Desarrollo de propuestas y medidas correctivas aplicando las normas de seguridad vial

Para el desarrollo de propuestas y medidas de corrección, se deberá presentar un proyecto de solución, en donde se cubran tres elementos básicos que van desde: el aspecto físico, adaptado a las características del vehículo y del usuario; las modalidades necesarias en cuanto a educación vial, así como las reformas y sistemas legislativos y policiales, que permitan impartir una o más soluciones.

Además, sería conveniente observar, durante cierto período posterior, los resultados que tuvieron las soluciones aplicadas. Estos resultados se observarán directamente a través de las estadísticas levantadas en cuanto a la eficiencia del movimiento vehicular y de peatones, así como en cuanto a la disminución o aumento de accidentes.

4.1 Problemas y sus posibles alternativas de solución.

Los problemas que se originarán producto del tráfico vehicular ante el análisis dado en el capítulo anterior y la mala infraestructura que puede existir, se describen a continuación¹¹ (Tabla 4.1):

Tabla 4.1: Patrones y causas probables del tráfico vehicular.

Patrón	Causa Probable
Colisiones de frente con vuelta a la izquierda	Volumen grande de vueltas a la izquierda
	Distancia visual restringida
	Ausencia de carril exclusivo para dar la vuelta a la izquierda
	Exceso de velocidad en los accesos
Colisiones en ángulo recto en intersecciones sin semáforos	Distancia visual restringida
	Volumen total grande en la intersección
	Exceso de velocidad en los accesos
	Iluminación del camino inadecuada
	Señalamientos de advertencia inadecuada para proseguir hacia la intersección
	Dispositivos de control de tránsito inadecuados
Colisiones de extremo trasero en intersecciones sin semáforos	El conductor no percibe la intersección
	Superficie resbalosa
	Gran número de vehículos que dan vuelta
	Iluminación del camino inadecuada
	Exceso de velocidad en los accesos
	Falta de separación adecuada entre vehículos
	Peatones que se atraviesan
Colisiones peatón - vehículo	Distancia visual restringida
	Protección inadecuada de los peatones

Ante esto, se podrán desarrollar las siguientes contramedidas alternativas para reducir las deficiencias identificadas en seguridad.

A continuación se resaltan dichas contramedidas (Tabla 4.2):

Tabla 4.2: Contramedidas para la solución de problemas de transporte.

Causa Probable	Contramedida general
Colisiones de frente con vuelta a la izquierda	
Volumen grande de vueltas a la izquierda	Crear calle de un solo sentido
	Ensanchar el camino
	Prohibir la vuelta a la izquierda
	Cambiar la ruta del tránsito que da vuelta a la izquierda
	Crucero canalizado
	Instalar líneas de guía para dar vuelta
Distancia visual restringida	Retirar obstáculos
	Proporcionar canalización adecuada
	Suministrar pistas para dar vuelta a la izquierda
	Instalar señalamiento de advertencia
	Reducir el límite de velocidad en los accesos
Colisiones de extremo trasero y ángulo recto en intersecciones sin semáforo	
Superficie resbalosa	Restaurar carpeta asfáltica
	Instalar drenado adecuado
	Pavimento estriado
	Reducir el límite de velocidad en los accesos
	Instalar señalamientos de "pavimento resbaloso"
El conductor no percibe el crucero	Instalar, mejorar o ambas, los señalamientos de advertencia
Gran número de vehículos que dan vuelta	Crear carriles para dar vuelta a la izquierda o a la derecha
	Prohibir las vueltas
	Aumentar el radio de la guarnición (espera de vehículos)
Iluminación inadecuada del camino	Mejorar la iluminación del camino
Exceso de velocidad en los accesos	Reducir el límite de velocidad en los accesos
Falta de separación adecuada entre vehículos	Instalar señalamientos de paro
	Instalar semáforo si es necesario
Cruce de peatones	Instalar, mejorar o ambos el señalamiento o las marcas de los cruces peatonales

4.2 Propuestas de mitigación de impactos a corto y mediano plazo.

Estos son algunos diseños geométricos de una intersección, sólo con camellones o isletas construidas en la avenida perpendicular a la avenida principal (en este caso, la avenida Sánchez Cerro). La Figura 4.1 muestra estos detalles¹¹:

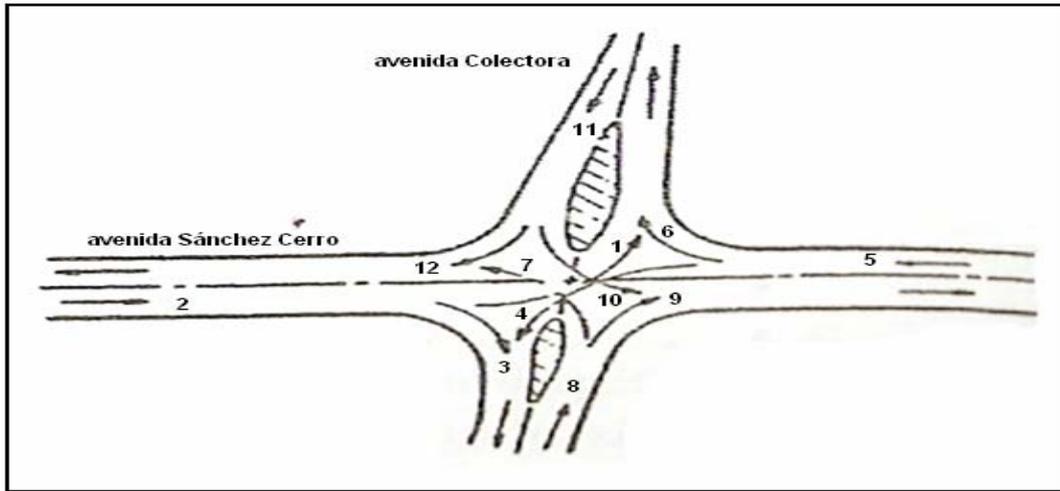


Figura 4.1: Propuesta geométrica con dos camellones o isletas en avenida Colectora.

Se desarrollan algunas propuestas de mitigación, éstas analizan la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Colectora. Estas propuestas se detallarán a continuación:

4.2.1. Tráfico a la derecha en la avenida Sánchez Cerro (avenida principal) separado por un camellón o isleta triangular hacia la avenida Colectora.

En las figuras, se muestran los diseños geométricos de la propuesta, donde los movimientos 06 y 03 (que son los movimientos a la derecha en la avenida principal, visto en el capítulo anterior), tendrán un carril especial a la derecha, que es delimitado por los camellones o isletas triangulares. La Figura 4.2a muestra el movimiento 06, mientras la Figura 4.2b muestra el movimiento 3:

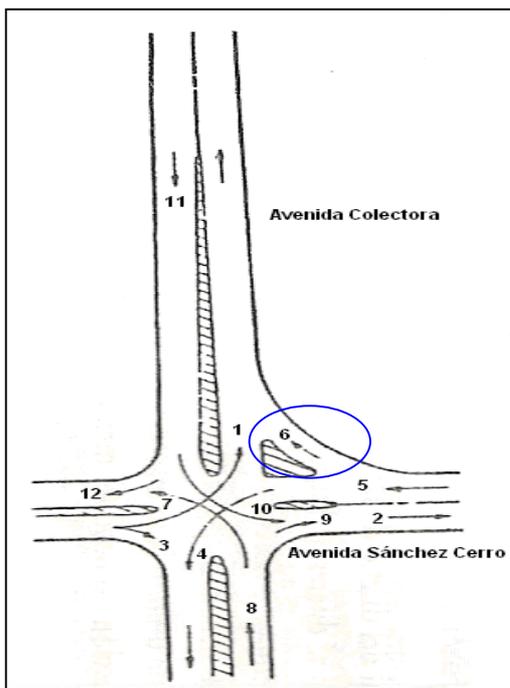


Figura 4.2a: Propuesta mov.3

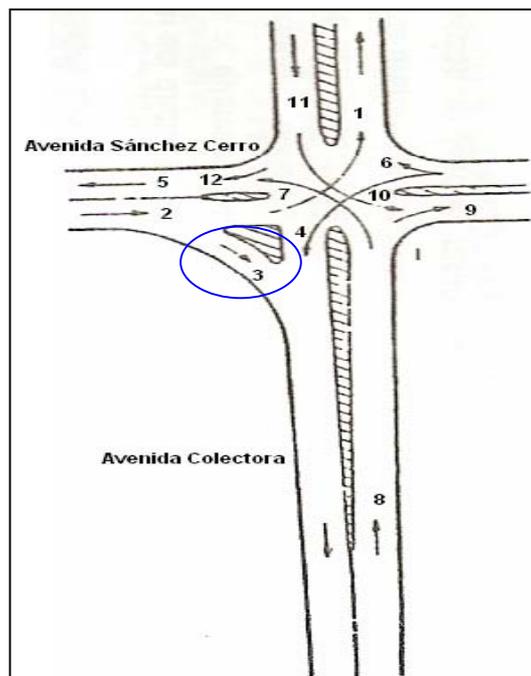


Figura 4.2b: Propuesta mov.6

Los movimientos 03 y 06 (prioridad 1, *rank 1*), al tener estos carriles exclusivos y, señales de pare y de ceder el paso, no se considerarán en el análisis de flujos conflictivos, entonces el resultado de analizar estos cambios se dan en la Tabla 4.3 (el análisis es para el año 2010):

Tabla 4.3: Flujos conflictivos para cada tipo de movimiento.

Movimiento	Flujos conflictivos
vc1	943
vc4	318
vc9	159
vc12	472
TOTAL vc8 I, II	1861
TOTAL vc11 I, II	1861
TOTAL vc7 I, II	1483
TOTAL vc10 I, II	1777

Considerando los mismos intervalos críticos (t_c) y tiempos continuos (t_f) de la Tabla 3.28, las nuevas capacidades potenciales serían las expuestas en la Tabla 4.4:

Tabla 4.4: Capacidad potencial en intersección Sánchez Cerro – Colectora.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO - COLECTORA AÑO 2010				
Movimiento	v_{cx}	t_c	t_f	c_{px}
	veh/hr	seg	seg	veh/hr
1	943	3.4	2.4	828
2				
3				
4	318	3.4	2.4	1242
5				
6				
7	1483	6.8	3.7	114
8	1861	5.8	4.2	103
9	159	6.2	3.5	849
10	1777	6.8	3.7	73
11	1861	5.8	4.2	103
12	472	6.2	3.5	570

Se aprecia un aumento en las capacidades potenciales, a comparación de los datos del capítulo anterior (Tabla 3.29), debido a los cambios efectuados en el diseño. Se obtiene la capacidad de movimiento para cada uno de los movimientos con su respectiva probabilidad (Tablas 4.5 y 4.6):

Tabla 4.5: Probabilidad para cada movimiento en la intersección Sánchez Cerro - Colectora.

Movimiento	v_i	C_{mi}	p_{vi}
1	128	828	0.845
2			
3			
4	172	1242	0.862
5			
6			
7			0.000
8	50	75	0.333
9	100	797	0.875
10			0.000
11	107	75	0.000
12	80	527	0.848

Tabla 4.6: Capacidad de movimiento en la intersección Sánchez Cerro - Colectora.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO - COLECTORA TTP AÑO 2010						
Movimiento	C_{px}	Movimientos Restringidos		Probabilidad		C_{mx}
1	828			1.000	1.000	828
4	1242			1.000	1.000	1242
9	849			1.000	1.000	849
12	570			1.000	1.000	570
8	103	1	4	0.845	0.862	75
11	103	1	4	0.845	0.862	75
7	114	p'			1.000	0
10	73	p'			1.000	0

Se tiene el mismo problema que el expuesto el capítulo anterior, donde la probabilidad para el desarrollo del movimiento 11 es menor a cero (esto en el cálculo, sabemos que en la realidad no habrá espacio alguno para albergar a otro vehículo). Las capacidades para los movimientos 7 y 10 serán cero, al final esto devendrá en demoras altas.

La capacidad de carriles compartidos se da en la Tabla 4.7:

Tabla 4.7: Capacidad de movimientos de compartir carril en la intersección Sánchez Cerro - Colectora.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO – COLECTORA AÑO 2010				
Movimiento	v_y	c_{my}	v_y/c_{my}	C_{SH}
8	50	75	0.667	
9	100	849	0.118	
Total 8,9			150	191
11	107	75	1.427	
12	80	570	0.140	
Total 11,12			187	119

Las demoras (en segundos – se debe entender para cada vehículo), para estos movimientos se dan en la Tabla 4.8 y se reflejan en la Figura 4.3:

Tabla 4.8: Demoras para cada movimiento en la intersección Sánchez Cerro - Colectora.

Movimiento	v	c	T	d	v/c
	(vph)	(vph)	(hr)	(s/veh)	
1	128	828	1	10.142	0.1546
4	172	1242	1	8.364	0.1385
8,9	150	191	1	83.573	0.7853
11,12	187	119	1	1141.197	1.5714

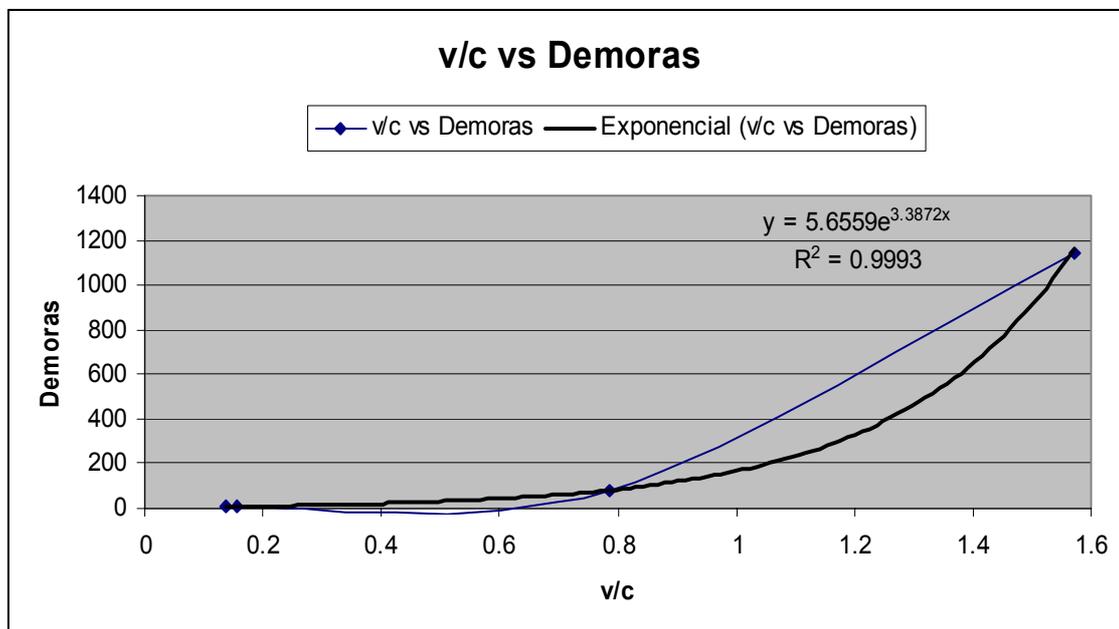


Figura 4.3: Relación v/c vs. Demoras en intersección Sánchez Cerro – Colectora.

La demora para la combinación de los movimientos 11 y 12 es de 1141.20 segundos, lo cual sigue siendo muy alta. Se adoptará la siguiente propuesta.

4.2.2 Tráfico a la derecha en las avenidas que forman la intersección Sánchez Cerro - Colectora, separado por camellones o isletas triangulares y carriles de giro exclusivo a la derecha.

Se muestra el diseño geométrico de la propuesta, donde los movimientos 06 y 03 (que son los movimientos a la derecha en la avenida principal, visto en el capítulo anterior), tendrán un carril especial a la derecha, al igual que los movimientos 09 y 12 (que son los movimientos a la derecha en la avenida secundaria), se delimitarán por los camellones o isletas triangulares (04 en total). La Figura 4.4 muestra los cambios geométricos a seguir:

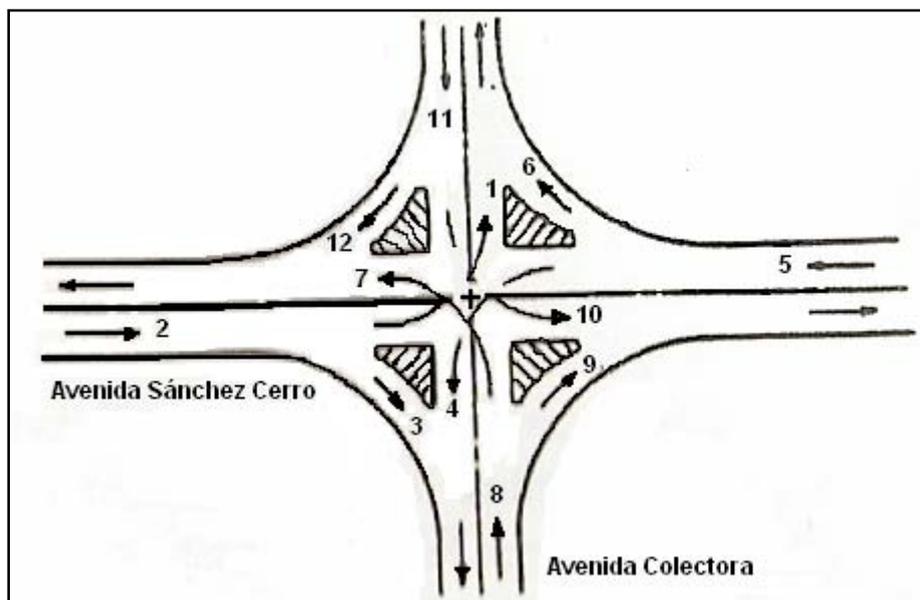


Figura 4.4: Propuesta geométrica con cuatro camellones o isletas en avenida Colectora.

Los flujos de conflictos (o flujos conflictivos) se muestran en la Tabla 4.9:

Tabla 4.9: Flujos conflictivos en intersección Sánchez Cerro – Colectora.

Movimiento	Flujos conflictivos
vc1	943
vc4	318
vc9	159
vc12	472
TOTAL vc8 I, II	1861
TOTAL vc11 I, II	1861
TOTAL vc7 I, II	1443
TOTAL vc10 I, II	1727

Se puede apreciar que los movimientos 7 y 10 son los únicos que han disminuido y lo han hecho en pequeña proporción. Si se tienen los mismos parámetros de intervalo crítico (t_c) y tiempo continuo (t_f) – del capítulo anterior (Tabla 3.28), se tendrán las siguientes capacidades potenciales expuestas en la Tabla 4.10:

Tabla 4.10: Capacidad potencial para cada movimiento en intersección Sánchez Cerro – Colectora.

INTERSECCIÓN SÁNCHEZ CERRO - COLECTORA AÑO 2010				
Movimiento	V_{cx}	t_c	t_f	C_{px}
	veh/hr	seg	seg	veh/hr
1	943	3.4	2.4	828
2				
3				
4	318	3.4	2.4	1242
5				
6				
7	1483	6.8	3.7	114
8	1861	5.8	4.2	103
9	159	6.2	3.5	849
10	1777	6.8	3.7	73
11	1861	5.8	4.2	103
12	472	6.2	3.5	570

Esta disminución no repercutirá en una disminución de las demoras, ya que los movimientos 7 y 10 son dependientes de los movimientos 8 y 11, y éstos al no variar sus flujos conflictivos ni los parámetros de intervalo crítico y tiempo continuo, se esperarán las mismas demoras (Tabla 4.8).

Los diseños como los expuestos en las Figuras 4.5a y 4.5b tampoco pueden amenguar el problema del tráfico vehicular, debido a los excedentes flujos de conflicto en la avenida Sánchez Cerro, aún teniendo carriles exclusivos de giro a la izquierda (podría otorgar más capacidad vehicular, pero de por sí, es muy limitada). Se requiere otro tipo de solución. Por lo tanto, se analizará la siguiente propuesta.

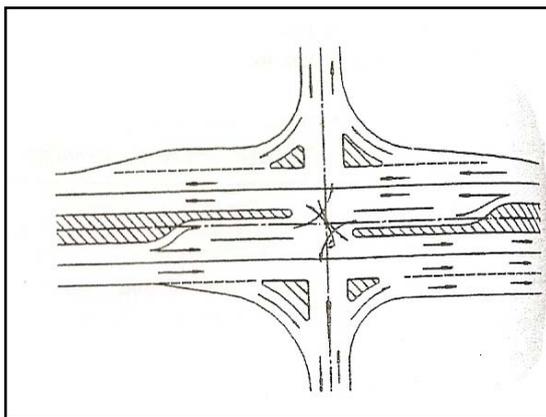


Figura 4.5a: Diseño 1.

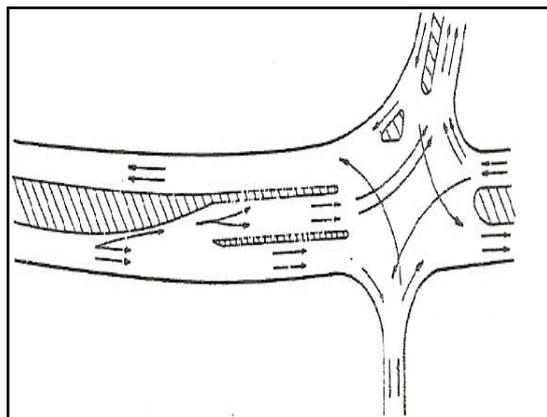


Figura 4.5b: Diseño 2.

4.2.3 Glorietas o Rotondas multi-carriles.

Analizaremos las dos intersecciones de estudio:

- La intersección Sánchez Cerro – Colectora, con el fin de encontrar una solución aplicando la metodología multi-carril, al no haberla encontrado en las dos propuestas anteriores.
- La intersección Sánchez Cerro – Chulucanas, ya que la Municipalidad Provincial de Piura construirá una glorieta en esta intersección, por lo que se analizará esta alternativa.

Primero se analiza la intersección Sánchez Cerro – Colectora con la metodología *Multi-lane Roundabout* o Glorieta multi-carril, que tendría un diseño geométrico similar al de la Figura 4.6:

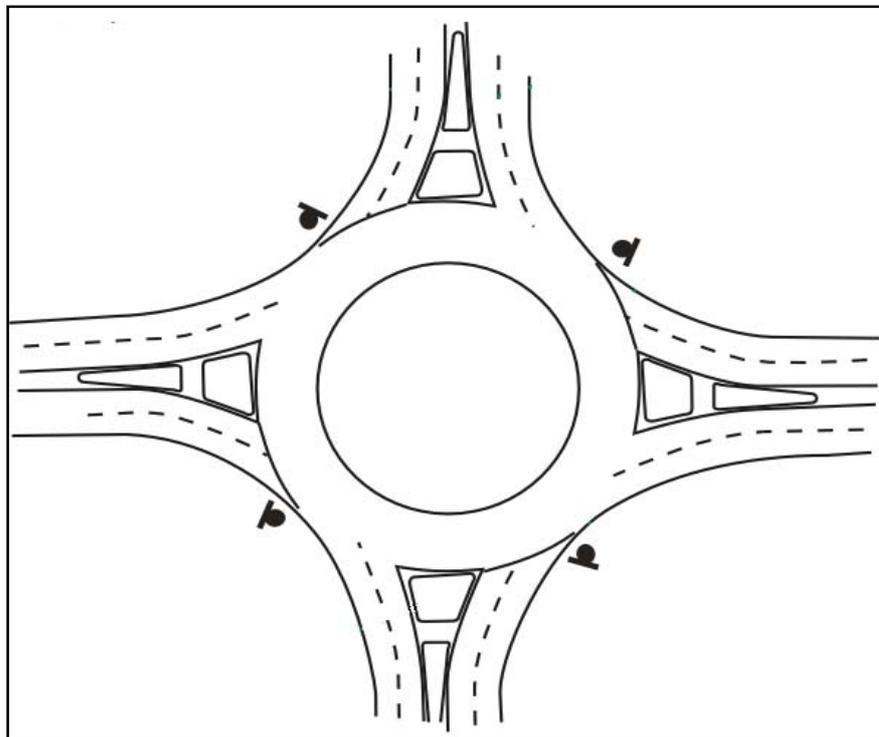


Figura 4.6: Diseño típico de glorieta multi-carril.

4.2.3.1 Intersección Sánchez Cerro – Colectora.

El análisis para el año 2010, con los datos propuestos en el expediente técnico de la Municipalidad Provincial de Piura (Tabla 3.6), obteniéndose flujos entrantes como se muestra en la Tabla 4.11:

Tabla 4.11: Flujos entrantes a la glorieta multi-carril para el año 2010.

Flujo Entrante (veh/h) = Flujo 1 + Flujo 2	Volumen de Entrada v_a (veh/h)			
	Suma Total	Flujo 1	Flujo 2	v_a (veh/h)
	1/2 Tráfico Total			
$V_{a,EB,L} = V_1 + V_{2,L}$	1171	128	458	586
$V_{a,EB,R} = V_{2,R} + V_3$	586	486	100	586
$V_{a,WB,L} = V_4 + V_{5,L}$	610	172	133	305
$V_{a,WB,R} = V_{5,R} + V_6$	305	185	120	305
$V_{a,NB,L} = V_7 + V_{8,L}$	200	50	50	100
$V_{a,NB,R} = V_{8,R} + V_9$	100	0	100	100
$V_{a,SB,L} = V_{10} + V_{11,L}$	355	168	0	168
$V_{a,SB,R} = V_{11,R} + V_{12}$	178	80	107	187

Se puede apreciar que el flujo entrante (v_a) es la suma del flujo 1 y el flujo 2. Esto se debe a que la aproximación tiene dos carriles que ingresan a la intersección.

La segunda columna (titulada Suma Total) sólo se aplica para efectos de cálculo, donde la fila superior es el doble de la inferior y así cada dos filas correlativamente – para cada dirección o aproximación (ejemplo: la celda donde contiene el valor de 1171 es el doble de la celda inferior de valor 586, la celda donde contiene el valor de 610 es el doble de la celda inferior de valor 305, y así sucesivamente).

Los flujos con subíndice entero numerado (ejemplo 1 - 5 - 8), son flujos fijos provenientes de los conteos, mientras que el otro término (ejemplo 2,R, 5,L, que puede ser un flujo a la derecha -R o a la izquierda -L) se obtiene de reacomodar el tráfico vehicular con el fin de obtener un flujo de entrada máximo v_a , que es la mitad de la suma de flujo total, distribuyéndose siempre para un solo carril.

El valor dentro de las celdas sombreadas es cero debido a que un movimiento de los tres que se aproximan a la intersección, como los graficados en la Figura 3.7, tiene un flujo de tráfico parecido o mayor a la suma de los otros dos movimientos. Esto se puede notar en la aproximación hacia el Norte (el movimiento 9 es igual a la suma de los movimientos 7, movimiento 8 a la izquierda- $v_{8,L}$, entonces el movimiento 8 a la derecha- $v_{8,R}$ se asume cero) y la aproximación hacia el Sur (el movimiento 10 es aproximado a la suma de los movimientos 12 y movimiento 11 a la derecha- $v_{11,R}$, entonces movimiento 11 a la izquierda- $v_{11,L}$ se asume también cero) como se mostró en la tabla anterior (Tabla 4.11).

Se puede apreciar el flujo circulante en las aproximaciones en la Tabla 4.12:

Tabla 4.12: Flujos circulantes en la glorieta multi-carril, año 2010.

Flujo Circulante (veh/h)	v_c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	447
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	228
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	1239

$v_{c,S} = v_4 + v_5 + v_7$	540
-----------------------------	-----

Para hallar la capacidad, se utilizará la siguiente fórmula, que corresponde al carril crítico – variable de las glorietas multicarril, que hace el análisis por carril:

$$c_{crit} = 1230 \cdot e^{(-0.0009 \cdot v_c)} \quad \text{Ec. 4.1}$$

donde:

c_{crit} = capacidad de carril crítico en la aproximación, veh/h.

v_c = flujo circulante, veh/h.

Esta expresión se utilizará para hallar la capacidad de cada carril crítico, luego se obtendrá la relación v/c (flujo de entrada vs capacidad de carril crítico) para poder estimar las demoras para cada uno de los movimientos de aproximación. Estos datos se aprecian mejor en la Tabla 4.13 (período de análisis T = 1h):

Tabla 4.13: Capacidad, demora y nivel de servicio en carril crítico para cada aproximación en intersección Sánchez Cerro – Colectora, año 2010.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	586	586	305	305	100	100	168	187
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	823	823	1002	1002	403	403	757	757
Relación v/c	0,712	0,712	0,304	0,304	0,248	0,248	0,222	0,247
Demora (seg/veh)	15,00	15,00	5,16	5,16	11,86	11,86	6,12	6,32
Nivel de Servicio	B	B	A	A	B	B	A	A
Demora Promedio (seg/veh)	15,00		5,16		11,86		6,22	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	9,56							
Nivel de Servicio	A							

Se aprecia que el nivel de servicio (comparando las demoras con la Tabla 1.1) en los carriles de aproximación en todas las direcciones (Norte-Sur-Este-Oeste) son A y B, por lo que la intersección para el año 2010 trabajaría en perfectas condiciones con el diseño de este tipo de glorietas. La intersección en su conjunto trabajaría en óptimas condiciones.

El análisis para el año 2024 (sin mejoras geométricas), con los datos propuestos en el expediente técnico de la Municipalidad Provincial de Piura (Tabla 3.7), obteniéndose flujos entrantes como se muestra en la Tabla 4.14:

Tabla 4.14: Flujos entrantes a la glorieta multi-carril para el año 2024 – sin mejoras geométricas.

Flujo Entrante (veh/h) = Flujo 1 + Flujo 2	Volumen de Entrada v_a (veh/h)			
	Suma Total	Flujo 1	Flujo 2	v_a (veh/h)
	1/2 Tráfico Total			
$V_{a,EB,L} = V_1 + V_{2,L}$	2306	418	735	1153
$V_{a,EB,R} = V_{2,R} + V_3$	1153	743	410	1153
$V_{a,WB,L} = V_4 + V_{5,L}$	2773	200	1187	1387
$V_{a,WB,R} = V_{5,R} + V_6$	1387	114	1273	1387
$V_{a,NB,L} = V_7 + V_{8,L}$	170	30	55	85
$V_{a,NB,R} = V_{8,R} + V_9$	85	55	30	85
$V_{a,SB,L} = V_{10} + V_{11,L}$	388	90	104	194
$V_{a,SB,R} = V_{11,R} + V_{12}$	194	26	168	194

Se puede apreciar volúmenes de entrada muy altos, especialmente en la aproximación al Oeste. Los flujos circulantes se aprecian en la Tabla 4.15:

Tabla 4.15: Flujos circulantes en la glorieta multi-carril, año 2024 – sin mejoras.

Flujo Circulante (veh/h)	v_c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	420
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	558
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	1986
$V_{c,S} = V_4 + V_5 + V_7$	1530

Las demoras y el nivel de servicio se muestran en la Tabla 4.16:

Tabla 4.16: Capacidad, demora y nivel de servicio en carril crítico para cada aproximación en intersección Sánchez Cerro – Colectora, año 2024 – sin mejoras.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	1153	1153	1387	1387	85	85	194	194
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	843	843	744	744	206	206	310	310
Relación v/c	1,368	1,368	1,863	1,863	0,413	0,413	0,625	0,625
Demora (seg/veh)	682,19	682,19	1569,08	1569,08	29,64	29,64	30,41	30,41
Nivel de Servicio	F	F	F	F	D	D	D	D
Demora Promedio (seg/veh)	682,19		1569,08		29,64		30,41	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	577,83							
Nivel de Servicio	F							

Se pueden apreciar demoras excesivas en las aproximaciones Este y Oeste (celdas sombreadas), esto debido al tráfico vehicular que existiría en la avenida Sánchez Cerro, producto del funcionamiento del Terminal Terrestre en esta zona. Se analizó una solución con la próxima propuesta.

El análisis para el año 2024 (con mejoras geométricas), con los datos propuestos en el expediente técnico de la Municipalidad Provincial de Piura (Tabla 3.8), obteniéndose flujos entrantes como se muestra en la Tabla 4.17:

Tabla 4.17: Flujos entrantes a la glorieta multi-carril para el año 2024 – con mejoras geométricas.

Flujo Entrante (veh/h) = Flujo 1 + Flujo 2	Volumen de Entrada v_a (veh/h)			
	Suma Total	Flujo 1	Flujo 2	v_a (veh/h)
	1/2 Tráfico Total			
$V_{a,EB,L} = V_1 + V_{2,L}$	1362	318	363	681
$V_{a,EB,R} = V_{2,R} + V_3$	681	471	210	681
$V_{a,WB,L} = V_4 + V_{5,L}$	1601	156	422	578
$V_{a,WB,R} = V_{5,R} + V_6$	801	1023	0	1023
$V_{a,NB,L} = V_7 + V_{8,L}$	170	30	55	85
$V_{a,NB,R} = V_{8,R} + V_9$	85	55	30	85
$V_{a,SB,L} = V_{10} + V_{11,L}$	388	90	104	194
$V_{a,SB,R} = V_{11,R} + V_{12}$	194	26	168	194

Se puede apreciar volúmenes de entrada relativamente bajos a comparación con los de la Tabla 4.14, aunque existe un flujo elevado de 1023 veh/h en la aproximación Oeste, al que se le ha asignado sólo el carril derecho. Los flujos circulantes se aprecian en la Tabla 4.18:

Tabla 4.18: Flujos circulantes en la glorieta multi-carril, año 2024 – con mejoras.

Flujo Circulante (veh/h)	v_c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	376
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	458
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	1242
$V_{c,S} = V_4 + V_5 + V_7$	608

Las demoras y el nivel de servicio se muestran en la Tabla 4.19:

Tabla 4.19: Capacidad, demora y nivel de servicio en carril crítico para cada aproximación en intersección Sánchez Cerro – Colectora, año 2024 – con mejoras.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	681	681	578	1023	85	85	194	194
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	877	877	814	814	402	402	712	712
Relación v/c	0,777	0,777	0,710	1,256	0,211	0,211	0,273	0,273
Demora (seg/veh)	17,91	17,91	15,01	485,96	11,34	11,34	6,95	6,95
Nivel de Servicio	C	C	C	F	B	B	A	A
Demora Promedio (seg/veh)	17,91		250,48		11,34		6,95	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	71,67							
Nivel de Servicio	F							

Como se puede apreciar, el flujo elevado en el carril derecho de la aproximación al Oeste es elevado, y consecuentemente la demora también será elevada. Se analizó una solución con la próxima propuesta.

4.2.3.1 Intersección Sánchez Cerro – Chulucanas.

El análisis para el año 2010, con los datos proyectados en la Tabla 3.12 (convertidas en unidad vehicular equivalente UVE), se obtuvo flujos entrantes como se muestra en la Tabla 4.20:

Tabla 4.20: Flujos entrantes a la glorieta multi-carril para el año 2010 – sin mejoras geométricas.

Flujo Entrante (veh/h) = Flujo 1 + Flujo 2	Volumen de Entrada v_a (veh/h)			
	Suma Total	Flujo 1	Flujo 2	v_a (veh/h)
	1/2 Tráfico Total			
$V_{a,EB,L} = V_1 + V_{2,L}$	1191	104	492	596
$V_{a,EB,R} = V_{2,R} + V_3$	596	402	194	596
$V_{a,WB,L} = V_4 + V_{5,L}$	1461	218	513	731
$V_{a,WB,R} = V_{5,R} + V_6$	731	528	203	731
$V_{a,NB,L} = V_7 + V_{8,L}$	517	166	93	259
$V_{a,NB,R} = V_{8,R} + V_9$	259	91	168	259
$V_{a,SB,L} = V_{10} + V_{11,L}$	427	203	0	203
$V_{a,SB,R} = V_{11,R} + V_{12}$	214	157	67	224

El valor dentro de la celda sombreada es cero debido a que un movimiento de los tres que se aproximan a la intersección, como los graficados en la Figura 3.7, tiene un flujo de tráfico parecido o mayor a la suma de los otros dos movimientos. Esto se puede apreciar en el carril izquierdo de la aproximación Sur. Se aprecian volúmenes de entrada relativamente bajos. Los flujos circulantes se aprecian en la Tabla 4.21:

Tabla 4.21: Flujos circulantes en la glorieta multi-carril, año 2010.

Flujo Circulante (veh/h)	v_c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	578
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	453
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	1200
$V_{c,S} = V_4 + V_5 + V_7$	1424

Las demoras y el nivel de servicio se muestran en la Tabla 4.22:

Tabla 4.22: Capacidad, demora y nivel de servicio en carril crítico para cada aproximación en intersección Sánchez Cerro – Chulucanas, año 2010.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	596	596	731	731	259	259	203	224
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	731	731	818	818	418	418	341	341
Relación v/c	0.815	0.815	0.893	0.893	0.620	0.620	0.595	0.656
Demora (seg/veh)	25.39	25.39	36.07	36.07	22.41	22.41	25.69	30.04
Nivel de Servicio	D	D	E	E	C	C	D	D
Demora Promedio (seg/veh)	25.39		36.07		22.41		27.87	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	27.93							
Nivel de Servicio	D							

Las demoras en los carriles tienen valores medios, por lo que se esperarán valores menores a 30 segundos en toda la intersección, se tendrá un nivel de servicio D, por lo que tendrá que haber cambios en la geometría física o en la operación vehicular.

El análisis para el año 2024, con los datos proyectados en la Tabla 3.13 (convertidas en unidad vehicular equivalente UVE), se obtuvo flujos entrantes como se muestra en la Tabla 4.23:

Tabla 4.23: Flujos entrantes a la glorieta multi-carril para el año 2024.

Flujo Entrante (veh/h) = Flujo 1 + Flujo 2	Volumen de Entrada v_a (veh/h)			
	Suma Total	Flujo 1	Flujo 2	v_a (veh/h)
	1/2 Tráfico Total			
$V_{a,EB,L} = V_1 + V_{2,L}$	2163	189	893	1082
$V_{a,EB,R} = V_{2,R} + V_3$	1082	730	352	1082
$V_{a,WB,L} = V_4 + V_{5,L}$	2651	396	930	1326
$V_{a,WB,R} = V_{5,R} + V_6$	1326	958	368	1326
$V_{a,NB,L} = V_7 + V_{8,L}$	939	302	168	470
$V_{a,NB,R} = V_{8,R} + V_9$	470	165	305	470
$V_{a,SB,L} = V_{10} + V_{11,L}$	774	368	0	368
$V_{a,SB,R} = V_{11,R} + V_{12}$	387	285	121	406

El valor dentro de la celda sombreada es cero debido a que un movimiento de los tres que se aproximan a la intersección, como los graficados en la Figura 3.7, tiene un flujo de tráfico parecido o mayor a la suma de los otros dos movimientos. Esto se puede apreciar en el carril izquierdo de la aproximación Sur.

Se aprecian volúmenes de entrada relativamente altos, debido al incremento vehicular, ya sea por el foco de atracción que es la Universidad César Vallejo y tiendas comerciales, así como al aumento del parque automotor. Los flujos circulantes se aprecian en la Tabla 4.24:

Tabla 4.24: Flujos circulantes en la glorieta multi-carril, año 2024.

Flujo Circulante (veh/h)	v_c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	1049
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	823
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	2179
$V_{c,S} = V_4 + V_5 + V_7$	2585

Las demoras y el nivel de servicio se muestran en la Tabla 4.25:

Tabla 4.25: Capacidad, demora y nivel de servicio en carril crítico para cada aproximación en intersección Sánchez Cerro – Chulucanas, año 2024.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	1082	1082	1326	1326	470	470	368	406
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	479	479	586	586	173	173	120	120
Relación v/c	2.261	2.261	2.261	2.261	2.716	2.716	3.064	3.381
Demora (seg/veh)	2291.10	2291.10	2287.08	2287.08	3141.71	3141.71	3789.66	4357.40
Nivel de Servicio	F							
Demora Promedio (seg/veh)	2291.10		2287.08		3141.71		4073.53	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	2948.35							
Nivel de Servicio	F							

Las demoras en los carriles son muy altas, el nivel de servicio de la intersección será F. Esto conllevará a un congestionamiento en dicha intersección. Se analiza otra solución con la próxima propuesta. Si se hace el análisis para este período de diseño – año 2024, se podrá satisfacer por ende el período de diseño – año 2010.

4.2.4 Glorietas multi-carril con carriles exclusivos de giro a la derecha.

Se muestra un diseño típico de esta propuesta en la Figura 4.7, donde es una combinación de las propuestas anteriores, con el fin de mitigar el tráfico que pueda producir uno, dos o tres movimientos acercándose a una aproximación (flujos de entrada).

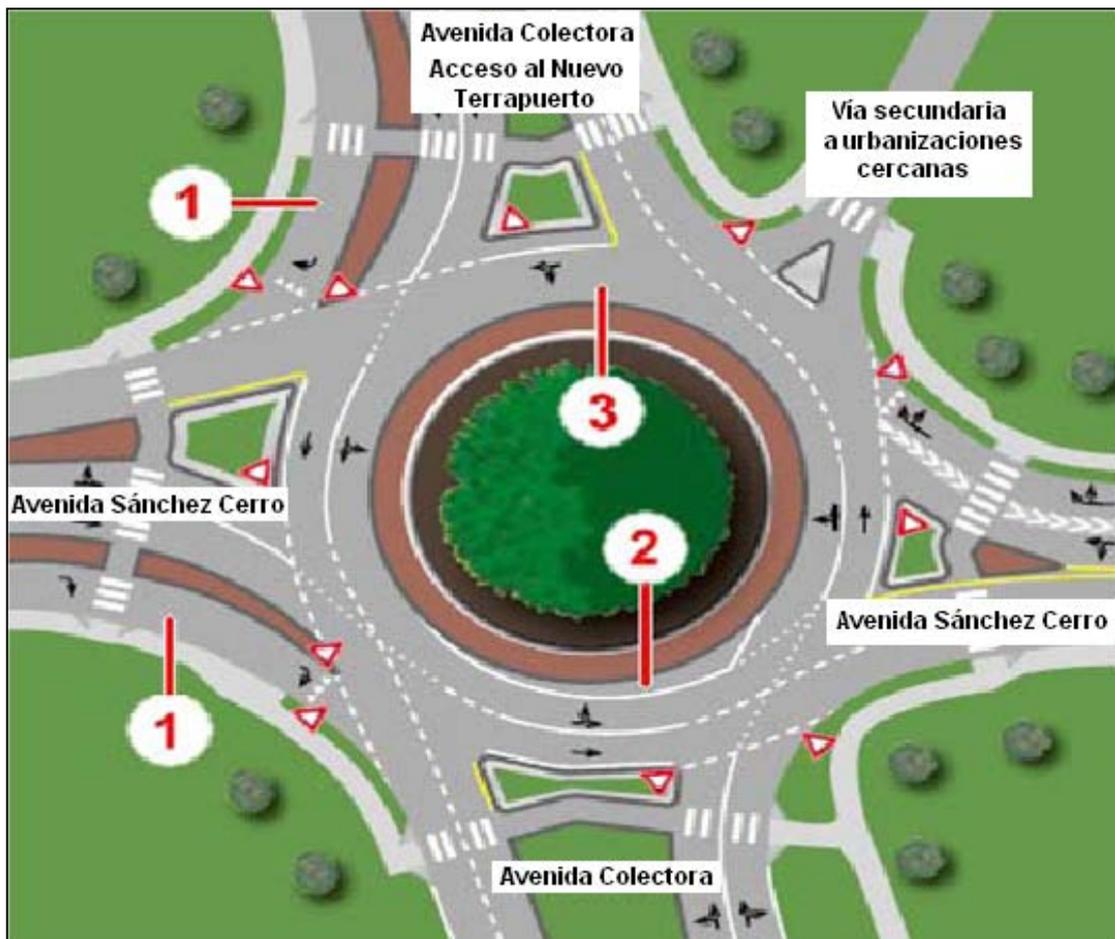


Figura 4.7: Diseño típico de glorietas multi-carril con carriles de giro exclusivo a la derecha¹².

El número 1 indica los carriles exclusivos a la derecha en el ejemplo expuesto en la Figura 4.7. Con esto se conseguirá mitigar gran parte del tráfico cercano a las aproximaciones más congestionadas. Se podrá disminuir el tráfico a la derecha hasta un 95% (según estudios del *Oregon Department Transportation* y la *Federal Highway Administration*) para el flujo de entrada a la glorieta; y ese flujo sólo se desarrollará en su carril exclusivo de giro (a la derecha), lo que permitirá amenguar la congestión en las líneas de entrada. Se recomienda tener 2 carriles para giro a la derecha debido a volúmenes elevados.

Los flujos entrantes con este cambio geométrico se pueden notar en la Tabla 4.26, donde se aprecia una considerable disminución en los movimientos 3 y 6 (giros a la derecha en la avenida principal – Sánchez Cerro).

Tabla 4.26: Flujos entrantes en la glorieta multi-carril con carriles de giro exclusivo a la derecha para la intersección Sánchez Cerro – Colectora, año 2024 – sin mejoras geométricas.

Flujo Entrante (veh/h) = Flujo 1 + Flujo 2	Volumen de Entrada v_a (veh/h)			
	Suma Total	Flujo 1	Flujo 2	v_a (veh/h)
	1/2 Tráfico Total			
$V_{a,EB,L} = V_1 + V_{2,L}$	1917	418	540	958
$V_{a,EB,R} = V_{2,R} + V_3$	958	937	21	958
$V_{a,WB,L} = V_4 + V_{5,L}$	1564	200	582	782
$V_{a,WB,R} = V_{5,R} + V_6$	782	718	64	782
$V_{a,NB,L} = V_7 + V_{8,L}$	170	30	55	85
$V_{a,NB,R} = V_{8,R} + V_9$	85	55	30	85
$V_{a,SB,L} = V_{10} + V_{11,L}$	388	90	104	194
$V_{a,SB,R} = V_{11,R} + V_{12}$	194	26	168	194

Al tener estos carriles de giro a la derecha en las aproximaciones Este y Oeste, las demoras bajan considerablemente, como se puede apreciar en la Tabla 4.27 para el análisis al año 2024 – sin mejoras geométricas – de la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro y Colectora.

Tabla 4.27: Capacidad, demora y nivel de servicio en glorieta multi-carril con carriles exclusivos a la derecha para cada aproximación en intersección Sánchez Cerro – Colectora, año 2024 – sin mejoras geométricas.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	958	958	782	782	85	85	194	194
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	843	843	744	744	206	206	310	310
Relación v/c	1,137	1,137	1,051	1,051	0,413	0,413	0,625	0,625
Demora (seg/veh)	281,72	281,72	156,19	156,19	29,64	29,64	30,41	30,41
Nivel de Servicio	F	F	F	F	D	D	D	D
Demora Promedio (seg/veh)	281,72		156,19		29,64		30,41	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	124,49							
Nivel de Servicio	F							

Se observa que las demoras se han reducido significativamente, pero igual son relativamente altas. Si se hicieran las mejoras para el escenario al año 2024, las demoras disminuyen aún más, debido a la implementación de estas mejoras – construcción de una carretera al norte que uniría al Terminal Terrestre con la carretera Panamericana¹⁰ (Capítulo 3, Tabla 3.8). Esto se puede notar en la Tabla 4.28:

Tabla 4.28: Capacidad, demora y nivel de servicio en glorieta multi-carril con carriles exclusivos a la derecha para cada aproximación en intersección Sánchez Cerro – Colectora, año 2024 – con mejoras geométricas.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	581	581	315	315	85	85	194	194
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	877	877	814	814	402	402	712	712
Relación v/c	0,663	0,663	0,387	0,387	0,211	0,211	0,273	0,273
Demora (seg/veh)	12,06	12,06	7,20	7,20	11,34	11,34	6,95	6,95
Nivel de Servicio	B	B	A	A	B	B	A	A
Demora Promedio (seg/veh)	12,06		7,20		11,34		6,95	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	9,39							
Nivel de Servicio	A							

El nivel de servicio sería el adecuado con la implementación de esa carretera, ya que dirige parte del tráfico originado por el Terminal Terrestre hacia otra ruta, ya no teniendo que pasar por la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Colectora.

Para la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas, se realizó sólo el análisis para el año 2024 (se hizo el análisis para este período, ya que si se satisface la demanda del año 2024, por consiguiente satisface también la demanda para el período 2010, que a pesar de no tener demoras tan elevadas – nivel D – se busca siempre que funcione en un mejor nivel de servicio – A, B o hasta C).

Para el año 2024, la intersección entre las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas, tendrá los siguientes flujos de entrada, en los cuales los movimientos 3 y 6 han reducido en un 95% sus volúmenes de tráfico, debido a que se considerará un carril exclusivo de giro a la derecha para ambas aproximaciones – Este y Oeste - como se aprecia en la Tabla 4.29:

Tabla 4.29: Flujos entrantes en la glorieta multi-carril con carriles de giro exclusivo a la derecha para la intersección Sánchez Cerro – Chulucanas, año 2024.

Flujo Entrante (veh/h) = Flujo 1 + Flujo 2	Volumen de Entrada v_a (veh/h)			
	Suma Total	Flujo 1	Flujo 2	v_a (veh/h)
	1/2 Tráfico Total			
$V_{a,EB,L} = V_1 + V_{2,L}$	1829	189	725	914
$V_{a,EB,L} = V_{2,R} + V_3$	914	896	18	914
$V_{a,WB,L} = V_4 + V_{5,L}$	2301	396	755	1151
$V_{a,WB,L} = V_{5,R} + V_6$	1151	1133	18	1151
$V_{a,NB,L} = V_7 + V_{8,L}$	939	302	168	470
$V_{a,NB,L} = V_{8,R} + V_9$	470	165	305	470
$V_{a,SB,L} = V_{10} + V_{11,L}$	774	368	0	368
$V_{a,SB,L} = V_{11,R} + V_{12}$	387	285	121	406

Los flujos circulantes se aprecian en la Tabla 4.30:

Tabla 4.30: Flujos circulantes en intersección Sánchez Cerro – Chulucanas.

Flujo Circulante (veh/h)	v_c (veh/h)
$V_{c,E} = V_4 + V_{10} + V_{11}$	1049
$V_{c,W} = V_1 + V_7 + V_8$	823
$V_{c,N} = V_1 + V_2 + V_{10}$	2179
$V_{c,S} = V_4 + V_5 + V_7$	2585

Las demoras y el nivel de servicio se visualizan en la Tabla 4.31:

Tabla 4.31: Capacidad, demora y nivel de servicio en glorieta multi-carril con carriles exclusivos a la derecha para cada aproximación considerando sólo movimientos 3 y 6 en intersección Sánchez Cerro – Chulucanas, año 2024.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	914	914	1151	1151	470	470	368	406
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	479	479	586	586	173	173	120	120
Relación v/c	1.910	1.910	1.963	1.963	2.716	2.716	3.064	3.381
Demora (seg/veh)	1661.36	1661.36	1751.41	1751.41	3141.71	3141.71	3789.66	4357.40
Nivel de Servicio	F	F	F	F	F	F	F	F
Demora Promedio (seg/veh)	1661.36		1751.41		3141.71		4073.53	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	2657.00							
Nivel de Servicio	F							

El nivel de servicio para la intersección es F, se puede apreciar las elevadas demoras en cada carril. Se podría añadir un carril más a la avenida Sánchez Cerro, que permitiría mitigar los altos volúmenes de tráfico que siguen en sentido de frente, y así obtener un nivel de servicio mejor. También se podría ampliar a un carril más la glorieta, tanto en su carril circulante como en sus carriles de aproximación, así se tendrían demoras menores que darían un mejor nivel de servicio. Si consideramos un carril exclusivo para los movimientos 9 y 12 de la avenida Chulucanas, obtenemos las siguientes demoras, expuestas en la Tabla 4.32:

Tabla 4.32: Capacidad, demora y nivel de servicio en glorieta multi-carril con carriles exclusivos a la derecha considerando todos los movimientos de giro a la derecha en cada aproximación en intersección Sánchez Cerro – Chulucanas, año 2024.

	EB Carril Izq.	EB Carril Der.	WB Carril Izq.	WB Carril Der.	NB Carril Izq.	NB Carril Der.	SB Carril Izq.	SB Carril Der.
Volumen de Entrada (veh/h)	914	914	1151	1151	302	347	368	291
Capacidad de Carril Crítico (veh/h)	479	479	586	586	173	173	120	120
Relación v/c	1.910	1.910	1.963	1.963	1.745	2.005	3.064	2.423
Demora (seg/veh)	1661.36	1661.36	1751.41	1751.41	1408.88	1870.43	3789.66	2641.65
Nivel de Servicio	F							
Demora Promedio (seg/veh)	1661.36		1751.41		1639.66		3215.65	
Demora Prom. en la Intersección (seg/veh)	2067.02							
Nivel de Servicio	F							

Se puede apreciar que ante estos cambios, las demoras siguen siendo muy altas, por lo que una alternativa de solución sería la construcción de un paso a desnivel en esta intersección, que permitirá que no haya conflictos entre los volúmenes de tráfico de las avenidas Sánchez Cerro y Chulucanas, ya que permitirán el paso directo de los altos volúmenes que circularán principalmente en la avenida Sánchez Cerro. No se profundizará en este análisis, sólo se sugiere revisar este tipo de intersecciones – ya que deben tener otros parámetros a tener en cuenta, que en ciudades de gran tráfico ha resultado una buena medida para mitigar el congestionamiento. Un diseño se da en el Plano 3.

En el siguiente capítulo se darán algunas pautas y recomendaciones que podrían mitigar aún más los altos volúmenes de tráfico.

4.3 Normativa de Seguridad Vial

Las principales señales que se deben utilizar en intersecciones sin semaforizar se detallan en el Anexo B. Estas incluyen también señales para glorietas o rotondas¹³.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Los altos volúmenes que se han registrado y/o proyectado a lo largo de la avenida Sánchez Cerro influyen mucho en los análisis propuestos en el capítulo 3, esto se notó en las demoras excesivas producto de la poca o casi nula capacidad de albergar vehículos.
- Se apreció que los análisis en las dos primeras metodologías del capítulo 3 no fueron suficientes para satisfacer la demanda de flujo vehicular para el año 2010 y menos la demanda para el año 2024 (del cual no se hizo el análisis, ya que el flujo vehicular es mucho mayor al del año 2010, lo que llevará a demoras mucho más elevadas). En cambio, la combinación de la metodología de la glorieta multi-carril y el carril de giro a la derecha harán del tráfico vehicular menos congestionado al reducirse significativamente las demoras y mejorar el nivel de servicio.
- La suma de los movimientos conflictivos en la metodología *Two-way stop control (TWSC)*, generó valores muy altos, esto debido a la combinación de las dos fases, ya que no se cuenta con mediana en la avenida Sánchez Cerro (en las 2 intersecciones que han sido estudiadas específicamente).
- Algunos valores de las capacidades de movimientos c_{mx} resultaron valores bajos, nulos y/o negativos, debido al gran flujo vehicular que existiría en la avenida Sánchez Cerro, que impediría el desarrollo de los movimientos en las avenidas perpendiculares a éstas (Colectora y Chulucanas).
- No se tomó el efecto del tráfico precedente a intersecciones señalizadas o semaforizadas, ya que estas intersecciones se encuentran a más de 400 metros de distancia de las intersecciones analizadas – tal es el caso de la intersección entre las avenidas Grau y Chulucanas, donde no existe semáforo pero no se encuentra dentro del rango (400 metros) – por lo que su efecto es casi despreciable.

- Las principales causas probables de accidentes, en conjunto con el análisis seguido en el capítulo 3, se pueden derivar en las siguientes:
 - Colisiones de frente con vuelta a la izquierda.
 - Colisiones en ángulo recto en intersecciones sin semáforos.
 - Colisiones de extremo trasero en intersecciones sin semáforos.
 - Colisiones peatón – vehículo.

- La glorieta (en especial la multi-carril) es una de las infraestructuras más seguras y eficientes, que permite canalizar el flujo vehicular de manera más ordenada, permitiendo minorizar las demoras que se producen en una intersección, a comparación de una intersección común. Podría ser utilizada en la intersección de las avenidas Sánchez Cerro – Colectora; siempre y cuando se implemente la vía paralela al Norte de la avenida Panamericana (Figura 5.2). El análisis de esta infraestructura demostró un nivel de servicio A.

5.2 Recomendaciones

- Para el diagnóstico y análisis de los datos, se necesita personal capacitado que pueda dar una interpretación real de los mismos (en el ámbito vial). De estos análisis se desprende una parte muy importante de la solución y sólo especialistas en la materia deberán llevarlo a cabo.

- Se debe buscar siempre la recolección y mantenimiento de los datos de la siguiente manera: almacenamiento y recuperación de los datos de los accidentes; los diagramas de colisión - esto con el fin de ilustrar los distintos tipos de maniobras y de accidentes, así como la gravedad del suceso. Y por último, el análisis de los datos de las colisiones; con el fin de: identificar los patrones que puedan existir, determinar las causas probables respecto de los conductores, las carreteras y los vehículos, y desarrollar contramedidas que reduzcan la tasa de severidad de los accidentes.

- A la par de recolectar datos, se debe hacer estudios de ingeniería para conocer las diferentes causas posibles de accidentes.

- Se recomienda tener 2 carriles para giro a la derecha de volúmenes elevados, con el fin de mitigar estos volúmenes y que no perjudiquen el normal desarrollo de los otros movimientos, como los giros a la izquierda en la avenida principal (Sánchez Cerro) y los movimientos en las avenidas perpendiculares a ésta (Chulucanas y Colectora).

- Se debe señalar de manera adecuada y consecuente toda la avenida Sánchez Cerro¹³, ya que es la principal avenida de la ciudad, donde están asentadas la mayoría de las empresas dedicadas al comercio, banca, mercado, etc.

- Una medida a corto plazo a considerar, por el crecimiento del flujo vehicular como consecuencia del aumento del parque automotor es la implementación de nuevas intersecciones señalizadas y semaforizadas, y a largo plazo podría ser la implementación de más semáforos y señales, la construcción de pasos a desnivel (by-pass) o túneles, que harán del tráfico vehicular fluido, dinámico, seguro y

más cómodo. No se debe descartar la construcción de más carriles en las principales avenidas (si hubiera el espacio necesario y adecuado) y la construcción – mejoramiento – tratamiento de otras vías adyacentes a las principales como nuevas vías de circulación y evacuación. Un ejemplo a futuro se puede apreciar en la Figura 5.1:



Figura 5.1: Posible futura propuesta a largo plazo – by-pass en intersección Sánchez Cerro – Chulucanas.

- Una de las medidas a tomar en cuenta deberá ser la construcción de la Vía de Evitamiento – Figura 5.2, que rodee la ciudad de Piura (en la planificación se especifica que sea por los alrededores del parque Kurt Beer y que la vía se una con el trébol que une las carreteras a Paita y hacia Sullana), ya que actualmente el tránsito pesado pasa por zonas urbanas. Esta vía se recomienda que sea de 2 carriles en ambas direcciones (y mejor aún si ésta es una autopista). De esta manera, se puede reducir aún más las demoras (que en gran medida se producen por la velocidad lenta y las dimensiones geométricas del transporte pesado).

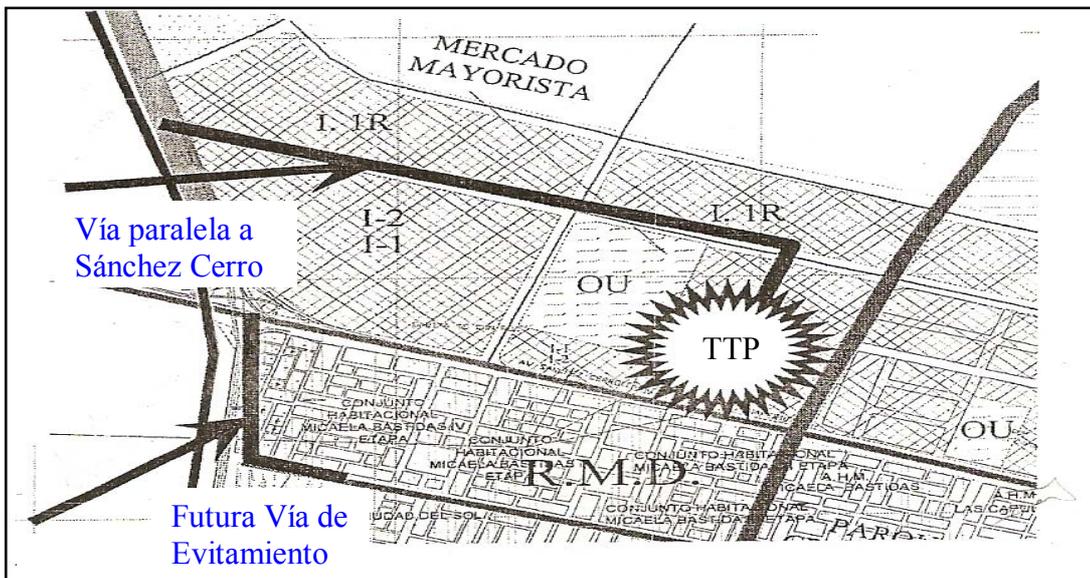


Figura 5.2: Conexión de la vía de Evitamiento con la carretera Panamericana¹⁰.

5.3 Datos complementarios:

- Todas las metodologías y propuestas son dadas para intersecciones a nivel (descrita en el acápite 1.2.1.1: clasificación de intersecciones – intersecciones a nivel). La zona de estudio se encuentra en terreno llano, típico de la morfología de la ciudad, por lo que no habría problemas de implementar las propuestas.
- Los datos obtenidos por el tesista fueron obtenidos de un expediente técnico elaborado por la Municipalidad Provincial de Piura¹⁰ y encargado a la ingeniera Sara Vega. Se adjunta el estudio vial del expediente técnico en el Anexo C. Este estudio incluye discusiones con el director de transportes del año 2004 y varios ingenieros de transportes de la ciudad de Piura. Las fechas de los conteos, así como la hora exacta no es un tipo de información permitida, sino reservada. Pero los datos, informes y tablas son más que necesarios para hacer estudios de análisis vial, diseños geométricos y de infraestructura; por lo que los conteos se encuentran de forma general y detallada en este expediente.
- Se hicieron conteos en tres (3) lugares diferentes, no se sabe la cantidad exacta, pero se registran los datos de mayor flujo vehicular a lo largo del año, y haciendo una media de conteos de años anteriores, por lo que los datos sobre flujo vehicular son los máximos en la hora punta especificada en la memoria de tesis, siendo datos críticos con los que se debe hacer un análisis vial.
- El 17% de vehículos pesados es un valor calculado y ha sido explicado en el Capítulo 3 – pág. 48. Este es un valor promedio en las cuatro (04) aproximaciones de la intersección Sánchez Cerro – Chulucanas. Este mismo valor se utilizó para la intersección Sánchez Cerro – Colectora, ya que tal intersección todavía no existe, pero para efectos del análisis es acertado.
- Actualmente el flujo peatonal en las dos intersecciones es mínimo o nulo, por lo que el análisis es un buen reflejo de la realidad. Esto es también al elevado flujo vehicular que presenta la avenida Sánchez Cerro, que hace complicado que exista flujo peatonal, por ser esta avenida muy peligrosa y de alto riesgo para el cruce de un lado a otro de la vía.
- Físicamente se puede hacer ese tipo de glorietas multi-carril con giros exclusivos a la derecha en las intersecciones de estudio (diámetro ≥ 300 pies o 92 metros aproximadamente⁶), ya que se cuenta con un amplio espacio circunscrito en una circunferencia de 120 metros de radio – dentro del cual se podría hacer toda la infraestructura de las glorietas multi-carril. La Municipalidad de Piura, en su plan director, contempla una glorieta en la intersección de las avenidas Sánchez Cerro – Chulucanas, por lo que el análisis es un precedente a la consecución de este tipo de infraestructura. Ante la otra alternativa de solución como paso a desnivel, requiere un estudio más profundo, que podría ser motivo de otra tesis, pero ésta sólo se ha dedicado al análisis y a sus posibles soluciones.
- El área está destinada para una glorieta (intersección Sánchez Cerro – Chulucanas) según el plan director de la Municipalidad de Piura. Por lo que se descarta la necesidad de expropiaciones. La intersección Sánchez Cerro – Colectora no existe por ahora, ya que el proyecto no ha comenzado aún.

Referencias Bibliográficas

- ¹ **CAL Y MAYOR, RAFAEL.** Ingeniería de Tránsito. Tercera edición. 1972. pp. 81 – 123.
- ² **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.** Reglamento de Jerarquización Vial. Decreto Supremo N° 017-2007-MTC. Título Preliminar, artículo 2, inciso b. 2007.
www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/Transito/index.htm
- ³ **NORMAS PARA OBRAS VIALES.** Material proporcionado por el Instituto de la construcción y gerencia (ICG). VII Congreso internacional de infraestructura vial & II Conferencia regional latinoamericana IRF. Agosto 2008.
- ⁴ **HIGH CAPACITY MANUAL (HCM) 2000.** Transportation research board; National research council. Cuarta edición. cap. 4, 17 y 21.
- ⁵ **UNIVERSIDAD DE PIURA.** Programa Master de Ingeniería Civil con mención en Ingeniería Vial. Documento preparado por el Mgtr. Ing. Jorge A. Timaná Rojas. **PPD / IT/NT 04. Año 2004.**
- ⁶ **GARBER, N. J.; HOEL, L. A.** Ingeniería de tránsito. Tercera edición. 2005. pp. 291 – 293 y pp. 129 – 272.
- ⁷ **ROESS R. P.; PRASSAS E. S.; MC SHANE W. R.** Traffic engineering. Tercera edición. 2004. pp. 666 – 683.
- ⁸ **RIVERA RODRÍGUEZ J. J.** “Gap acceptance studies and critical gap times for two-way stop controlled intersections in the Mayagüez area”. Tesis - Universidad de Puerto Rico. Tesis. 2006. pp. 04 – 15.
www.grad.uprm.edu/tesis/riverarodriguezinci.pdf
- ⁹ **TROUTBECK R. J.; BRILON W.** Unsignalized intersection theory, FHWA. Traffic flow theory. cap. 8.
- ¹⁰ **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PIURA.** “Expediente técnico del área de ingeniería de transportes para la etapa de preinversión del Proyecto Terminal

Terrestre de Piura”, documento preparado por la Ing. Civil Sara Rosalía Vegas Merino, 2004.

- ¹¹ **AASHTO.** A policy of geometric design of highways and streets. Washington D.C. 2001. pp. 680 – 682.
- ¹² **MARK JOERGER.** Final Report. Adjustment of driver behavior to an urban Multi-lane roundabout for Oregon Department of Transportation and Federal Highway Administration. 2007.
- ¹³ **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.** Manual de dispositivos de control de Tránsito Automotor para calles y carreteras. RM N° 210-2000-MTC/15.02 aprobada el 03/05/2000 y con su respectiva modificación RM N° 733-2004-MTC. Año 2004.

Anexo A

A.1. Proyección de la capacidad del Terminal Terrestre de Piura para días de máxima demanda y horas punta.

CUADRO N° 09 PROYECCIÓN DE LA CAPACIDAD DEL TERMINAL PARA DÍAS DE MÁXIMA DEMANDA Y HORAS PUNTA

Años	Población Distrito de Piura	Rutas Nacionales e Internacionales						Rutas Interprovinciales					
		Promedio de Bus diario	Promedio Pasajeros diario	Promedio Horas de Bus	Capacidad Máxima Vehicular	Promedio pasajeros por hora	Máxima Demanda pasajeros hora	Promedio de Bus diario	Promedio Pasajeros diario	Promedio Horas de Bus	Capacidad Máxima Vehicular	Promedio pasajeros por hora	Máxima Demanda pasajeros hora
2004	246397.00	222	7829	9	26	326	1086	1132	27016	47	71	1126	2026
2005	251094.25	226	7952	9	26	332	1105	1158	27637	48	72	1152	2073
2006	255362.85	230	8088	10	27	337	1124	1185	28273	49	74	1178	2120
2007	259704.02	234	8236	10	27	343	1143	1212	28923	50	76	1205	2169
2008	264118.99	237	8376	10	28	349	1162	1240	29589	52	77	1233	2219
2009	268609.01	242	8518	10	28	355	1182	1268	30269	53	79	1261	2270
2010	273175.36	246	8663	10	28	361	1202	1297	30965	54	81	1290	2322
2011	277819.35	250	8810	10	29	367	1222	1327	31677	55	83	1320	2376
2012	282542.27	254	8960	11	29	373	1243	1358	32406	57	85	1350	2430
2013	287345.49	258	9112	11	30	380	1264	1389	33151	58	87	1381	2486
2014	292230.37	263	9267	11	30	386	1285	1421	33914	59	89	1413	2544
2015	297198.28	267	9425	11	31	393	1308	1454	34694	61	91	1446	2602
2016	302250.65	272	9585	11	31	399	1330	1487	35492	62	93	1479	2662
2017	307388.91	276	9748	12	32	406	1352	1521	36308	63	95	1543	2723
2018	312614.53	281	9913	12	33	413	1375	1556	37143	65	97	1548	2786
2019	317928.97	286	10082	12	33	420	1399	1592	37988	66	100	1583	2850
2020	323333.77	291	10253	12	34	427	1423	1629	38871	68	102	1620	2915

1.- La capacidad máxima vehicular es de 2.78 veces el promedio horas buses nacional e internacional que llegan y salen del Terminal, para el servicio interprovincial es de 1.5.

2.- La máxima demanda de pasajeros por hora se calcula como 3.33 veces el promedio hora de pasajeros que embarcan y desembarcan de rutas nacionales e internacionales y 1.8 para rutas interprovinciales.

3.- Los parámetros aplicados anteriormente han sido tomados como referencia del estudio realizado por la consultora CIDDAT por encargo de la CEPRI-Chiclayo del Proyecto del Terminal Terrestre de Chiclayo del año del 2002.

A.2. Ajustes para el Intervalo crítico y el Tiempo continuo base.

Intervalos Críticos Bases y Tiempos Continuos Bases			
Movimiento Vehicular	Intervalo Crítico Base, t_{cb} (s)		Tiempo Continuo, t_{fb} (s)
	2 carriles en Calle Principal	2 carriles en Calle Secundaria	
Giro a la izquierda - Calle Principal	4.1	4.1	2.2
Giro a la derecha - Calle Secundaria	6.2	6.9	3.3
Paso directo - Calle Secundaria	6.5	6.5	4.0
Giro a la izquierda - Calle Secundaria	7.1	7.5	3.5

Ajustes para el Intervalo Crítico y Tiempos Continuos		
Factor de Ajuste	Valores (s)	
t_{cHV}	1.0	Calle Principal de 2 carriles
	2.0	Calle Principal de 4 carriles
t_{cG}	0.1	Movimientos 9 y 12
	0.2	Movimientos 7, 8, 10 y 11
	1.0	Otros movimientos
t_{cT}	1.0	1ra o 2da Fase del Proceso de 2 fases
	0.0	Para el Proceso de una sola fase
t_{3LT}	0.7	Giro a la izquierda en un intersección T
	0.0	Otros movimientos
t_{fHV}	0.9	Calle Principal de 2 carriles
	1.0	Calle Principal de 4 carriles

Anexo B

B.1. Algunas señales para intersecciones no semaforizadas¹² (con su código):

B.1.1 Señales Verticales

a) Señales Reguladoras.

- Señal de Pare – R-1.



- Señal de Ceda el Paso – R-2.



- Señal del Sentido del tránsito – R-14.



- Señal de Prohibido adelantar – R-16.



- Señal de velocidad máxima – R-30.



- Señal de uso de carril – R-5-1 y R-5-3, respectivamente.



b) Señales Preventivas.

- Señal de Glorieta – P-15.



- Señal de comienzo de camino dividido – P-28.



- Señal de proximidad de ceda el paso – P-59.



- Señal Chevron – P-61.



- Señal de cruce peatonal – P-48.



c) Señales Informativas.

- Señal indicativa de destino – I-5.



- Señal confirmativa de destino – I-5.



B.1.2 Señales Horizontales

- Línea de Ceda el Paso.
- Textos como ejemplo: Ceda el Paso.
- Marcas que controlan el uso del carril.
- Marcas del Paso peatonal.
- Delineadores reflectivos (ojos de gato).
- Marcas en los accesos y carril de bicicleta.

Anexo C

(Expediente técnico del área de ingeniería de transportes para la etapa de pre inversión del Proyecto Terminal Terrestre de Piura)

Anexo D

D.1. Registro Fotográfico:



Foto d1.1: Actual intersección entre las avenidas Sánchez Cerro - Chulucanas. Al fondo se puede apreciar el local de una conocida universidad (UCV).



Foto d1.2: Infraestructura actual de la avenida Sánchez Cerro.



Foto d1.3: Congestión vehicular cerca al mercado Modelo de Piura (intersección Sánchez Cerro – Gulman).



Foto d1.4: Autobuses y custers de empresas de transporte interprovincial estacionados en plena avenida Sullana, impidiendo el normal flujo vehicular por esta zona.



Foto d1.5: Típica intersección mal señalizada e inadecuada distribución de flujo vehicular, especialmente el acceso a la urbanización Ignacio Merino (intersección entre la avenida Cáceres o también llamada Panamericana y la avenida Vice).