



**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN**  
**Facultad de Ingeniería**

---

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE BICICLETAS SOBRE EL NIVEL DE  
SERVICIO EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE  
HOLGUÍN**

**MIGUEL ANGEL PORTAL TURRUELLAS**

**HOLGUÍN**

**2016**



**UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN**  
Facultad de Ingeniería

---

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE BICICLETAS SOBRE EL NIVEL DE  
SERVICIO EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE  
HOLGUÍN**

**AUTOR: MIGUEL ANGEL PORTAL TURRUELLAS**

**TUTORA: Ing. EUNICES SOLER SANCHEZ**

**HOLGUÍN**

**2016**

## **PENSAMIENTO**

“Para comprender la seguridad no hay que enfrentarse a ella, sino incorporarla a uno mismo.”

Alan Watts (1915 – 1973), filósofo británico.

## DEDICATORIA

- Quiero dedicar este trabajo a dos personas maravillosas que se han multiplicado para darme la mejor educación posible, a mis padres Maritza y Carlos.
- A mi hermano por ser más que un hermano y estar conmigo siempre que lo he necesitado.
- A mi recién nacida sobrinita Milena que llegó a nuestras vidas en un momento muy importante.

## **AGRADECIMIENTOS**

- En especial a mi tutora Eunices por creer en mí y brindarme su apoyo para que se realizara este trabajo.
- A mis padres y hermano porque siempre creyeron en mí.
- A mi novia por apoyarme en este momento de mi vida.
- A todos mis profesores que estuvieron conmigo desde primer año, por haberme enseñado valores profesionales.
- A todos mis amigos porque en algún momento cuando necesité su ayuda me la brindaron.

## **RESUMEN**

La metodología propuesta en el Highway Capacity Manual (HCM) para la evaluación de intersecciones no semaforizadas, está regida predominantemente por las características vehiculares de Norteamérica, donde no se considera la presencia de los ciclos, lo cual resulta necesario adaptarla a las condiciones existentes de la ciudad. Para ello se debe conocer la incidencia de estos medios de transporte en las intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín, lo que se traduce en la determinación de un factor de equivalencia con el fin de llevar todo un volumen mixto a una sola unidad de cálculo. Se realizan estudios de tránsito para determinar parámetros como velocidad, volumen, brecha y áreas de ocupación, cuyos resultados permiten establecer un factor de equivalencia de ciclos a autos ligeros. Para evaluar la incidencia de los ciclos se incluyó el factor obtenido a la metodología donde los resultados alcanzados se acercan a la realidad cotidiana, es decir, que hay problemas en la circulación debido a la presencia de estos medios. Se aplicó la metodología modificada en las intersecciones Máximo Gómez – Cuba y Morales Lemus – Aguilera donde se obtuvo valores de niveles de servicio desfavorables para los accesos secundarios.

## **ABSTRACT**

The methodology proposed in the Highway Capacity Manual (HCM) for unsignalized Intersections evaluation, which is governed predominantly for the vehicular characteristics of North America, where the presence of the cycles is not considered, it proves to be necessary to adapt it to the existent conditions of the city. For it, the the incidence of these kind of transportation in the unsignalized Intersections of Holguin city must be known, which is about of the determination of a factor equivalence with the target to become an all mixed volume to one single unit of calculation. Transit studies need to be made to find parameters as speed, volume, gap and occupation area, which results allow us to establish the factor equivalence from cycle to light cars. To evaluate the incidence of the cycles, the factor equivalence was included in the methodology where the results obtained are close to the daily reality, which it means there are trouble because of the presence of this kind of transportation. The modified methodology was applied in the Maximo Gomez – Cuba and Morales Lemus – Aguilera intersections where the service level value obtained were unfavorable in the secondary access.

## ÍNDICE

Denominación	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO – I CARACTERIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DE MARCHA LENTA EN LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE HOLGUÍN.....	6
Introducción al capítulo.....	6
1.1 Análisis de los antecedentes históricos de los estudios acerca de la incidencia de los ciclos en las vías.....	6
1.2 Incidencia de los ciclos en las intersecciones.....	7
1.2.1 Definiciones generales.....	7
1.2.1.1 Capacidad y nivel de servicio.....	7
1.3 Caracterización de la metodología concebida por el Manual de Capacidad y Nivel de Servicio 2010 para intersecciones no semaforizadas.....	9
1.3.1 Metodología de análisis.....	11
1.4 Estudios de tránsito.....	21
1.4.1 Volumen de tránsito.....	21
1.4.2 Velocidad media de recorrido.....	23
1.4.3 Brechas.....	24
1.4.4 Intervalo.....	25
1.5 Conclusiones del capítulo.....	26
CAPÍTULO – 2 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CICLOS A AUTOS.....	28
Introducción al capítulo.....	28
2.1 Selección de las intersecciones.....	28
2.2 Comportamiento de los usuarios en la vía.....	29
2.3 Características geométricas.....	29



2.4 Estudios de volumen.....	30
2.5 Estudios de velocidad.....	34
2.6 Brechas.....	35
2.7 Ocupación del carril.....	36
2.8 Determinación del factor de equivalencia de ciclos a autos en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín.....	36
2.9 Conclusiones parciales.....	38
CAPÍTULO – 3 EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE CICLOS EN INTERSECCIONESNO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE HOLGUÍN.....	39
Introducción al capítulo.....	39
3.1 Evaluación del comportamiento de intersecciones no semaforizadas mediante la metodología HCM sin considerar los volúmenes de ciclos y vehículos de tracción animal.....	39
3.1.1 Intersección Máximo Gómez – Cuba.....	39
3.1.2 Intersección Morales Lemus – Aguilera.....	41
3.2 Evaluación del comportamiento de las intersecciones no semaforizadas mediante la metodología HCM considerando los volúmenes de ciclos y vehículos de tracción animal y con el factor encontrado.....	42
3.2.1 Intersección Máximo Gómez – Cuba.....	42
3.2.2 Intersección Morales Lemus – Aguilera.....	44
3.3 Análisis de los resultados.....	45
3.4 Conclusiones del capítulo.....	46
CONCLUSIONES GENRALES.....	47
RECOMENDACIONES.....	48
BIBLIOGRAFIA.....	49
ANEXOS.....	

## **INTRODUCCIÓN**

A medida que el hombre evolucionó transformó paulatinamente su forma de pensar y su perspectiva de la vida, donde se encuentra con la necesidad de trabajar para desarrollarse. El constante intercambio con sus iguales, generó la comunicación tanto a corta como a larga distancia, es así que surge el transporte como medio para satisfacer dicha necesidad.

Al inicio comienza a trasladarse a pie, luego surge la rueda y con ello el transporte de tracción animal, más tarde aparece el automóvil con motor de vapor lo cual estimula el deseo de crear caminos en buen estado para su locomoción; tiempo después nace el vehículo de motor de combustión interna en la forma que se conoce actualmente.

Otro medio de transporte muy usado en el mundo es la bicicleta que debido al alto precio del combustible es muy popular pues además de económico y sostenible, es sano y ecológico. Ante tal desarrollo y como ciencia para organizar el florecimiento de estos altos volúmenes de tránsito surge la ingeniería de tránsito.

Los primeros estudios sobre nivel de servicio datan de 1935, sin embargo no existía una herramienta capaz de analizar el alto flujo vehicular, debido a esto en 1950 se crea la primera edición del Manual de Capacidad Vial en Estados Unidos, el cual cuenta con dos ediciones más, en 1965 y 1985, y cuatro modificaciones, en 1994, 1997, 2000 y 2010. En ellas se describe una metodología para analizar la capacidad y el nivel de servicio en intersecciones no semaforizadas.

La obtención de información sobre volúmenes de tránsito es de gran utilidad en el planeamiento del transporte, diseño de redes viales, operaciones e investigación del tránsito. Un análisis profundo de los factores que intervienen en el funcionamiento de las vías da lugar a un sistema vial completamente seguro y factible.

Dentro de los problemas que existen en el tránsito en la actualidad, la diversidad del medio de transporte que comparten una misma vialidad es uno de ellos, en las que se producen demoras, congestionamientos, accidentes, entre otros conflictos. Por tanto, para los proyectos que se realicen en zonas urbanas o no, es necesario tener en cuenta los medios de transporte que van transitar con el fin de separar los automotores de los

no automotores. Para que las velocidades, la capacidad y las maniobras que se podrían realizar prevista por cada conductor de acuerdo con las señalizaciones establecidas no se vean afectado por estos medios de transporte (ciclo y coche). No obstante, las vialidades existentes fueron diseñadas para otras condiciones de tránsito, sin embargo, este problema persistirá y los análisis de flujo estarán en función de las particularidades de cada vía y cada nación.

En Cuba antes de los años 90 existía una amplia variedad de vehículos automotores, donde los coches y los ciclos eran considerados como transporte de recreación y deporte. Luego de la caída del campo socialista el país atravesó una crisis económica en la esfera del transporte donde los ciclos y coches pasaron a ser los vehículos más usados.

La ciudad de Holguín es una de las que más ciclos presentan, los cuales transitan libremente por todas las vías, fundamentalmente en las zonas urbanas, donde obstaculizan la circulación de los vehículos de marcha rápida y se hacen presentes directamente en la movilidad y la eficiencia de la circulación.

Por lo antes mencionado se puede plantear el problema de la investigación. ¿Cómo influye el factor ciclo en el nivel de servicio en las intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín?

Objeto de la investigación: metodología propuesta por el HCM 2010 para analizar capacidad y niveles de servicio en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín.

Campo de acción: incidencia del factor ciclo en el nivel de servicio en las intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín.

Objetivo general: evaluar la incidencia de los ciclos en la capacidad y los niveles de servicio en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín con el uso de la metodología propuesta por el HCM 2010, a partir de la determinación del factor de equivalencia de ciclos a autos.

### Objetivos específicos:

- 1- Analizar los antecedentes históricos de los estudios realizados en torno a la incidencia de bicicletas en intersecciones controlada por señales de prioridad.
- 2- Conceptualizar los estudios de volumen de tránsito, velocidad media de recorrido, capacidad y nivel de servicio.
- 3- Caracterizar la metodología implementada en el Highway Capacity Manual (HCM 2010).
- 4- Realizar los estudios de tránsito para evaluar la incidencia del factor ciclo en el nivel de servicio en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín.
- 5- Evaluar la capacidad y los niveles de servicio con el uso del factor de equivalencia en intersecciones no semaforizadas en la ciudad de Holguín.

Hipótesis: si se considera el factor de equivalencia de ciclos a autos en la metodología del HCM 2010, se podrá evidenciar la incidencia de estos en la capacidad y el nivel de servicio de las intersecciones no semaforizadas Máximo Gómez – Cuba y Morales Lemus – Aguilera.

### Métodos de la investigación

#### Métodos Teóricos:

- Histórico–Lógico: para realizar un análisis histórico de intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín, por donde transiten ciclos y la incidencia de estos en el Nivel Servicio. Será necesario además realizar un análisis cronológico de los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan la presencia de ciclos en las vías urbanas de Holguín.
- Sistémico–Estructural: para conformar el aporte de la investigación con un enfoque sistémico, que considere su estructura, componentes y relaciones que se dan entre ellos.
- Análisis y Síntesis: Para el análisis de la información procedente de la caracterización histórica, teórica, metodológica y empírica de las intersecciones

no semaforizadas de la ciudad de Holguín y la incidencia del factor ciclo en el Nivel de Servicio.

#### Método Empírico

- Análisis documental: para la búsqueda de información relacionada con la caracterización histórica, teórico-metodológica y empírica de las intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín y la incidencia del factor ciclo en el Nivel de Servicio.
- Observación científica: para la realización del diagnóstico intersecciones no semaforizadas y la incidencia del factor ciclo en el Nivel de Servicio.
- Métodos estadísticos – descriptivos: para la toma del tamaño de la muestra en estudios de velocidad, volumen y brecha y para la verificación de la fiabilidad de la muestra.

El aporte de esta investigación se refleja al incorporar a la metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones de prioridad el factor de equivalencia de ciclos a autos, el cual brindará una mayor aproximación al funcionamiento real de las intersecciones controladas por señales de la ciudad de Holguín.

La novedad científica está enmarcada en el conocimiento de la capacidad y el nivel de servicio de las intersecciones no semaforizadas alcanzada a partir de la implementación de la metodología del HCM y la incorporación del factor de equivalencia.

El resultado planteado es el objetivo fundamental de un plan del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Holguín y responde a la problemática de “La formación del Ingeniero Civil y la práctica de sostenibilidad” lo que se manifiesta en las potencialidades de un Ingeniero Civil en la rama de la Ingeniería del Tránsito.

La tesis está estructurada por 3 capítulos. En el capítulo 1, se valora el comportamiento que han tenido los flujos vehiculares en las intersecciones que exista alta presencia de ciclos. Se caracteriza además la metodología propuesta por el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) en sus diferentes ediciones para el análisis de la capacidad y los

niveles de servicio. El capítulo 2 se basa en determinar el factor de equivalencia de ciclos a autos ligeros a partir de estudios de tránsito. En el último capítulo se evalúa la incidencia de los ciclos en el funcionamiento de la intersección a través de la metodología propuesta en el HCM 2010 con el uso del factor de equivalencia en las intersecciones casos de estudio calles Máximo Gómez - Cuba y Morales Lemus - Aguilera. A partir de los resultados obtenidos en cada capítulo se plantean conclusiones generales y recomendaciones.

# **CAPÍTULO – I CARACTERIZACIÓN DE LA EVALUACION DE LA INCIDENCIA DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DE MARCHA LENTA EN LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE HOLGUIN**

## **Introducción al capítulo**

Una bicicleta es un medio de transporte que presenta dos ruedas en tándem, impulsado solamente por el esfuerzo de una persona. Los ciclos representan una pequeña parte del flujo vehicular en Norteamérica. No obstante, hay lugares en los que es considerable el impacto de éstas en la circulación. Muchas ciudades han implementado iniciativas para dotar a los ciclos de zonas para su circulación en calles y carreteras que no creen conflictos con los vehículos. El uso habitual de estos medios de transporte como modo de traslado personal ha aumentado, principalmente en zonas de clima cálido. La bicicleta es un medio de transporte muy popular al ser ligera y manuable, es una buena alternativa en zonas urbanas donde la circulación es difícil.

### **1.1 Análisis de los antecedentes históricos de los estudios acerca de la incidencia de los ciclos las vías.**

El automóvil es el principal medio de transporte público en los países desarrollados, brinda condiciones de seguridad, confort y velocidad. Sin embargo, el rápido crecimiento poblacional ha forzado a las personas a buscar vías alternativas de locomoción. La bicicleta es una opción muy sugerente, ya sea por motivos económico, pues este no necesita de combustible para su traslación o porque sea ligero y de fácil manejo. En países como Canadá o Alemania su uso es elevado pero la presencia de ellos no interfiere en gran medida con la circulación debido a que se cuenta con carriles especiales para su movimiento.

En Cuba luego de la caída del campo socialista, la nación se vio envuelta en una fuerte crisis económica que afectó grandemente a la sociedad civil y a las diferentes esferas económicas. Se hizo necesario hacer una reducción en las producciones industriales, así como las exportaciones de bienes y servicios. El sector del transporte fue uno de los

más afectados debido a la reducción del intercambio internacional y donde más se evidenció fue en los servicios de transporte público de carga y de pasajeros. Como consecuencia de la decadencia del sistema de transporte muchas personas se les resultó difícil el movimiento hacia ciertos lugares de las ciudades, es así como los ciclos se hicieron relevantes en la sociedad los cuales aliviaron un poco el problema de transporte existente en el país.

Este medio es muy rentable para el cubano común, pues en comparación con un automóvil es por mucho de menor costo, pero a la hora de realizar un estudio de tránsito en una vía es necesario tenerlo en cuenta debido a los altos volúmenes que representa en el parque vehicular.

## **1.2 Incidencia de los ciclos en las intersecciones.**

Los ciclos afectan directamente las condiciones de circulación de las intersecciones, por ejemplo, cuando comparten un carril con otros vehículos ocupan una parte del mismo y así se afecta su capacidad. Este resultado se registra mediante la apropiada determinación y asignación de un factor equivalente en vehículos ligeros por cada bicicleta de manera que se simplifique todo ese volumen variado a una sola unidad de cálculo. También cuando los vehículos efectúan maniobras de giro donde entran en conflicto con un flujo de circulación de bicicletas, se encuentran con una oposición adicional además de las que usualmente tienen de los vehículos y peatones que circulan en direcciones opuestas a las suyas.

### **1.2.1 Definiciones generales**

A continuación, se describen algunas definiciones claves para el desarrollo de la investigación.

#### **Capacidad**

Se define en general, como capacidad de una vía a la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar un perfil transversal o tramo uniforme de un carril o calzada durante un período definido de tiempo bajo las condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de



regulación. El período de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15min, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto para el que puede presentarse una circulación estable. (Cal y Cárdenas, 2007)

Para la determinación de una óptima capacidad es necesario reunir un conjunto de condiciones las que deben ir estrechamente relacionadas:

- Las condiciones de la vía: estas hacen referencia a las características geométricas de la calle, la cual incluye: el tipo de infraestructura y las características urbanísticas de su entorno, el número de carriles por cada sentido de circulación, el ancho de carriles y aceras, los despejes laterales, la velocidad de diseño y el trazado en planta.
- Las condiciones de la circulación: representan las características de la circulación que utiliza la instalación. Estas quedan definidas por la composición de los vehículos y su distribución, la cantidad y distribución del tráfico entre los carriles disponibles y la distribución por sentidos del mismo.
- Las condiciones de control: evidencian los tipos y diseño específico de los sistemas de control y de la normativa existente en una vía, la ubicación, el tipo y la programación de los semáforos son condiciones del control que afectan críticamente a la capacidad. Las señales de PARE y CEDA EL PASO, las restricciones en el uso de los carriles, las restricciones en el giro de los vehículos, son entre otras, medidas de control importantes.

### **Nivel de Servicio**

El concepto de niveles de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones operativas de una corriente vehicular y de su percepción por los conductores y pasajeros. La definición de nivel de servicio describe generalmente estas condiciones en términos tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad y conveniencia o adecuación del flujo a los deseos del usuario, y la seguridad vial. Para cada tipo de vía para el que se dispone de procedimientos de análisis se han definido seis niveles de servicio. Se le denomina por las letras A - F,

donde el nivel A representa las mejores condiciones de circulación y el nivel de servicio F las más desfavorables. (HCM, 2010)

A continuación, se muestra la tabla 1.1 donde se describen las características de operación según cada nivel de servicio.

**Tabla 1.1 Descripción del nivel de servicio para intersecciones controladas con semáforo.**

Nivel de Servicio	Características de la operación
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no se detienen
B	Ocurre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.
C	Ocurre con una sincronía regular o ciclos largos; los ciclos individuales: empiezan a fallar.
D	Empieza a notarse la influencia de congestionamientos ocasionados por un ciclo largo y una sincronía desfavorable, muchos vehículos se detienen.
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos, las fallas en los ciclos son frecuentes.
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, con una sincronía muy deficiente y ciclos demasiado largos.

Fuente: *Highway Capacity Manual. Estados Unidos, 2010.*

### **1.3 Caracterización de la metodología concebida por el Manual de Capacidad y Nivel de Servicio para intersecciones no semaforizadas.**

Los procedimientos para el análisis de la capacidad de las intersecciones que se hallan reguladas mediante señales de PARE, en dos de sus accesos y CEDA EL PASO, se basa en un método alemán originalmente publicado en el año 1972 y traducido en 1974 en una publicación de la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE). El método se ha modificado en base a un número limitado de estudios para analizar su validez en los Estados Unidos, dirigidos por el UnsignalizedIntersectionSubcommittee of theHighwayCapacity and Quality of ServiceCommittee of theTransportationResearchBoard. (Highway Capacity Manual. Estados Unidos, 2010)

Este procedimiento está basado en datos empíricos correspondientes a las características prevaletientes del sistema vial de Estados Unidos, su parque vehicular y regulaciones, a nivel internacional varios países han modificado la metodología en los que incluyen aspectos relacionados con el estado del pavimento, uso de los carriles (Gallegos, 2005), por mencionar algunos, adaptándola a sus características particulares. A partir de las recomendaciones hechas de los estudios antes planteados los investigadores trabajan para que el manual pueda ser empleado en cada nación.

Para los profesionales e investigadores este manual suministra un sólido sistema de conocimientos, el cual brinda criterios que tienen en cuenta la calidad del servicio de los distintos tipos de carreteras.

La intención del manual es la de proveer una base sistemática y consistente para el establecimiento de rangos para evaluar cualitativa y cuantitativamente el comportamiento de los flujos vehiculares en diferentes sistemas viales. De esta manera se pueden implantar nuevas estrategias que ayuden a mejorar la eficiencia operacional, las condiciones geométricas y la reducción de demoras que afectan a los usuarios de estas infraestructuras viales.

Para las vías de flujo discontinuo, como son las calles de la ciudad, el nivel de servicio queda establecido por la velocidad media de recorrido y las demoras por parada de los vehículos en función de la velocidad de flujo libre. En el caso de intersecciones el nivel de servicio está determinado por la demora media de parada por vehículo. En la tabla 1.2 se muestran las demoras promedio por cada uno de los niveles de servicio.

**Tabla 1.2 Descripción de los niveles de servicio para intersecciones de prioridad**

<b>Nivel deservicio</b>	<b>Demora promedio (seg/veh)</b>
A	0 - 10
B	> 10 - 15
C	> 15 - 25
D	> 25 - 35
E	> 35 - 50
F	> 50

Fuente: *Highway Capacity Manual. Estados Unidos, 2010.*

A continuación, se muestra la tabla 1.3 donde se expresan los criterios de nivel de servicio basados en la velocidad de viaje de vías urbanas para flujos continuos fundamentalmente.

**Tabla 1.3 Nivel de servicio para arterias urbanas según su clasificación**

Tipo de vía	I	II	III	IV
Rango de Velocidad*	90-70 km/h	70-55 km/h	55-50 km/h	55-40 km/h
Velocidad típica	80 km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
NS	Velocidad promedio de viaje (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56 - 72	> 46 - 59	> 39 - 50	> 31 - 41
C	> 40 - 56	> 33 - 46	> 28 - 39	> 23 - 32
D	> 32 - 40	> 26 - 33	> 22 - 28	> 18 - 23
E	> 26 - 32	> 21 - 26	> 17 - 22	> 14 - 18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

\*Flujo libre

Fuente: *Highway Capacity Manual. Estados Unidos, 2010.*

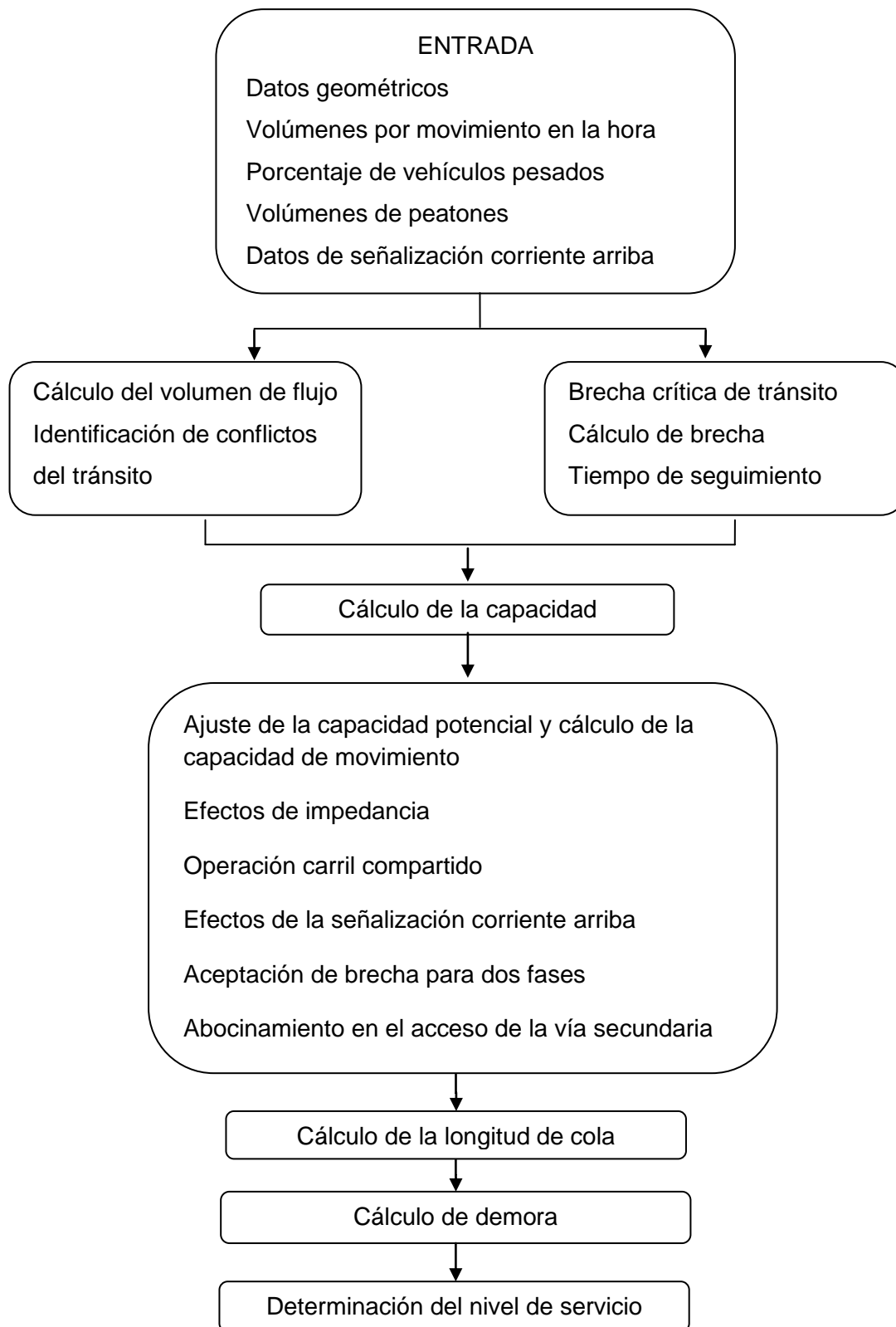
En Cuba la infraestructura, las características del parque vehicular y las regulaciones son diferentes a las existentes en Estados Unidos, es así que la metodología propuesta por el HCM 2010 debe ser adaptada a las condiciones del país. Debido a la amplia presencia de medios de transporte de marcha lenta, dígame coches y ciclos, el volumen de tránsito es muy variado y esto se traduce en conflictos en las corrientes vehiculares que comparten la vía.

Previamente se han realizado investigaciones (Corona, 2014) y (Blanco, 2015), en las que se plantean que la metodología propuesta por el manual puede ser aplicada en el país. En estas se recomienda que para que los valores sean reales han de introducirse factores con las características de Cuba, que contemplen los medios de transporte de marcha lenta.

### **1.3.1 Metodología de análisis**

La metodología implica la determinación de las características geométricas y de volúmenes presente en la intersección. Además de la caracterización del tránsito conflictivo en los movimientos de la vía secundaria y el movimiento de giro izquierdo de la vía principal.

En la figura 1.1 se muestra la metodología planteada en el HCM 2010 donde se expone los aspectos a tener en cuenta en el análisis para la evaluación cuantitativa y cualitativa de las intersecciones de prioridad. Es válido destacar que en la misma los volúmenes son convertidos de mixtos a autos equivalentes, pero no se consideran los medios de transporte de marcha lenta por ser este conformado para las condiciones prevaletientes de tránsito de los Estados Unidos donde estos medios no interactúan directamente con los automotores, sino que tienen carriles especiales para su circulación. Por esta razón y teniendo en cuenta lo planteado en investigaciones anteriores (Corona, 2015 y Blanco, 2016) en las que plantean que la metodología es aplicable si se tienen en cuenta factores del tránsito del país, como es el caso de factores de equivalencia de los ciclos y los medios de transporte de tracción animal a autos equivalentes para incorporarlos a la metodología y adaptar los volúmenes a una sola unidad de análisis con el objetivo de obtener resultados más próximos a la realidad observada.



## Figura 1.1 Metodología de análisis de intersecciones de prioridad

Fuente: *Highway Capacity Manual. Estados Unidos, 2010.*

### Determinación del tamaño de la brecha crítica, $t_c$ .

La brecha o espacio crítico,  $t_c$ , se define como el tiempo medio transcurrido en segundos entre dos vehículos sucesivos en la corriente del tránsito de la vía principal, aceptado por los conductores en el movimiento en estudio que deben cruzar o converger con el flujo de la vía principal. La misma se calcula por separado para cada movimiento secundario de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} * PHV + t_{c,G} * G - t_{c,T} - t_{3,LT} \quad (1.1)$$

Donde:

$t_{c,x}$ : brecha crítica para un movimiento x [en segundos] tabla 1.4

$t_{c,base}$ : brecha crítica base (s) tabla 1.4

$t_{c,HV}$ : factor de ajuste por vehículos pesados

$P_{HV}$ : proporción de vehículos pesados del movimiento secundario

$t_{c,G}$ : factor de ajuste por pendiente

G: pendiente en tanto por uno

$t_{c,T}$ : factor de ajuste para los movimientos

$t_{3,LT}$ : factor de ajuste para la geometría de la intersección

### Determinación del tiempo de seguimiento, $t_f$ .

El tiempo transcurrido entre la entrada de un vehículo a la intersección desde la vía secundaria y la entrada del siguiente vehículo, en condiciones de cola, se denomina tiempo de seguimiento.

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} * PHV \quad (1.2)$$

Donde:

$t_{f,x}$ : tiempo de seguimiento para la vía secundaria [s]

$t_{f,base}$ : tiempo de seguimiento base

$t_{f,HV}$ : factor de ajuste por vehículos pesados

$P_{HV}$ : proporción de vehículos pesados del movimiento secundario.

**Tabla 1.4 Brecha crítica base y tiempo de seguimiento base**

Movimiento	Brecha crítica base $t_{c,base}$ (s)		Tiempo de seguimiento base $t_{f,base}$ (s)
	Vía principal con dos carriles	Vía principal con cuatro carriles	
Giro izquierda desde la vía principal	4.1	4.1	2.2
Giro derecho desde la vía secundaria	6.2	6.9	3.3
Tránsito directo en la vía secundaria	6.5	6.5	4.0
Giro izquierdo desde la vía secundaria	7.1	7.5	3.5

Fuente: *Highway Capacity Manual. Estados Unidos, 2010.*

### Determinación de la capacidad potencial.

La capacidad potencial se define como la capacidad ideal para un movimiento específico, en condiciones donde el tránsito de las intersecciones cercanas no llega hasta la intersección en estudio. Se provee un carril separado para el uso exclusivo de cada movimiento de la vía secundaria en estudio, y para el giro a la izquierda desde la vía principal. Además, ningún otro movimiento impide al movimiento en estudio.

$$C_{p,x} = V_{c,x} * \frac{e^{(-V_{c,x} * t_{c,x} / 3600)}}{1 - e^{(-V_{c,x} * t_{f,x} / 3600)}} \quad (1.3)$$

Donde:

$C_{p,x}$ : capacidad potencial por movimiento de la vía secundaria [veh/h]

$V_{c,x}$ : Intensidad (volumen de flujo) por movimiento conflictivo [veh/h] Ver Anexo 6

$t_{c,x}$ : brecha crítica por movimiento de una vía secundaria [s]

$t_{f,x}$ : tiempo de seguimiento para un movimiento de la vía secundaria [s]



### **Determinación de la capacidad por movimiento.**

La capacidad por movimiento es el resultado de considerar el impacto de la impedancia debido a que los vehículos de movimientos de mayor prioridad pueden impedir que los movimientos de prioridad menor utilicen los espacios que se presentan en la corriente del tránsito, reduciéndola capacidad potencial del movimiento.

Para considerar apropiadamente las impedancias mutuas se establece el siguiente orden de prioridad el cual incide directamente en la obtención de la capacidad por movimiento.

Prioridad 1. Movimientos directos y giros derechos de la vía principal.

Prioridad 2. Giros izquierdos de la vía principal y giros derechos de la vía secundaria.

Prioridad 3. Movimientos directos de la vía secundaria.

Prioridad 4. Giros izquierdos de la vía secundaria.

Para los movimientos de prioridad 2:

$$C_{m,j} = C_{P,j} \quad (1.4)$$

Donde  $j$ : denota los movimientos de prioridad 2

$$P_{o,j} = 1 - \frac{V_j}{C_{m,j}} \quad (1.7)$$

$P_{o,j}$ : probabilidad de que el movimiento conflictivo  $j$  de prioridad 2 opere en estado de cola libre.

$V_j$ : Intensidad (volumen de flujo) para el movimiento de prioridad 2

Para los movimientos de prioridad 3:

$$C_{m,j} = (C_{p,k}) * F_k \quad (1.5)$$

$$f_k = \prod P_{o,j} \quad (1.6)$$

Donde:

K: denota los movimientos directos desde la vía secundaria de prioridad 3.

fk: factor de ajuste de la capacidad para los movimientos k

Para los movimientos de prioridad 4:

$$C_{m,l} = (fl)(C_{p,l}) \quad (1.7)$$

$$fl = (p')(P_{o,j}) \quad (1.8)$$

Donde:

l:denota los movimientos de giro a izquierda desde la vía secundaria de prioridad 4.

f<sub>l</sub>: factor de ajuste de la capacidad para los movimientos l.

p': ajuste del factor de impedancia entre los movimientos de giro a izquierda desde la vía principal y el movimiento directo desde la vía secundaria.

$$p' = 0.65p'' - \frac{p''}{p''+3} + 0.6\sqrt{p''} \quad (1.9)$$

$$p'' = (P_{o,j})(P_{o,k}) \quad (1.10)$$

Donde:

P<sub>o,k</sub>: probabilidad de estado de cola libre para el movimiento conflictivo directo desde la vía secundaria.

Cálculo del factor para la obstrucción por peatones.

$$f_{pb} = \frac{V_x \left( \frac{w}{S_p} \right)}{3600} \quad (1.11)$$

Donde:

f<sub>pb</sub>: factor de obstrucción peatonal o proporción de tiempo en que durante una hora es bloqueado el acceso de un carril

V<sub>x</sub>: número de peatones por grupo

W: ancho de carril [m]

S<sub>p</sub>: velocidad de marcha del peatón

Cálculo del factor de impedancia por peatones

$$Ppx = 1 - fpb \quad (1.12)$$

Si en el paso peatonal hay una pendiente significativa:

$$fk = \Pi(Po, j)(Pp, x) \quad (1.13)$$

$$fl = p' * Po, j * Pp, x \quad (1.14)$$

Cálculo de la capacidad del carril compartido.

$$Csh = \frac{Vl+Vt+Vr}{\left(\frac{Vl}{Cm,l}\right)+\left(\frac{Vt}{Cm,T}\right)+\left(\frac{Vr}{Cm,r}\right)} \quad (1.15)$$

Donde:

$C_{SH}$ : capacidad del carril compartido [veh. equiv. /h]

$V_l$ : intensidad o valor de flujo vehicular para el movimiento de giro izquierdo en el carril compartido [veh. equiv. /h]

$V_t$ : intensidad o valor de flujo vehicular para el movimiento directo en el carril compartido [veh. equiv. /h]

$V_r$ : intensidad o valor de flujo para el movimiento de giro derecho en el carril compartido [veh. equiv. /h]

$C_{m,l}$ : capacidad del movimiento de giro izquierdo en el carril compartido [veh. eqv. /h]

$C_{m,t}$ : capacidad del movimiento directo en el carril compartido [veh. equiv. /h]

$C_{m,r}$ : capacidad del movimiento de giro derecho en el carril compartido [veh. equiv. /h]

Determinación de la probabilidad de que no exista cola en los carriles compartidos:

Para tener en cuenta las demoras ocasionadas a los movimientos directos y de giro derecho por los vehículos que esperan una brecha aceptable para girar a la izquierda en aquellos lugares donde no existe carril exclusivo para el giro a la izquierda desde la vía principal se utiliza la siguiente expresión:

$$P_{o,j} = \frac{1 - P_{o,j}}{1 - \left( \frac{V_{i1}}{s_{i1}} + \frac{V_{i2}}{s_{i2}} \right)} \quad (1.16)$$

Donde:

j: denota movimientos de giro a izquierda desde la vía principal.

$i_1$ : movimientos directos desde la vía principal.

$i_2$ : movimientos de giro a la derecha desde la vía principal.

$S_{i1}$ : flujo de saturación para los movimientos directos de la vía principal, en vehículos por hora.

$S_{i2}$ : flujo de saturación para los movimientos de giro a derecha desde la vía principal, en vehículos por hora.

$V_{i,1}$ : Intensidad por movimiento directo desde la vía principal.

$V_{i,2}$ : Intensidad por movimiento de giro a la derecha desde la vía principal.

Para tener en cuenta el efecto adicional por la cola que se genera en el carril de la vía principal, que es compartido por los vehículos que giran a la izquierda, siguen directo o giran a la derecha los factores  $P_{o,j}$  deben ser reemplazados por los factores  $P^*_{o,j}$  en aquellas expresiones donde sean utilizados.

#### Determinación del Nivel de Servicio

Para un período de análisis de 15 minutos, la demora total promedio se puede estimar a partir de:

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900 * T * K + 5 \quad (1.17)$$

$$K = \left( \frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left( \frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{3600 + V_x}{450T * C_{m,x}}} \right) \quad (1.18)$$

Donde:

d: demora total promedio [s/veh]

$V_x$ : volumen del movimiento x [veh eq/h]

$C_{m,x}$ : capacidad del movimiento x [veh eq/h]

T: período de análisis para períodos de 15min es 0.25

La demora total promedio en el acceso se calcula:

$$Da,j = \frac{dr*Vr+dt*Vt+dl*Vl}{Vr+Vt+Vl} \quad (1.19)$$

Donde:

$d_r, d_t, d_l$ : demora total promedio para los movimientos de giro derecho, directo y giro izquierdo respectivamente.

$V_r, V_t, V_l$ : volúmenes de flujo para los movimientos de giro derecho, directo y giro izquierdo respectivamente.

La demora total promedio en la intersección está dada por:

$$Di = \frac{\sum_j^4 (Da,j*Va,j)}{\sum_i^{12} Vi} \quad (1.20)$$

Donde:

j: denota el número del acceso

i: denota el número del movimiento

$D_i$ : demora total promedio en la intersección [s/veh.]

$D_{A,j}$ : demora total promedio en el acceso j [s/veh]

$V_{A,j}$ : volumen total en el acceso j [veh. equiv. /h]

$V_i$ : volumen del movimiento i [veh. equiv. /h]

Los niveles de servicio se definen según los valores expresados en la tabla 1.2, los cuales se encuentran en función de la demora total promedio, definida como el tiempo total transcurrido desde cuando un vehículo se detiene al final de la cola hasta que el vehículo logra entrar en la intersección.

Para poder analizar el funcionamiento de una intersección, se deben conocer los parámetros macros y micros de las corrientes vehiculares, para ellos es necesario realizar diferentes estudios de tránsito.

#### **1.4 Estudios de tránsito**

Los estudios de control del tránsito son importantes en la planificación de un proyecto vial. Determinan las particularidades del tráfico, así como la información cualitativa y cuantitativa de la vía en ejecución y sus condicionantes. Algunos de los estudios que nos permiten obtener este tipo de información son el volumen, la velocidad, las brechas, los intervalos, las colas, las demoras y los diagramas de espacio - tiempo. A través de ellos, podemos trabajar en la planificación de la vía o la intersección para evitar de esta forma conflictos y descontentos entre los usuarios.

##### **1.4.1 Volumen de tránsito**

A la hora de realizar un proyecto de un vial, diseño de una sección típica o una intersección son tomados en cuenta factores que intervendrán directamente en el funcionamiento del mismo. El volumen es un elemento de primer orden, así como la demanda que circulará en cualquier horario del día, de su variación, tasa de crecimiento y los elementos que lo compongan.

El volumen de tránsito es el número total de vehículos que pasan por un perfil determinado o sección de una carretera durante un intervalo de tiempo dado; los volúmenes se pueden expresar en relación a períodos anuales, diarios, horarios o subhorarios.

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1.21)$$

Donde:

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículo/periodo).

N = número total de vehículos que pasan (vehículos).

T = periodo determinado (unidad de tiempo).

Existen diferentes tipos de volúmenes, ente ellos están:

- Volumen absoluto o total: total de vehículos que pasa durante un intervalo de tiempo determinado.
- Volumen promedio diario (VPD): número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) menor a un año y mayor que un día dividido entre el número de días del periodo.
- Volumen horario máximo anual (VHMA): es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. Es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.
- Volumen horario de proyecto (VHP): es el volumen de tránsito horario que sirve para determinar las características geométricas de la vía.
- El volumen horario de máxima demanda (VHMD), es el número máximo de vehículos que pasa por un punto de la calzada durante 60 segundos.

Durante el transcurso del día los volúmenes de tránsito pueden llegar a ser muy variados, nunca habrá un valor fijo que nos describa el comportamiento de la vía, es por ello que resulta necesario determinar los horarios de máxima demanda los cuales varían según el tipo de vía y las actividades que se realicen en ella. En los estudios que se realizan se hace necesario determinar la hora de máxima demanda, el factor horario, la intensidad y los volúmenes horarios de máxima demanda.

El factor horario de máxima demanda (FHMD), es la relación que existe entre el VHMD y el flujo máximo que se presenta durante un período de una hora, este factor es un indicador de las características del flujo de tránsito en períodos máximos. Indica la forma de cómo están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora, su valor oscila entre uno y cero, cuando está más próximo a la unidad significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante la hora, para valores diferentes a la unidad y más cercanos a cero indica concentraciones de vehículos. Se puede determinar por la siguiente expresión:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * q_{max}} \quad (1.22)$$

Donde:

N: número de períodos durante la hora de máxima demanda.

$q_{m\acute{a}x}$ : tasa de flujo máximo (veh/min)

Estos valores deben obtenerse de estudios de campo en días laborables en los horarios de máxima demanda, pueden hacerse manuales o automatizados mediante aforos.

#### 1.4.2 Velocidad media de recorrido

Velocidad media de recorrido, es también una medida de la circulación basada en el registro del tiempo invertido en el recorrido de un tramo de carretera dado. Se define como la longitud de un segmento dividida por el tiempo medio de recorrido de todos los vehículos que recorren dicho segmento, incluyendo todos los tiempos de demora debido a paradas. Es también una velocidad media espacial puesto que la utilización de los tiempos medios de recorrido, de hecho, pondera la media en función del lapso de tiempo en que un vehículo ocupa el segmento o espacio determinado de la vía. Los trabajos relacionados con la velocidad necesitan un tamaño de muestra acorde para satisfacer necesidades estadísticas, para ello se puede emplear la siguiente fórmula. (SEDESOL, México)

$$N = \left(\frac{SK}{E}\right)^2 \quad (1.23)$$

N: tamaño mínimo de la muestra

S: desviación estándar estimada de la muestra (km/h)

K: constante que corresponden al nivel de confianza deseado

E: error permitido en el estimado de la velocidad



**Tabla 1.5 Desviaciones estándar de velocidad instantánea para determinar el tamaño de la muestra y sentido.**

Área de tránsito	Tipo de carretera	Desviación estándar media(km/h)
Urbana	2 carriles	7.7
Urbana	4 carriles	7.9
Valor Redondeado		8

Fuente: (SEDESOL, México)

**Tabla 1.6 Constantes correspondientes al nivel de confianza**

Constante K	Nivel de Confianza (%)
1.00	68.3
1.50	86.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

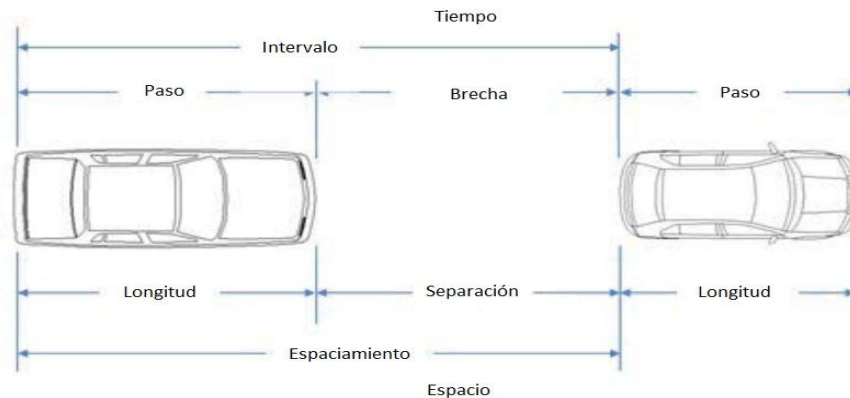
Fuente: (SEDESOL, México)

### 1.4.3 Estudios de brecha

Se le denomina brecha al tiempo medido entre el paso por un punto de la vía del extremo trasero de un vehículo y el delantero del siguiente vehículo; esta expresión está dada en segundos (s).

El espacio efectivo que debe ocupar un vehículo corresponde a la separación frontal, trasera y lateral de éste respecto al resto de los elementos que transitan por la vía. Los espacios efectivos generados por cada tipo de vehículo están en función del comportamiento de la corriente vehicular, es por esto que si se tienen vehículos que transitan libremente sin que haya otros que les haga reducir la marcha se generarán brechas más grandes con velocidades más altas, no ocurre lo mismo cuando hay presencia de congestionamiento donde las velocidades disminuyen y las brechas tienden a ser menores. La medición de los espacios efectivos se realiza a través de trabajos de campo mediante la toma y procesamiento de videos o de forma manual de la corriente vehicular en la que se pretende realizar el estudio, donde la visual del

observador debe serlo más perpendicular posible al flujo y en buenas condiciones de luminosidad y visibilidad.



Fuente: (Yarce, 2015)

### Figura 1.2 Parámetros temporales y espaciales

De acuerdo con la figura 1.2 se puede establecer una relación que vincule a estos parámetros temporales de la siguiente manera:

$$\text{Brecha} = \text{Intervalo} - \text{Paso}$$

La brecha crítica, se define como el tiempo medio transcurrido en segundos entre dos vehículos sucesivos en la corriente vehicular de una vía principal, que es aceptado por los conductores en el movimiento en estudio que deben cruzar y converger con el flujo de la vía principal. Los usuarios presentes en la vía deberían rechazar cualquier brecha menor que la brecha crítica y aceptar cualquier brecha mayor o igual a la brecha crítica.

La brecha crítica depende de un número de factores, entre las que se encuentran:

- El tipo de maniobra a ejecutar.
- El tipo de control de la vía secundaria (alto o ceda el paso).
- La velocidad promedio de marcha en la vía principal.
- El número de carriles de la vía principal.
- Las condiciones geométricas y del medio ambiente de la intersección.

#### 1.4.4 Estudios de intervalos

Se define como intervalo a la distancia medida en magnitudes de tiempo (segundos) entre dos vehículos consecutivos moviéndose en la misma dirección del mismo camino. Como se muestra en la figura 1.2 el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) hace una definición de 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.

El intervalo crítico para un movimiento determinado es definido como el intervalo mínimo promedio aceptado que permite la entrada a la intersección para un vehículo de la calle secundaria.

En las intersecciones no semaforizadas cada conductor debe encontrar un momento seguro para ejecutar el movimiento deseado mediante la observación de la circulación del tránsito, las señales y las prioridades pertinentes para utilizar un espacio común.

Los usuarios en la vía al encontrarse en una intersección de prioridad controlada por señales de PARE y CEDA EL PASO deben enfrentarse a dos cuestiones básicas:

- Decidir cuando debería ingresar a la intersección porque le corresponde
- Definir el momento en que resulta seguro hacerlo.

Según lo antes mencionado, se puede interpretar como una oferta continua de intervalos en la corriente principal que el conductor acepta o rechaza según su criterio personal. (Raff, 1950)

Existe algún intervalo intermedio entre éstos que definirá el límite entre el ingreso o no a la corriente prioritaria. Este intervalo será notable a la hora de analizar la operación de la intersección, según sea su valor será la capacidad del acceso no prioritario. Por lo tanto las variaciones en la conducta de los usuarios en un determinado lugar y entre diferentes localizaciones tienen una significación importante en la determinación de la capacidad de una intersección no semaforizadas.

Una de las metodologías más aceptada y utilizada en la determinación de los intervalos críticos es la del modelo de aceptación de intervalos (Brilon et al., 1997), (Wang et al., 2005). La teoría de la aceptación de intervalos supone que existe un intervalo mínimo

que todos los conductores de la corriente secundaria aceptarán en similares intersecciones: el intervalo crítico. Ningún conductor entrará en la intersección a menos que el intervalo que tenga en la corriente principal sea igual o mayor al intervalo crítico. También se asume que dos o más conductores del acceso secundario podrían emplearlo para entrar en la misma. La separación, medida en tiempo, entre vehículos de la corriente secundaria que aprovechan un mismo intervalo se conoce como tiempo de seguimiento. En ambos casos se estiman valores medios a partir de una muestra, y se los considera como representativos de la población. El tiempo de seguimiento, el intervalo de aceptación y los intervalos rechazados se pueden registrar directamente en campo, en cambio el intervalo crítico debe calcularse en función de los aceptados y rechazados (Tian et al., 1999).

### **1.5 Conclusiones del capítulo**

- El incremento de la utilización de ciclos en la circulación vial como medio alternativo de transportación es una de las causas de la situación económica adversa que ha tenido que enfrentar Cuba a partir de la década de los 90.
- En la bibliografía consultada no se evidenció que en Cuba se cuente con una metodología de análisis que incluya la presencia de medios de transporte de marcha lenta, es por esto que se utiliza el Manual de Carreteras adaptándolo a las características prevalecientes en nuestro país.
- La metodología propuesta en el HCM (2010) está condicionada por las características vehiculares de Estados Unidos por lo que los ciclos y los medios de transporte de tracción animal no están presentes en ella, los cuales son elementos que intervienen en la evaluación de la capacidad y los niveles de servicio.
- Los estudios de tránsito son herramientas que sirven para determinar los niveles de servicios en un proyecto vial, un correcto trabajo permite una mayor seguridad en las corrientes vehiculares.

## **CAPÍTULO – 2 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CICLOS A AUTOS.**

### **Introducción al capítulo**

En el siguiente capítulo se manifiestan los resultados de los estudios que se llevaron a cabo para la determinación del factor de equivalencia. Se hace una breve caracterización de las intersecciones que se tomaron para desarrollar el estudio. Además, se muestran en tablas los resultados de los estudios de tránsito que permiten establecer el factor de equivalencia de ciclos a autos.

### **2.1 Selección de las intersecciones**

Para la presente investigación se plantea analizar dos de las principales intersecciones de la ciudad de Holguín, Máximo Gómez – Cuba y Morales Lemus - Aguilera, con el objetivo de hallar el factor de equivalencia de ciclos a autos ligeros, de modo que se obtengan datos de velocidad, volumen, ocupación de los carriles y brechas.

Las intersecciones fueron seleccionadas bajo el criterio del alto volumen de ciclos que transitan por ellas, además tener en consideración que son vías principales para el movimiento vehicular dentro del centro de la ciudad. Además, que son escenario de accidentes de tránsito, desde el mes de mayo del 2015 a enero del 2016 donde intervinieron en su mayoría los ciclos. (Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito, 2016)

### **2.2 Comportamiento de los usuarios en la vía.**

El conocimiento de las leyes y regulaciones del tránsito determinan la seguridad en la vía. Los comportamientos incorrectos de los conductores, se traducen en las infracciones que con mayor frecuencia figuran como causa de accidentes de tránsito. En la tabla 2.1 se muestran los principales comportamientos y distracciones de los usuarios en las vías, se referencia también la tabla 2.2 en la que se encuentran las mayores causas que provocan accidentalidad, resultado de encuestas realizadas en la investigación de Costafreda, 2016 en la que se analiza la incidencia del factor humano en la seguridad vial.

**Tabla 2.1 Comportamientos incorrectos y distracciones de los usuarios en la vía**

	Peatón	Conductor
Comportamiento	Cruzar fuera de la zona marcada	No cumplir la señal de PARE
	Estar o marchar por la calzada antirreglamentariamente o sin prestar atención al tráfico	No respetar la norma genérica de prioridad
	Cruzar la calzada infringiendo la señal	No mantener la distancia de seguridad
	Cruzar en diagonal	Adelantos antirreglamentario
Distracciones	Cruzar las vías sin la previa observación del entorno	Manipular el reproductor de multimedia
	Cruzar las vías conversando con otro(s) peatón(es)	Usar el teléfono móvil mientras se conduce.
	Cruzar las vías hablando por teléfonos móviles	Consumir bebidas alcohólicas
	Cruzar las vías escuchando música	Conversar con el pasajero del asiento contiguo

Fuente: (Costafreda, 2016)

**Tabla 2.2 Causas que provocan mayor accidentalidad**

Causas	por ciento
No respetar el derecho de vía	9
No atender al control del vehículo	26
Circular a exceso de velocidad y violar los límites establecidos	13
Circular con desperfectos técnicos	10
Conducir bajo el efecto de bebidas alcohólicas	42

Fuente: (Costafreda, 2016)

## 2.3 Características geométricas

**Tabla 2.3 Características geométricas de la intersección Máximo Gómez – Cuba**

Características	Máximo Gómez	Cuba
Ancho de calzada (m)	5.0	5.0
Ancho medio de carril (m)	2.5	2.5
Contenes (m)	0.5	0.5
Acera (m)	1.20	1.60
Tipo de pavimento	flexible	flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, izquierdo	Recto, derecho
Paradas de ómnibus	si	No
Estacionamientos	no	Si

En el acceso Cuba, cuando al inicio de la cola se encuentra un vehículo pesado que va a realizar el giro a la derecha, debido a la estrechez de la intersección, debe hacerlo desde el carril de la extrema izquierda, lo que provoca que en el carril derecho no pueda ser ocupado por ningún vehículo. Como consecuencia de lo antes expuesto y por la corta distancia (30 m) que existe con la intersección que le antecede, Pepe Torres – Cuba, la cola de vehículos que se genera ocasiona obstrucción y por ende demoras en la misma como se puede apreciar en la foto 2.1.



**Foto 2.1 Circulación en calle Cuba que obstruye el cruce en Pepe Torres.**

La tabla 2.4 muestra las características de la intersección Morales Lemus –Aguilera

**Tabla 2.4 Características geométricas de la intersección calle**

Características	Morales Lemus	Aguilera
Ancho de calzada	5.0 m	5.0m
Ancho medio de carril	2.5 m	2.5m
Contenes	0.5 m	0.5m
Acera	1.00 m	1.10m
Tipo de pavimento	flexible	flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, derecho	Recto, izquierdo
Paradas de ómnibus	no	No
Estacionamientos	No se permite	Se permite

En la fotos 2.2 (a, b) se muestra como al igual que en calle Cuba la cola que se genera en la calle Aguilera obstruye el cruce del acceso Miró que forma parte de la intersección que le antecede a la analizada en la investigación cuya distancia de separación entre ambas intersecciones es de 70 m.



2.2a



2.2b

**Foto 2.2 Circulación en calle Aguilera que obstruye el cruce en Miró.**

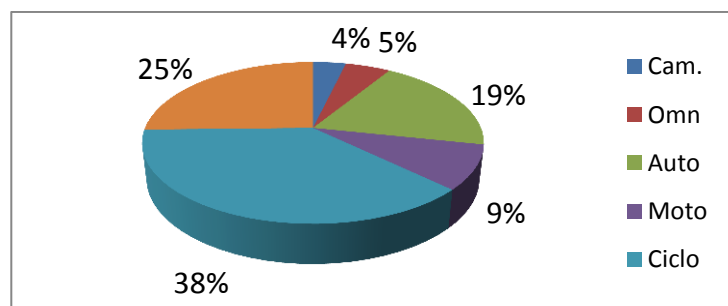


## 2.4 Estudios de volumen

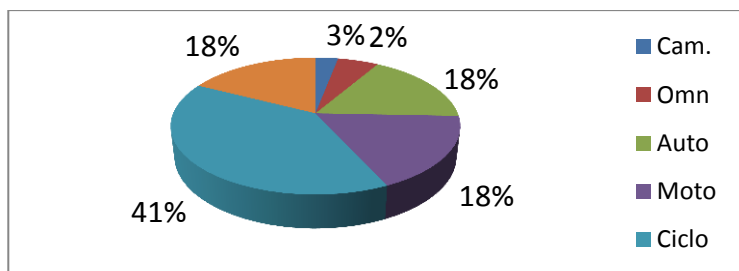
Para el estudio de volumen se hizo un trabajo de campo con el conteo de los volúmenes vehiculares por período de dos horas en intervalos de quince minutos en dos horarios diferentes del día. Por la mañana de 7:00-9:00am y por la tarde de 3:30-5:30pm en los días martes, miércoles y jueves, por cada uno de los accesos permitidos de la intersección, con el objetivo de determinar la hora de máxima demanda. Para la intersección Máximo Gómez – Cuba la hora de máxima demanda fue de 7:15-8:15 am y el VHMD de 1019 Vehículos mixtos, para Morales Lemus – Aguilera fue de 7:45-8:45 am y el VHMD de 1466 vehículos mixtos. A continuación se muestra la tablas 2.5 y 2.6 donde se evidencian los volúmenes totales por cada tipo de vehículos en las intersecciones caso de estudio, así como, los gráficos 2.3 y 2.6 donde se muestran los porcentajes que representan los ciclos respecto al volumen total de las intersecciones Máximo Gómez – Cuba y Morales Lemus – Aguilera respectivamente, donde los gráficos 2.1, 2.2, 2.4 y 2.5 pertenecen a cada uno de sus accesos.

**Tabla 2.5 Volumen por tipo de vehículo en la intersección Máximo Gómez - Cuba**

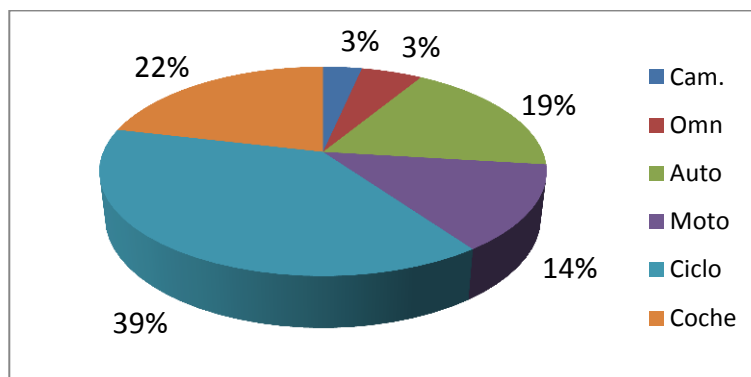
Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos							Total	
	movimiento	ciclo	coche	camión	ómnibus	auto	moto		
Cuba	Recto	158	102	10	11	88	35	404	509
	Derecha	33	27	9	15	11	10	105	
Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos							Total	
	movimiento	ciclo	coche	camión	ómnibus	auto	moto		
Máximo Gómez	Recto	196	89	12	9	73	89	468	510
	Izquierda	13	4	2	1	18	4	42	



**Gráfico 2.1** Relación de volúmenes en el acceso Cuba



**Gráfico 2.2** Relación de volúmenes en el acceso Máximo Gómez

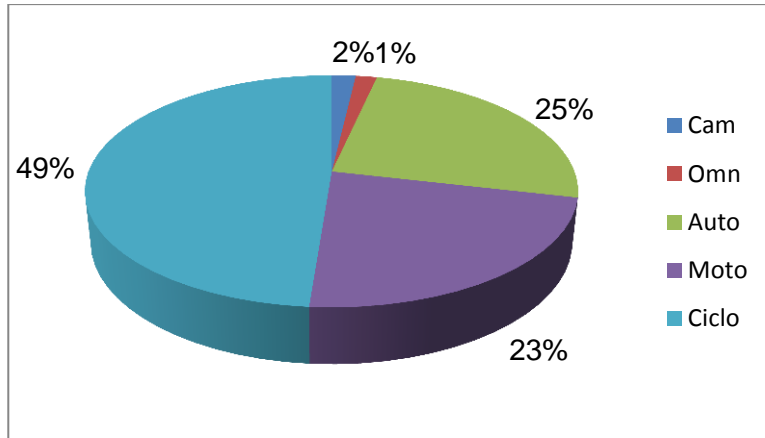


**Gráfico 2.3** Relación de volúmenes en la intersección Máximo Gómez – Cuba.

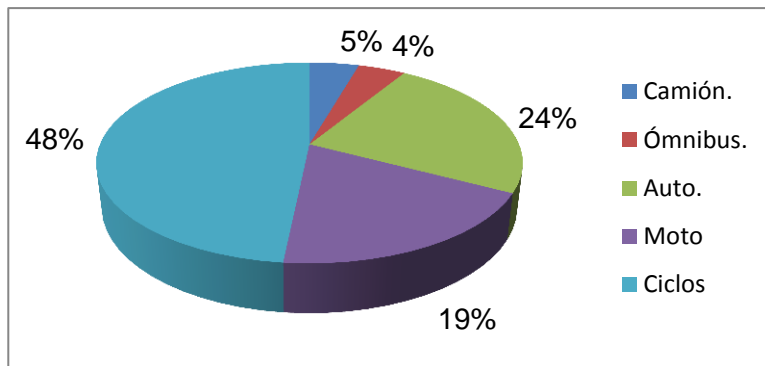
En la intersección Máximo Gómez – Cuba los ciclos representan aproximadamente el 39 % del flujo vehicular, donde el acceso Cuba se caracteriza por tener el mayor porcentaje de medios de transporte de marcha lenta. Esta calle es una de las principales rutas de coches de la ciudad de Holguín con 4 destinos. La presencia de un gran número de ciclos en dicho acceso es característico porque es considerada una de las principales arterias viales de la ciudad. Además por estas vías circulan 9 rutas de ómnibus muy demandadas por la población. Actualmente el acceso Cuba está regulada por la señal de PARE. En horarios de flujos máximos del día la cola de vehículos que se forma en esta calle afecta la circulación de Pepe Torres como se explicó anteriormente.

**Tabla 2.5 Volúmenes por tipo de vehículos en la intersección Morales Lemus - Aguilera.**

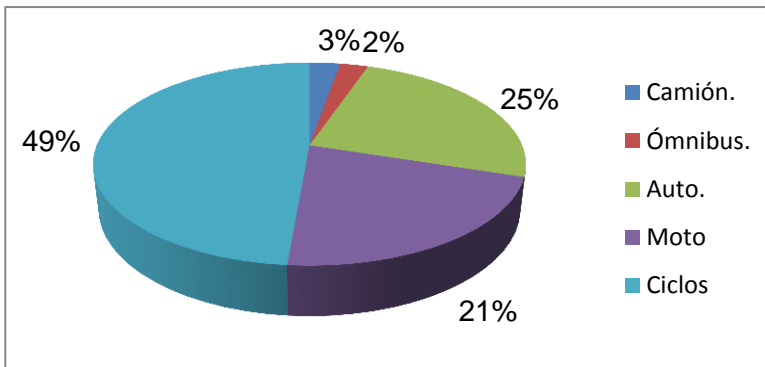
Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos						Total	
	movimiento	ciclo	camión	ómnibus	auto	moto		
Aguilera	Recto	203	19	18	85	68	393	490
	Izquierdo	34	3	3	32	25	97	
Acceso	Volúmenes por tipo de vehículos						Total	
Morales Lemus	movimiento	ciclo	camión	ómnibus	auto	moto		
	Recto	436	14	11	214	190	865	976
	Derecho	40	4	5	31	31	111	



**Gráfico 2.4** Relación de volúmenes en el acceso Morales Lemus



**Gráfico 2.5** Relación de volúmenes en el acceso Aguilera



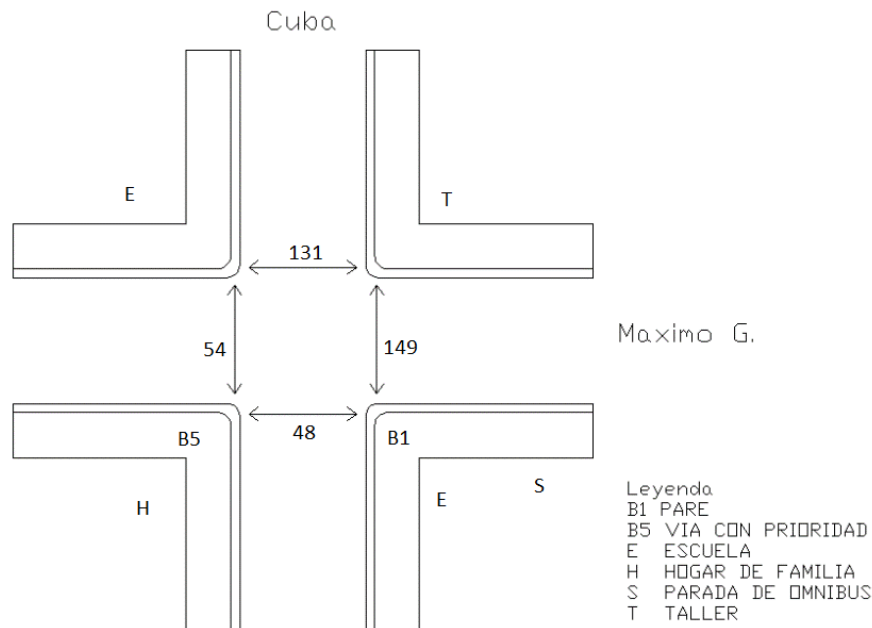
**Gráfico 2.6** Relación de volúmenes en la intersección Morales Lemus – Aguilera.

Los ciclos representan aproximadamente el 49 % de flujo vehicular de la intersección. El acceso Aguilera es la vía secundaria, por donde transita la mayoría de las rutas locales de la ciudad. En horarios de demanda máxima del día la cola de vehículos que se forma en este acceso entorpece el tránsito en Miró.

De forma general en la mayoría de las intersecciones de la ciudad de Holguín existe una alta presencia de ciclos, cuyos valores se encuentran entre un 40 y un 55%. También es característico el estacionamiento sobre la vía que disminuye el espacio efectivo de circulación por lo que los vehículos restringen su velocidad establecida a la velocidad impuesta por los vehículos de marcha lenta que le antecede.

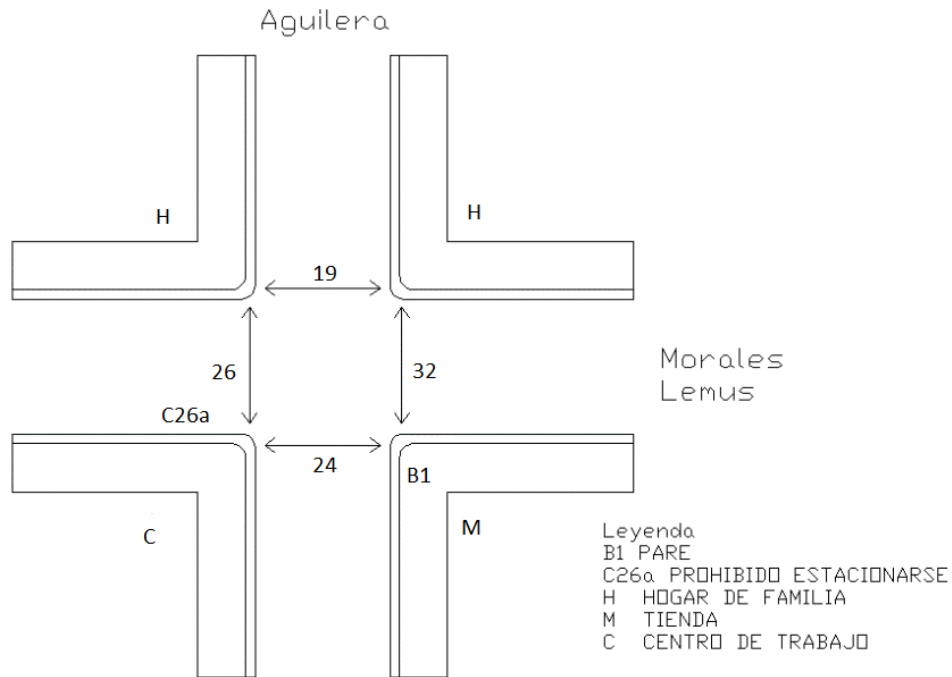
Los volúmenes peatonales son necesarios considerarlos pues interactúan con los vehículos lo que genera impedancia y accidentes por comportamiento erróneo como se planteó en la tabla 2.1.

En la figura 2.1 y 2.2 se muestran los movimientos de los peatones en cada una de las intersecciones elegidas para el estudio.



**Figura 2.1 Representación de los volúmenes peatonales por movimiento en la intersección Máximo Gómez – Cuba.**

Algo característico de esta intersección es la presencia de dos escuelas, un policlínico y una parada de autobús, razón por la cual hay altos volúmenes de peatones en la vía. Además, la parada de ómnibus también influye en el funcionamiento de la intersección por la cercanía con la misma (40 m).



**Figura 2.2 Representación de los de los volúmenes peatonales por movimiento en la intersección Morales Lemus – Aguilera.**

En esta intersección no hay volúmenes altos de peatones, pues las instalaciones cercanas no generan grandes movimientos peatonales. Lo más significativo es la presencia de una pequeña tienda recaudadora de divisa.

### 2.5 Estudios de velocidad

Para la determinación de las velocidades medias de recorrido, se realiza un trabajo de campo en las intersecciones elegidas para los estudios, los horarios se hicieron coincidir con el de la hora de máxima demanda obtenida en cada una de ellas.

Con el uso del cronómetro se mide el tiempo en que se toma un vehículo en recorrer la distancia medida por el aforador antes de llegar a la intersección, está según las bibliografías consultadas no deben ser menor que 50 m, el método utilizado fue el de las placas. Este estudio fue llevado a cabo en cada uno de los accesos de la intersección con el objetivo de determinar la velocidad promedio con la que se mueven los autos y los ciclos, para establecer comparaciones. Para realizar el estudio es necesario determinar el tamaño de la muestra, la que depende de los siguientes valores:

- $S = 7.7$  km/h para vía en zona urbana con 2 carriles de circulación
- $K = 1.96$  para un nivel de confianza de un 95 %.
- $E = 3$  km/h (error debido al instrumento de medición).

Al sustituir los valores en la ecuación 1.3, se determina que el tamaño de la muestra será 25 vehículos, según lo planteado en el Manual de estudios de tránsito, la muestra nunca debe ser menor que 30 vehículos, para esta investigación se tomó una muestra de 30 medios de transporte (30 ciclos, 30 autos).

Para comprobar que la muestra tomada es válida se calculó el error medio cuadrático y la desviación estándar de la muestra siendo la muestra válida. Ver anexo 4

En las tablas 2.6 y 2.7 se exponen las velocidades promedio de los ciclos y los autos en las intersecciones en estudio, como resultado de los estudios anteriores. Ver anexo 3

**Tabla 2.6 Velocidades en la intersección calle Máximo Gómez - Cuba**

Acceso	Velocidad promedio (km/h)	
	Autos	Ciclos
Cuba	25.11	14.57
Máximo Gómez	33.49	19.12

Las velocidades obtenidas están por debajo de la máxima permitida (50 km/h) según lo establecido en la Ley 109 Código de Seguridad Vial. Debido a que la utilización de la calzada está restringida por la posibilidad de parqueo y la alta presencia de medios de transporte de marcha lenta es lo que provoca que estas velocidades sean tan bajas fundamentalmente por la vía secundaria (Cuba)

**Tabla 2.7 Velocidades en la intersección calle Aguilera y Morales Lemus**

Acceso	Velocidad Promedio (km/h)	
	Autos	Ciclos
Aguilera	26.28	15.65
Morales Lemus	32.19	18.58

En la intersección Morales Lemus – Aguilera ocurre algo similar que en Máximo Gómez – Cuba, al permitirse el estacionamiento sobre la vía, se acorta el ancho efectivo de la calzada, lo que conlleva a los conductores a disminuir la velocidad.

Para comprobar que estas mediciones no solo se alcanzan en las intersecciones casos de estudios, se hicieron mediciones en otras zonas para visualizar este comportamiento y ver en que rango fluctúan las velocidades. En la tabla 2.8 se recogen los valores obtenidos destacando que los valores son similares que, en los casos de estudios, los que se puede concluir que es un comportamiento casi generalizado.

**Tabla 2.8 Velocidades en distintos tramos de vía de la ciudad de Holguín**

Calle	entre calles		Ciclos	Autos
Aguilera	Mártires	Máximo Gómez	12.5	23.8
Aguilera	Mártires	Maceo	13.5	25.6
Frexes	Maceo	Mártires	14.4	28.8
Morales Lemus	Frexes	Aguilera	12.4	30.8
Máximo Gómez	Cuba	Prado	21.11	33.49

## 2.6 Brechas

Para el estudio de brecha se toman los tiempos de cruce en línea recta de los autos y bici taxis. Este se realizó al medir el tiempo en que se toman los vehículos en realizar las maniobras de cruce desde la vía secundaria. A partir del tiempo medido y la velocidad media en la vía principal, se realizó un muestreo en el que se evidenció la cantidad de vehículos que aceptan o no esa brecha. En las tablas 2.7 y 2.8 se expresan los tiempos de brechas tomados en las intersecciones en estudio y el muestreo de aceptación de los usuarios.

**Tabla 2.9 Tiempos de brecha en la intersección Máximo Gómez - Cuba**

Vehículo	Brecha (s)	%	
		Aceptan	No aceptan
ciclos	4.5	80	20
autos	2.6	65	35

**Tabla 2.10 Tiempos de brecha en la intersección Morales Lemus – Aguilera**

Vehículo	Brecha (s)	%	
		Aceptan	No aceptan
ciclos	3.3	60	40
autos	2.3	70	30

Los tiempos de brecha están basados en la decisión que tome el conductor en cruza la vía o no, en el acceso Cuba los tiempos de brecha son mayores debido a la presencia de un badén.

## 2.7 Ocupación del carril

Para determinar la relación de equivalencia respecto al área que ocupan los vehículos en la vía, se tiene en cuenta las dimensiones de los autos ligeros más usuales en la ciudad de Holguín para así establecer la comparación del área que ocupan los ciclos respecto a la ocupada por los autos ligeros. En la tabla 2.11 se recogen las áreas algunos de los vehículos más comunes en la ciudad de Holguín.

**Tabla 2.11 Ocupación del carril de los vehículos**

Denominación	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
Bici taxi biplaza	2.7	0.85	2.3
Bici taxi monoplaza	1.8	0.8	1.44
Karpaty	1.7	0.75	1.28
Bicicleta montañesa	1.6	0.5	0.80
Suzuki GN120	1.8	0.7	1.26
Moskovich	4.1	2.1	8.61
Lada 1600	4.00	1.85	7.40
Hyundai tipo Panel	4.80	1.80	8.64
Lada Niva 2121	3.60	1.90	6.84

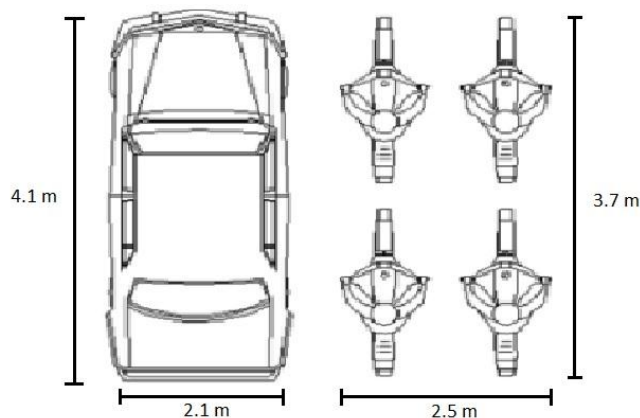
Para la comparación por la ocupación del carril se utiliza el Moskovich, debido a que es uno de los autos más comunes en Cuba.



## 2.8 Determinación del factor de equivalencia de ciclos a autos en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín.

La determinación del factor de equivalencia es de elevada importancia porque nos permite homogenizar un valor de volumen mixto en el cual se encuentran además de autos ligeros, ciclos y coches. Para la obtención total de este factor se tienen en cuenta factores como la velocidad media de recorrido y la ocupación de los carriles, las brechas no serán tomadas en cuenta porque no son elementos representativos pues estos están establecidos por decisión propia de cada conductor.

Según lo planteado en la tabla 2.11 donde se muestran las áreas de los vehículos más comunes en la ciudad de Holguín, se considera que dos ciclos, uno al lado del otro, ocupa el ancho del carril, siendo este el ancho efectivo para su movimiento y si se colocan además dos ciclos en la longitud respetando la distancia de separación en parada de 0.5 m se obtiene un largo efectivo de 3.7 m. Al comparar con las dimensiones del Moskvich ambas son semejantes. Por lo que en el área ocupada por 4 ciclos se puede colocar un auto ligero y se puede concluir que respecto al área el factor de equivalencia es 1:0.25. (1 ciclo equivale a 0,25 autos ligeros). En la figura 2.3 se muestra la ocupación del carril de los ciclos y los autos ligeros.



**Figura 2.3 Representación de la ocupación del carril de los ciclos y los autos ligeros.**

La velocidad de circulación en zonas urbanas es de 50 km/h, cuando los autos transitan a velocidades de flujo libre pueden rebasar a dos ciclos si se encuentran uno detrás del otro siempre y si las condiciones del pavimento lo permitan. Sin embargo, en caso de que los ciclos formen pelotones que no puedan dar paso a los autos, estos se ven forzados a disminuir su velocidad, lo que da lugar a demoras o congestión en las vías.

De acuerdo a lo mostrado en las tablas 2.3 y 2.4 donde se ilustran las velocidades promedio en las intersecciones donde se realizaron los estudios, se puede arribar a la conclusión que el factor de equivalencia respecto a la velocidad es 1:0.5, (1 ciclo equivale a 0.5 autos ligeros).

Como es muy común en las vías de la ciudad tener estacionamiento sobre la calzada, el espacio de utilización del carril se limita a uno, donde se impide que las maniobras de rebase se vean limitada y los autos no alcanzan la velocidad máxima permitida. Razón por la que se llega a este resultado.

A partir de los tiempos de cruce de la vía secundaria en movimiento recto se puede establecer una relación equivalente entre los ciclos y los autos. A partir de los estudios realizados los tiempos de cruce promedio para autos en la intersección Morales Lemus – Aguilera es 2.3 s y el de los ciclos 3.3 s. No así en la intersección de Máximo Gómez – Cuba que el tiempo promedio para autos es 2.6 s y para los ciclos 4.1 s debido a la presencia de un badén el cual representa un obstáculo al flujo vehicular que pretende atravesar Máximo Gómez. Por lo antes planteado se puede llegar a la conclusión que respecto a los tiempos de brecha el factor es 1:0.6, (1 ciclo equivale a 0.6 autos ligeros).

Para la obtención final del factor de equivalencia se tomaron principalmente los parámetros de velocidad y ocupación del carril, no se tomaron los valores de brecha porque estos no son significativos, pues están basados en la decisión propia de cada conductor. Por lo que se puede plantear como factor 1:0.3, o sea, un ciclo equivale a 0.3 autos ligeros equivalentes.

## **2.9 Conclusiones del capítulo**

- Los ciclos inciden directamente en el funcionamiento vehicular en las intersecciones, no solo porque estos compartan una parte del carril ocupado con otro vehículo, sino a la hora de realizar maniobras ofrecen oposición a los demás usuarios.
- Los ciclos representan del 39 – 49 % del flujo vehicular
- El factor de equivalencia obtenido fue 1 ciclo equivale a 0.3 autos, donde incidieron mayormente la velocidad y la ocupación del carril.

## **CAPÍTULO – 3 EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE CICLOS EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE HOLGUÍN.**

### **Introducción al capítulo**

El siguiente capítulo tiene como objetivo determinar la capacidad y el nivel de servicio de las intersecciones propuestas en el estudio, al que se le incorpora a la metodología de análisis el factor de equivalencia encontrado previamente. Para ello se utilizarán otros factores que a continuación se muestran en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Factores de equivalencia propuestos en la metodología**

Vehículo	Factor de equivalencia
Ómnibus	2
Camión	2
Auto	1
Moto	0.75
Coche*	1.5

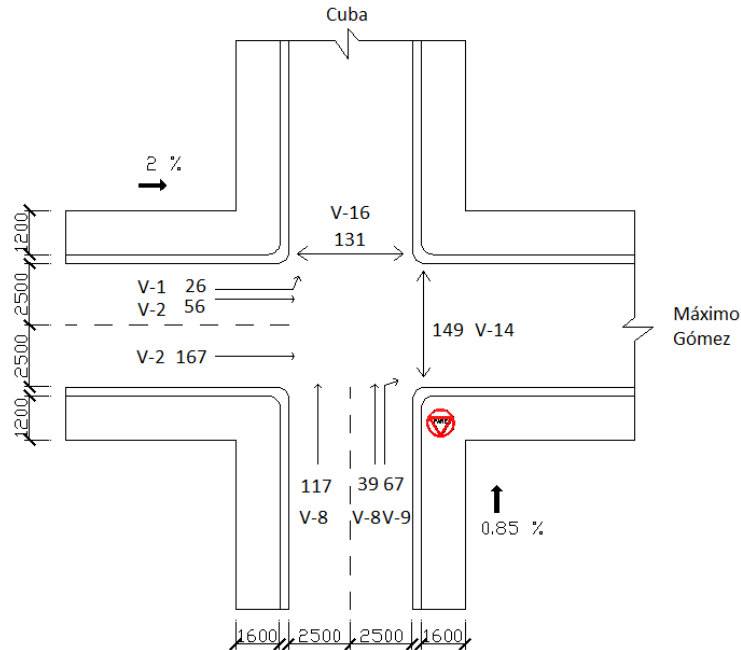
Los valores planteados en la tabla exceptuando los coches fueron obtenidos del manual, los que coinciden con los que emplean en CPIT, Holguín. En el caso de los coches el valor fue obtenido de la investigación Portelles, 2017.

### **3.1 Evaluación del comportamiento de intersecciones no semaforizadas mediante la metodología HCM sin considerar los volúmenes de ciclos y vehículos de tracción animal.**

En los esquemas se plantean los valores de volúmenes vehiculares y peatonales, así como los movimientos permitidos en la intersección.

En las tablas de niveles de servicio se determinan las brechas críticas y los tiempos de seguimientos, luego se determina la capacidad por movimiento y la capacidad modificada producto a los movimientos impedidos. Para finalizar se determina los niveles de servicio a partir de las demoras obtenidas en los accesos y luego en la intersección.

### 3.1.1 Intersección Máximo Gómez – Cuba



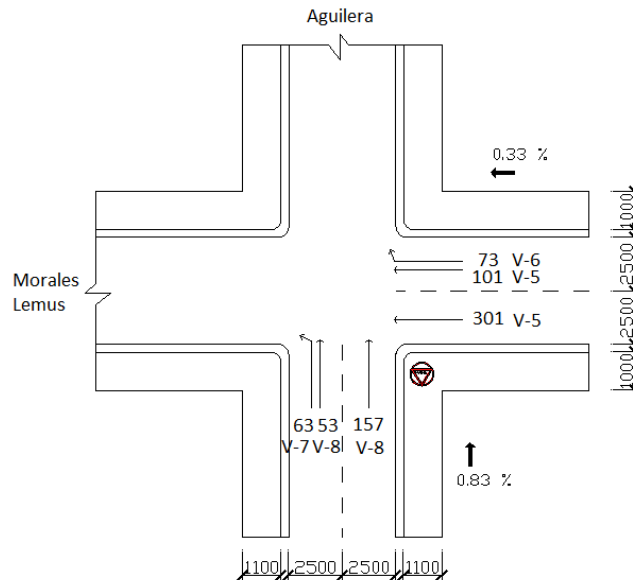
Movimiento	Volumen de vehículos y ajustes			
	1	2	8	9
Volumen (veh/h)	26	223	156	67
FHMD	0.95		0.91	
$P_{HV}$	0.142	0.205	0.145	0.533
Volumen de peatones y ajustes				
Movimiento	13	14	15	16
Volumen (pt/h)	54	149	48	131
Ancho carril (m)	5	5	5	5
Velocidad (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
% de bloqueo	-	22	5	15
Brecha crítica				
Movimiento	1	2	8	9
$T_{c,base}$	4.1		6.5	6.2
$T_{c,HV}$	1		1	1
$P_{HV}$	0.142	0.205	0.145	0.533
$T_{c,G}$	0		0.1	0.2
G	0.02	0.02	0.02	0.02
$T_{,3LT}$	0		0	0
$T_{,ct}$	0		1	0
$T_c$	4.24	-	5.62	6.73
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	1	2	8	9

Tf,base	2.2		3.3	4
Tf,HV	0.9		0.9	0.9
P <sub>HV</sub>	0.142	0.205	0.145	0.533
Tf	3.32		4.13	3.77
<b>Impedancia y Capacidad</b>				
<b>Movimiento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
V <sub>c,x</sub>	131		323	253
C <sub>p,x</sub>	1386		420	560
P <sub>p,x</sub>	0.79		0.94	0.77
C <sub>m,x</sub>	1099		397	355
P <sub>0,k</sub>	0.97		0.61	0.56
C <sub>sh</sub>			370	
<b>Nivel de Servicio por accesos</b>				
<b>Demora</b>	Acceso principal		Acceso secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Exclusivo	Compartido
	-	7.12	18.52	15.89
	Acceso		Acceso	
	1.82		17.27	
<b>NS</b>	<b>A</b>		<b>C</b>	
<b>Nivel de Servicio de la intersección</b>				
<b>NS</b>	<b>B</b>			

Fuente: elaboración propia

Se obtuvo niveles de servicio A en el acceso principal donde las demoras oscilan de 0 - 10 segundos, así como en el acceso secundario que se obtuvo un nivel de servicio C donde las demoras se encuentran en el rango de 15 – 25 segundos.

### 3.1.2 Intersección Morales Lemus - Aguilera



Movimiento	Volumen de vehículos y ajustes			
	5	6	7	8
Volumen (veh/h)	402	73	63	210
FHMD	0.95		0.89	
$P_{HV}$	0.058	0.126	0.095	0.194
Volumen de peatones y ajustes				
Movimiento	13	14	15	16
Volumen (pt/h)	-	-	-	-
Ancho carril (m)	5	5	5	5
Velocidad (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
% de bloqueo	-	-	-	-
Brecha crítica				
Movimiento	5	6	7	8
$T_{c,base}$			7.1	6.5
$T_{c,HV}$			1	1
$P_{HV}$	0.058	0.126	0.095	0.194
$T_{c,G}$			0.2	0.2
G	0.02	0.02	0.02	0.02
$T_{,3LT}$			0.7	0
$T_{,ct}$			1	1
$T_{,c}$			5.47	5.69
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	5	6	7	8
$T_{f,base}$			3.5	4

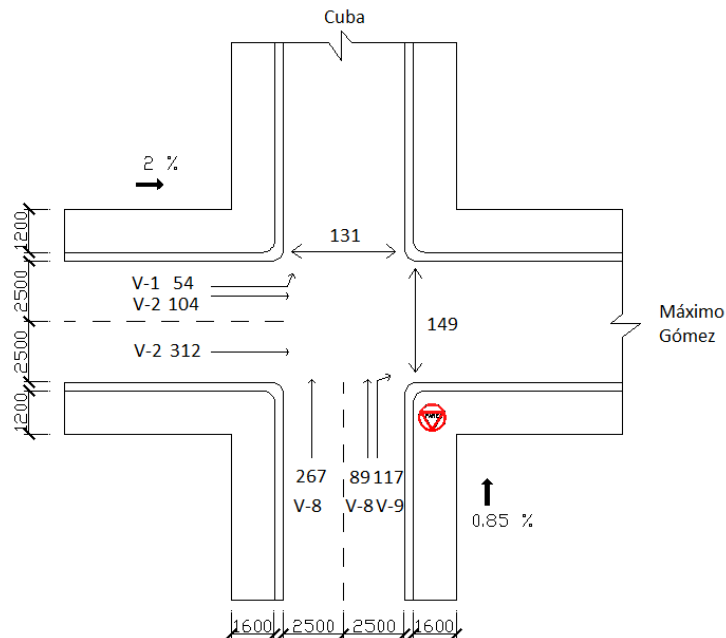
$T_{f,HV}$			0.9	0.9
$P_{HV}$			0.095	0.194
$T_f$			3.58	4.17
<b>Impedancia y Capacidad</b>				
<b>Movimiento</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
$V_{c,x}$			406	552
$C_{p,x}$			425	504
$P_{p,x}$			-	-
$C_{m,x}$			287	504
$P_{0,k}$			0.77	0.58
$P''$			0.58	
$P'$			0.67	
$C_{sh}$			355	
<b>Nivel de Servicio por accesos</b>				
<b>Demora</b>	Acceso principal		Acceso secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Exclusivo	Compartido
	-	-	19.89	19.85
	Acceso		Acceso	
	-		20	
<b>NS</b>	<b>A</b>		<b>C</b>	
<b>Nivel de Servicio de la intersección</b>				
<b>NS</b>	<b>B</b>			

En el acceso Morales Lemus se obtuvo un nivel de servicio A donde no hay demoras pues es la vía principal y ninguno de sus movimientos tiene conflicto con otros, no así en la vía secundaria que se obtuvo un nivel de servicio C.

### 3.2 Evaluación del comportamiento de las intersecciones no semaforizadas mediante la metodología HCM considerando los volúmenes de ciclos y vehículos de tracción animal y con el factor encontrado.



### 3.2.1 Intersección Máximo Gómez – Cuba

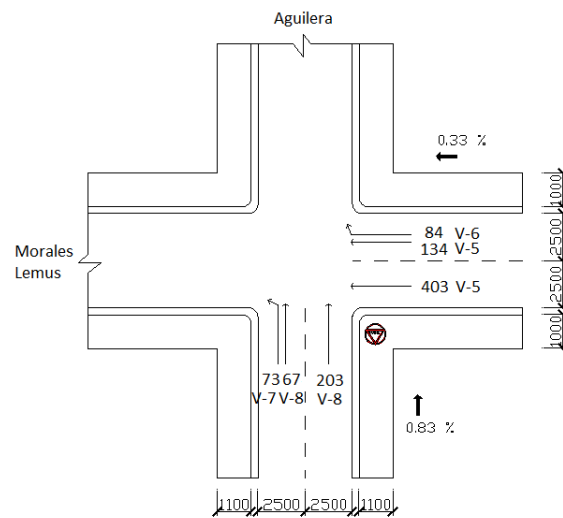


Movimiento	Volumen de vehículos y ajustes			
	1	2	8	9
Volumen (veh/h)	54	416	356	117
FHMD	0.92		0.86	
P <sub>HV</sub>	0.075	0.085	0.052	0.23
Volumen de peatones y ajustes				
Movimiento	13	14	15	16
Volumen (pt/h)	54	149	48	131
Ancho carril (m)	5	5	5	5
Velocidad (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
% de bloqueo	-	2.7	11.4	7.5
Brecha crítica				
Movimiento	1	2	8	9
T <sub>c,base</sub>	4.1		6.5	6.2
T <sub>c,HV</sub>	1		1	1
P <sub>HV</sub>	0.075	0.085	0.052	0.023
T <sub>c,G</sub>	1		0.2	0.1
G	0.02	0.02	0.02	0.02
T <sub>3LT</sub>	0		0	0
T <sub>ct</sub>	0		1	0
T <sub>c</sub>	4.19		5.55	6.43
Tiempo de seguimiento				

<b>Movimiento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Tf,base	2.2		3.3	4
Tf,HV	0.9		0.9	0.9
P <sub>HV</sub>	0.075	0.085	0.052	0.023
Tf	2.26		4.04	3.51
<b>Impedancia y Capacidad</b>				
<b>Movimiento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
V <sub>c,x</sub>	131		572	301
C <sub>p,x</sub>	1425		382	363
P <sub>p,x</sub>	0.92		0.97	0.88
C <sub>m,x</sub>	1316		371	321
P <sub>0,k</sub>	0.96		0.04	0.84
C <sub>sh</sub>			351	
<b>Nivel de Servicio por accesos</b>				
<b>Demora</b>	Acceso principal		Acceso secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Exclusivo	Compartido
	-	8.66	44.61	21.84
	Acceso		Acceso	
	2.91		36.79	
<b>NS</b>	<b>A</b>		<b>E</b>	
<b>Nivel de Servicio de la intersección</b>				
<b>NS</b>	<b>C</b>			

Se puede apreciar que en el acceso Cuba hay un incremento de las demoras alcanzándose un nivel de servicio E donde los rangos oscilan entre 35 – 50 segundos. Esto significa que existen congestionamientos y se atrasa la circulación debido a la presencia de los medios de transporte de marcha lenta.

### 3.2.2 Intersección Morales Lemus – Aguilera



Movimiento	Volumen de vehículos y ajustes			
	5	6	7	8
Volumen (veh/h)	537	84	73	270
FHMD	0.90		0.86	
$P_{HV}$	0.028	0.044	0.048	0.094
Volumen de peatones y ajustes				
Movimiento	13	14	15	16
Volumen (pt/h)	-	-	-	-
Ancho carril (m)	5	5	5	5
Velocidad (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
% de bloqueo	-	-	-	-
Brecha crítica				
Movimiento	5	6	7	8
$T_{c,base}$			7.1	6.5
$T_{c,HV}$			1	1
$P_{HV}$	0.028	0.044	0.048	0.094
$T_{c,G}$			0.2	0.2
G	0.02	0.02	0.02	0.02
$T_{,3LT}$			0.7	0
$T_{,ct}$			1	1
$T_{,c}$			5.45	5.59
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	5	6	7	8
$T_{f,base}$			3.5	4
$T_{f,HV}$			0.9	0.9

$P_{HV}$			0.048	0.094
$T_f$			3.54	4.08
<b>Impedancia y Capacidad</b>				
<b>Movimiento</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
$V_{c,x}$			537	705
$C_{p,x}$			479	430
$P_{p,x}$			-	-
$C_{m,x}$			238	430
$P_{0,k}$			0.69	0.37
$P''$			0.37	
$P'$			0.49	
$C_{sh}$			302	
<b>Nivel de Servicio por accesos</b>				
<b>Demora</b>	Acceso principal		Acceso secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Exclusivo	Compartido
	-	-	34.58	26.83
	Acceso		Acceso	
-		36.25		
<b>NS</b>	<b>A</b>		<b>E</b>	
<b>Nivel de Servicio de la intersección</b>				
<b>NS</b>	<b>C</b>			

Se puede observar que en el acceso secundario hay un incremento en las demoras debido a la presencia de los ciclos.

**Tabla 3.1 resumen de los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas.**

<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Intersección</b>							
	<b>MG-C</b>				<b>ML-A</b>			
	Sin ciclo y coche		Con ciclo y coche		Sin ciclo		Con ciclo	
	Acceso		Acceso		Acceso		Acceso	
	MG	Cub.	MG	Cub.	ML	Ag.	ML	Ag.
	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>E</b>
	Intersección		Intersección		Intersección		Intersección	
	<b>B</b>		<b>C</b>		<b>B</b>		<b>C</b>	

### **3.3 Análisis de los resultados**

Luego de realizar los estudios planteados en la metodología del HCM 2010, queda demostrado que los medios de transporte de marcha lenta realmente influyen en la capacidad y los niveles de servicio de las vías. Como se muestra en las tablas anteriores en los accesos secundarios de las intersecciones elegidas para el estudio, con la presencia de los medios de transporte de marcha lenta se obtienen los niveles de servicio E, no así cuando no se tienen en cuenta estos que se alcanzaron niveles de servicio C.

### **3.4 Conclusiones del capítulo**

- Las intersecciones fueron evaluadas a través de la metodología propuesta en el HCM 2010, sin tener en cuenta los volúmenes de los medios de transporte de marcha lenta y luego considerándolos, en este caso con la incorporación del factor de equivalencia. Se obtuvo un nivel de servicio B y C en ambos accesos respectivamente. Luego de realizados los estudios se concluyó que los ciclos inciden negativamente en el funcionamiento de las vías.
- Se concluye que el factor empleado permite que los resultados alcanzados en la aplicación de la metodología estén cercanos a la realidad cotidiana.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

- El manual de capacidad de carreteras está basado en las características vehiculares de Norteamérica donde no se consideran los vehículos de marcha lenta. Motivo por el cual debe adaptarse a las condiciones prevalecientes de Cuba.
- El manual es aplicable en Cuba siempre que se considere el factor de equivalencia.
- A partir de observaciones en el terreno se determina que el estacionamiento sobre la calzada y la parada de ómnibus cercana a la intersección Máximo Gómez - Cuba, interfieren en la circulación de los vehículos, fundamentalmente en la vía secundaria.
- Luego de realizar los estudios de tránsito, donde se obtuvieron valores de velocidad, brecha y ocupación de carril, se concluye que un ciclo equivale a 0.3 autos ligeros.
- Con la aplicación de la metodología del manual, sin considerar los volúmenes de los medios de transporte de marcha lenta (ciclos y coches) y luego con su incorporación junto con el factor de equivalencia, se demostró la incidencia de estos medios de transporte en la vía, donde el resultado queda evidenciado en los niveles de servicio obtenidos.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar otras investigaciones que permitan determinar otros factores a incorporar en la metodología los cuales afectan también la circulación como es el caso de estacionamiento sobre la vía y visibilidad.
- Realizar un reordenamiento vial hacia zonas donde el tránsito sea menor.
- Realizar estudios de origen – destino con la finalidad de mover la parada de ómnibus en la vía Máximo Gómez, para disminuir los conflictos que la misma genera en la actualidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceptabilidad de intervalos (brecha) para maniobras de prelación vial. Trabajo de grado, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.  
<http://repository.udem.edu.co/handle/11407/196>
- Blanco, Yilena (2016). Evaluación de la capacidad y los niveles de servicios de la intersección no semaforizada máximo Gómez – Aguilera. Trabajo de diploma, Ingeniería Civil, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
- Capacidad vial v2010.<https://es.scribd.com/document/325982368/>
- Ceballos, Diana (2015). Propuestas de medidas para mejorar la seguridad vial en la provincia de Holguín. Trabajo de Diploma, Ingeniería Civil, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
- Corona, Gleysi (2013). Evaluación de la metodología del HCM para determinar el Nivel de Servicio en intersecciones no semaforizadas. Trabajo de diploma, Ingeniería Civil, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.
- Costafreda, Jorge L., (2016). Estrategia para el mejoramiento de la seguridad vial en la intersección avenida Lenin – calle Cuba y tramo calle Maceo entre calle aguilera y calle Frexes teniendo en cuenta el factor humano. Trabajo de diploma, Ingeniería civil, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
- Díaz, Luis F, (2009). Análisis vial de dos intersecciones sin semáforo en zona aledaña a nuevo Terrapuerto de Piura. Trabajo de diploma, Ingeniería civil, Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Estudios y diseños de la troncal avenida pedro Heredia desde el sector de El Amparo, Avenida Venezuela, Avenida Blaz de Lezo, glorieta Santander y Avenida San Martín, Cartagena, (2003). <https://es.slideshare.net/luisyn/como-realizar-un-estudio-de-transito-y-transporte-1>
- Gallegos, R. (2005). Efecto de la regularidad del pavimento en la Capacidad Vial de las Carreteras multicarriles. Disertación doctoral no publicada, Universidad de las Villas, Villa Clara, Cuba.
- García, René, (2012). Procedimiento para la valoración de la seguridad vial en carreteras rurales de interés nacional. Trabajo de doctorado, Ingeniería civil, Universidad Central de Las Villas, Villa Clara, Cuba.



- Intervalos críticos y capacidad en intersecciones no semaforizadas de tres ramas. <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2011-1/617-capacidad-en-intersecciones-no-semaforizadas-de-tres-ramas/file>
- Ley 109 Código de Seguridad Vial (ilustrado). Editorial Capitán San Luis, La Habana, Cuba, 2011
- Lisbell y Elizabeth, (2014). Análisis de la incidencia de diversos factores en el tránsito de la ciudad de Camagüey. Trabajo de diploma, Ingeniería civil, Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.
- Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. <https://www.google.com/search?q=manual+de+estudios+de+ingenier%C3%ADa+de+tr%C3%A1nsito&ie=utf-8&oe=utf-8>
- Marín, Yuli, (2015). Método para hallar el factor de equivalencia vehicular a motocicletas, aplicación en la ciudad de Medellín. Magíster, Ingeniería civil, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Naranjo, Víctor H, (2008). Análisis de la capacidad y Nivel de Servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizales. Monografía para optar al título de Especialista en Vías y Transporte, Ingeniería y arquitectura, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Manizales, Colombia.
- TRB (2000) Highway Capacity Manual (HCM). Chapter 19: Two Way STOP Controlled Intersections, Washington, D.C.
- TRB (2010) Highway Capacity Manual (HCM). Chapter 19: Two Way STOP Controlled Intersections, Washington, D.C.
- Uso\_de\_la\_bicicleta\_como\_medio\_de\_transporte\_urbano. <http://www.ecoport.net/Temas-Especiales/Desarrollo-Sustentable/>



**Anexo 2** Registro de aforos para el estudio de volumen de transito

**Intersección:** Calle Máximo Gómez- Cuba      **fecha:** 23 de febrero del 2017

**Acceso:** Cuba

**Día de la semana:** martes

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00-	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45-
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
	Recto	Cam.	1	4	2	3	1	1	3	2
		Omn	0	3	3	2	3	2	1	4
		Auto	7	16	27	17	28	25	10	4
		Moto	3	14	7	6	8	9	3	3
		Ciclo	15	41	35	53	29	19	14	12
		Coche	3	14	16	31	41	29	27	17
7:00		<b>Total cada 15min</b>	29	92	90	112	110	85	58	42
-		<b>Total cada hora</b>				323	404	397	365	295
9:00	Derecha	Cam	1	2	2	2	3	1	2	1
		Omn	2	4	3	3	5	8	3	3
		Auto	3	2	2	6	1	3	0	1
		Moto	3	2	4	1	3	0	1	0
		Ciclo	0	9	9	12	3	4	3	0
		Coche	3	6	5	15	1	9	5	1
		<b>Total cada 15min</b>	12	25	25	39	16	25	14	6
		<b>Total cada hora</b>				101	105	105	94	61
<b>Total del acceso por hora</b>						424	509	502	459	356

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
	Recto	Cam.	0	2	4	2	2	1	1	0
		Omn	2	1	3	3	4	0	1	1
		Auto	7	16	18	16	17	7	6	4
		Moto	6	12	9	7	8	3	5	0
		Ciclo	13	24	36	41	31	33	25	12
		Coche	5	17	23	27	41	32	21	14
3:30		<b>Total cada 15min</b>	33	72	93	96	103	76	59	31
-		<b>Total cada hora</b>				294	364	368	334	269
5:30	Derecha	Cam	0	5	1	3	3	3	2	0
		Omn	2	6	3	3	4	3	4	0
		Auto	0	3	6	4	2	4	3	0
		Moto	3	4	7	2	2	2	3	0
		Ciclo	2	4	3	5	7	1	1	0
		Coche	4	5	2	7	10	6	14	1
		<b>Total cada 15min</b>	11	27	22	24	28	19	27	1
		<b>Total cada hora</b>				84	101	93	98	75
<b>Total del acceso por hora</b>						378	465	461	432	344

**Intersección:** Calle Máximo Gómez- Cuba      **fecha:** 24 de febrero del 2017

**Acceso:** Cuba

**día de la semana:** miércoles

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00	Recto	Cam.	1	2	1	2	1	1	0	0
		Omn	3	3	1	2	3	1	0	1
		Auto	8	14	17	18	19	7	6	5
		Moto	8	11	10	8	9	4	7	1
		Ciclo	15	20	37	45	33	34	29	14
		Coche	7	15	19	29	42	31	23	16
		<b>Total cada 15min</b>	42	65	85	104	107	78	65	37
-	<b>Total cada hora</b>				296	361	374	354	287	
9:00	Derecha	Cam	1	4	0	2	2	4	2	1
		Omn	3	5	2	3	3	2	4	2
		Auto	1	3	7	3	2	5	3	4
		Moto	4	6	9	4	4	2	3	1
		Ciclo	3	5	4	6	8	1	2	2
		Coche	4	4	3	8	12	6	10	5
		<b>Total cada 15min</b>	16	27	25	26	31	20	24	15
<b>Total cada hora</b>				94	109	102	101	90		
<b>Total del acceso por hora</b>					390	470	476	455	377	

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30	Recto	Cam.	2	2	2	3	4	2	0	1
		Omn	2	3	5	1	0	0	0	3
		Auto	8	13	16	10	14	7	8	12
		Moto	3	11	8	4	4	6	6	3
		Ciclo	20	26	24	25	8	19	9	9
		Coche	15	20	19	27	36	32	20	18
		<b>Total cada 15min</b>	50	75	74	70	66	66	43	46
-	<b>Total cada hora</b>				269	285	276	245	221	
5:30	Derecha	Cam	1	4	2	3	3	2	4	6
		Omn	2	1	4	3	1	4	1	2
		Auto	5	0	1	7	3	1	3	4
		Moto	2	2	4	8	3	0	3	6
		Ciclo	2	0	5	1	12	2	5	5
		Coche	4	4	15	4	9	6	10	9
		<b>Total cada 15min</b>	16	11	31	26	31	15	26	32
<b>Total cada hora</b>				84	99	103	98	104		
<b>Total del acceso por hora</b>					353	384	379	343	325	

Intersección: Calle Máximo Gómez- Cuba

fecha: 25 de febrero del 2017

Acceso: Cuba

día de la semana: jueves

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00	Recto	Cam.	3	4	1	3	1	0	1	0
		Omn	5	4	1	4	0	0	1	2
		Auto	7	10	4	17	8	14	6	3
		Moto	4	13	6	5	5	8	12	4
		Ciclo	22	28	9	44	43	23	38	21
		Coche	17	22	17	20	33	19	29	33
		<b>Total cada 15min</b>	<b>58</b>	<b>81</b>	<b>38</b>	<b>93</b>	<b>90</b>	<b>64</b>	<b>87</b>	<b>63</b>
-	<b>Total cada hora</b>				<b>270</b>	<b>302</b>	<b>285</b>	<b>334</b>	<b>304</b>	
9:00	Derecha	Cam.	1	1	2	0	0	1	2	1
		Omn	2	2	1	0	6	3	2	2
		Auto	2	1	2	7	4	1	4	1
		Moto	3	2	0	0	0	2	2	1
		Ciclo	1	5	2	6	4	1	3	2
		Coche	4	4	3	6	3	4	6	2
		<b>Total cada 15min</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>9</b>
<b>Total cada hora</b>				<b>57</b>	<b>61</b>	<b>58</b>	<b>67</b>	<b>57</b>		
<b>Total del acceso por hora</b>						<b>327</b>	<b>363</b>	<b>343</b>	<b>401</b>	<b>361</b>

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30	Recto	Cam.	1	0	3	3	3	2	3	2
		Omn	2	0	1	2	3	1	4	2
		Auto	9	6	14	6	6	7	7	11
		Moto	3	4	3	8	5	6	13	12
		Ciclo	17	12	30	39	34	21	27	19
		Coche	5	5	22	23	26	16	16	15
		<b>Total cada 15min</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>73</b>	<b>81</b>	<b>77</b>	<b>53</b>	<b>70</b>	<b>61</b>
-	<b>Total cada hora</b>				<b>218</b>	<b>258</b>	<b>284</b>	<b>281</b>	<b>261</b>	
5:30	Derecha	Cam.	1	1	3	2	3	2	1	3
		Omn	0	1	3	1	2	4	2	2
		Auto	2	1	4	4	1	0	1	1
		Moto	1	1	2	2	2	1	0	3
		Ciclo	4	4	3	5	1	5	2	2
		Coche	3	1	4	5	5	5	2	2
		<b>Total cada 15min</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>13</b>
<b>Total cada hora</b>				<b>58</b>	<b>61</b>	<b>69</b>	<b>58</b>	<b>52</b>		
<b>Total del acceso por hora</b>						<b>276</b>	<b>319</b>	<b>353</b>	<b>339</b>	<b>313</b>

**Intersección:** Calle Máximo Gómez- Cuba **fecha:** 23 de febrero del 2017

**Acceso:** Máximo Gómez

**día de la semana:** martes

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00-	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45-	
			7:15	7:30	7:35	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	
	Recto	Cam.	4	3	4	2	3	1	3	5	
		Omn	2	3	1	2	3	1	4	3	
		Auto	7	20	6	22	25	14	13	11	
		Moto	4	17	23	26	23	25	19	11	
		Ciclo	10	38	53	59	46	32	36	18	
		Coche	5	18	21	27	23	16	21	16	
7:00		<b>Total cada 15min</b>		32	99	108	138	123	89	96	64
-	<b>Total cada hora</b>					377	468	458	446	372	
9:00	Izquierdo	Cam	0	0	2	0	0	0	0	0	
		Omn	0	1	0	0	0	0	0	0	
		Auto	9	1	7	6	4	1	0	1	
		Moto	5	1	0	2	1	1	2	0	
		Ciclo	7	3	3	4	3	3	0	0	
		Coche	2	0	3	1	0	0	1	1	
		<b>Total cada 15min</b>		23	6	15	13	8	5	3	2
	<b>Total cada hora</b>					57	42	41	29	18	
<b>Total del acceso por hora</b>						434	510	499	475	390	

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	
	Recto	Cam.	0	5	3	1	2	2	3	2	
		Omn	3	5	2	4	3	2	3	2	
		Auto	1	20	26	15	24	8	15	6	
		Moto	9	16	22	22	18	10	10	3	
		Ciclo	11	54	45	60	46	39	23	13	
		Coche	3	17	31	24	27	22	15	8	
3:30		<b>Total cada 15min</b>		27	117	129	126	120	83	69	32
-	<b>Total cada hora</b>					399	492	458	398	304	
5:30	Izquierdo	Cam	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Omn	0	0	0	0	1	0	1	0	
		Auto	1	2	2	4	0	0	0	1	
		Moto	1	2	2	0	1	1	0	1	
		Ciclo	5	1	5	5	1	3	1	2	
		Coche	3	0	0	0	0	0	0	2	
		<b>Total cada 15min</b>		10	5	9	9	3	4	2	6
	<b>Total cada hora</b>					33	26	25	18	15	
<b>Total del acceso por hora</b>						432	518	483	416	319	

**Intersección:** Calle Máximo Gómez- Cuba

**fecha:** 24 de febrero del 2017

**Acceso:** Máximo Gómez

**día de la semana:** miércoles

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:35	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00	Recto	Cam.	2	2	1	2	1	3	3	1
		Omn	2	6	4	3	4	2	3	1
		Auto	19	29	35	12	25	24	29	27
		Moto	10	14	20	16	17	8	7	5
		Ciclo	23	45	55	53	46	34	30	24
		Coche	10	17	27	23	34	20	33	17
		<b>Total cada 15min</b>	<b>66</b>	<b>113</b>	<b>142</b>	<b>109</b>	<b>127</b>	<b>91</b>	<b>105</b>	<b>75</b>
-	<b>Total cada hora</b>				<b>430</b>	<b>491</b>	<b>469</b>	<b>432</b>	<b>398</b>	
9:00	Izquierdo	Cam.	0	2	0	1	0	0	0	0
		Omn	0	0	1	0	0	0	0	0
		Auto	2	4	1	2	0	2	1	1
		Moto	1	1	1	2	1	0	1	1
		Ciclo	1	2	5	0	2	2	3	0
		Coche	1	2	0	1	1	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>Total cada hora</b>				<b>30</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>15</b>		
<b>Total del acceso por hora</b>					<b>460</b>	<b>520</b>	<b>491</b>	<b>451</b>	<b>413</b>	

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30	Recto	Cam.	1	2	4	2	2	1	4	5
		Omn	3	5	3	2	2	0	5	2
		Auto	6	18	16	30	13	14	9	14
		Moto	3	10	7	19	15	7	3	7
		Ciclo	13	22	17	39	26	26	14	25
		Coche	9	13	11	27	15	1	22	20
		<b>Total cada 15min</b>	<b>35</b>	<b>70</b>	<b>58</b>	<b>119</b>	<b>73</b>	<b>49</b>	<b>57</b>	<b>73</b>
-	<b>Total cada hora</b>				<b>282</b>	<b>320</b>	<b>299</b>	<b>298</b>	<b>252</b>	
5:30	Izquierdo	Cam.	0	0	1	1	0	0	0	0
		Omn	0	0	0	0	0	0	0	0
		Auto	4	2	0	1	1	5	4	1
		Moto	7	2	2	2	1	2	3	1
		Ciclo	1	4	1	3	0	2	1	0
		Coche	3	1	1	0	0	1	0	1
		<b>Total cada 15min</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>3</b>
<b>Total cada hora</b>				<b>36</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>23</b>		
<b>Total del acceso por hora</b>					<b>318</b>	<b>343</b>	<b>323</b>	<b>325</b>	<b>275</b>	

**Intersección:** Calle Máximo Gómez- Cuba

**fecha:** 25 de febrero del 2017

**Acceso:** Máximo Gómez

**día de la semana:** jueves

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.									
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	8:45	9:00
			7:15	7:30	7:35	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00		
	Recto	Cam.	2	1	2	4	2	1	1	2		
		Omn	4	3	6	2	3	3	4	3		
		Auto	9	26	21	15	17	30	12	16		
		Moto	10	1	15	14	16	12	10	5		
		Ciclo	24	51	49	45	52	27	28	20		
		Coche	14	17	21	19	21	20	20	13		
		<b>Total cada 15min</b>		63	99	114	99	111	93	75	59	
7:00	<b>Total cada hora</b>				375	423	417	378	338			
-	Izquierdo	Cam	0	1	0	0	0	0	0	1		
		Omn	0	0	0	0	0	0	0	1		
		Auto	2	2	4	1	2	2	0	0		
		Moto	0	2	1	0	2	2	0	0		
		Ciclo	0	1	3	2	5	0	1	0		
		Coche	0	1	0	0	1	1	0	0		
		<b>Total cada 15min</b>		2	6	8	3	10	5	1	2	
9:00	<b>Total cada hora</b>				19	27	26	19	18			
<b>Total del acceso por hora</b>						394	450	443	397	356		

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.									
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:15	
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30		
	Recto	Cam.	1	1	1	4	1	1	6	1		
		Omn	1	1	1	4	1	1	5	1		
		Auto	8	11	20	21	16	13	20	11		
		Moto	10	6	19	17	14	14	4	3		
		Ciclo	11	18	25	49	31	38	39	32		
		Coche	6	11	13	19	13	20	23	12		
		<b>Total cada 15min</b>		37	48	79	114	76	87	97	60	
3:30	<b>Total cada hora</b>				278	317	356	374	320			
-	Izquierdo	Cam	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Omn	0	1	0	0	0	0	0	0		
		Auto	0	2	0	2	3	4	0	1		
		Moto	6	1	0	2	2	0	0	0		
		Ciclo	0	0	0	1	1	2	2	1		
		Coche	1	0	0	0	1	0	1	0		
		<b>Total cada 15min</b>		7	4	0	5	7	6	3	2	
5:30	<b>Total cada hora</b>				16	16	18	21	18			
<b>Total del acceso por hora</b>						294	333	374	395	338		



**Intersección:** Calle Morales Lemus –Aguilera

**fecha:** 15 de marzo del 2017

**Acceso:** Morales Lemus

**día de la semana:** martes

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00	Recto	Cam	3	4	1	5	3	4	2	3
		Omn	2	5	4	3	4	3	1	4
		Auto	20	22	41	60	55	49	50	37
		Moto	15	29	57	63	47	38	42	41
		Ciclo	19	34	102	118	113	97	108	88
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		59	94	205	249	222	191	203
-	<b>Total cada hora</b>				607	770	867	865	789	
9:00	Derecho	Cam	0	0	1	1	2	0	1	0
		Omn	0	0	2	0	1	2	2	0
		Auto	2	5	7	8	9	6	8	11
		Moto	3	4	9	4	12	8	7	6
		Ciclo	1	8	5	6	11	14	9	16
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		6	17	24	19	35	30	27
<b>Total cada hora</b>					66	95	108	111	125	
<b>Total del acceso por hora</b>						673	865	975	976	914

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30	Recto	Cam	1	1	1	0	1	0	1	2
		Omn	1	2	0	2	0	0	3	3
		Auto	12	10	15	20	19	16	23	17
		Moto	11	16	14	18	13	15	11	16
		Ciclo	17	19	26	24	43	38	27	22
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		42	48	56	64	76	69	65
-	<b>Total cada hora</b>				210	244	265	274	270	
5:30	Derecho	Cam	0	1	2	0	0	1	0	0
		Omn	1	2	2	0	1	0	0	0
		Auto	5	6	9	8	5	10	4	6
		Moto	3	4	11	11	8	8	3	4
		Ciclo	7	6	10	9	6	14	8	7
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		16	19	34	28	20	33	15
<b>Total cada hora</b>					97	101	115	96	85	
<b>Total del acceso por hora</b>						307	345	380	370	355

**Intersección:** Calle Morales Lemus - Aguilera

**Fecha:** 16 de marzo del 2017

**Acceso:** Morales Lemus

**día de la semana:** miércoles

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00	Recto	Cam	2	3	0	3	3	3	0	1
		Omn	1	6	4	4	5	1	3	5
		Auto	18	20	43	61	58	46	48	39
		Moto	14	31	55	59	45	39	37	44
		Ciclo	21	33	104	109	118	99	94	93
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		56	93	206	236	229	188	182
-	<b>Total cada hora</b>				591	764	859	835	781	
9:00	Derecho	Cam	1	0	2	0	0	2	0	1
		Omn	2	1	0	0	0	1	2	0
		Auto	4	6	6	7	8	6	10	8
		Moto	2	3	10	9	13	9	4	7
		Ciclo	3	7	6	5	6	12	12	19
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		12	17	24	21	27	30	28
<b>Total cada hora</b>					74	89	102	106	120	
<b>Total del acceso por hora</b>						665	853	961	941	901

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30	Recto	Cam	2	0	2	3	2	0	2	0
		Omn	3	3	1	4	3	2	0	0
		Auto	15	9	18	23	20	17	24	14
		Moto	17	14	11	19	11	11	8	13
		Ciclo	19	23	29	28	40	31	25	26
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		56	49	61	77	76	61	59
-	<b>Total cada hora</b>				243	263	275	273	249	
5:30	Derecho	Cam	0	0	1	0	1	1	1	0
		Omn	0	0	0	0	2	1	0	0
		Auto	2	4	10	7	4	9	6	4
		Moto	4	2	7	6	6	9	2	4
		Ciclo	3	8	9	8	8	17	6	6
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		9	14	27	21	21	37	15
<b>Total cada hora</b>					71	83	106	94	87	
<b>Total del acceso por hora</b>						314	346	381	367	336

**Intersección:** Calle Morales Lemus - Aguilera

**fecha:** 17 de marzo del 2017

**Acceso:** Morales Lemus

**día de la semana:** jueves

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
	Recto	Cam	3	2	1	1	2	3	1	2
		Omn	2	4	3	3	1	2	1	6
		Auto	19	21	44	66	55	47	47	37
		Moto	13	33	51	61	43	41	39	48
		Ciclo	22	29	98	103	124	104	96	95
7:00		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
-	<b>Total cada 15min</b>		59	89	197	234	225	197	184	188
9:00	<b>Total cada hora</b>					579	745	853	840	794
	Derecho	Cam	0	0	1	2	1	3	0	0
		Omn	1	0	2	0	1	2	3	0
		Auto	5	4	4	4	10	7	11	6
		Moto	3	2	9	10	11	6	2	4
		Ciclo	4	8	7	8	8	9	13	9
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total cada 15min</b>		13	14	23	24	31	27	29	19
	<b>Total cada hora</b>					74	92	105	111	106
<b>Total del acceso por hora</b>						653	837	958	951	900

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
	Recto	Cam	1	1	1	1	3	1	3	3
		Omn	1	2	1	4	1	1	1	0
		Auto	11	7	19	27	17	16	22	12
		Moto	12	16	10	16	13	14	6	11
		Ciclo	16	22	25	24	39	26	23	21
3:30		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
-	<b>Total cada 15min</b>		41	48	56	72	73	58	55	47
5:30	<b>Total cada hora</b>					217	249	259	258	233
	Derecho	Cam	0	0	1	1	0	2	0	1
		Omn	0	1	1	3	0	1	0	1
		Auto	3	6	12	8	6	7	4	3
		Moto	1	1	9	4	7	10	1	5
		Ciclo	2	9	6	4	9	15	5	4
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total cada 15min</b>		6	17	29	20	22	35	10	14
	<b>Total cada hora</b>					72	88	106	87	81
<b>Total del acceso por hora</b>						289	337	365	345	314

**Intersección:** Calle Morales Lemus - Aguilera **fecha:** 15 de marzo del 2017

**Acceso:** Aguilera

**día de la semana:** martes

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.									
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45		
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00		
7:00	Recto	Cam	0	5	4	5	7	3	4	5		
		Omn	3	4	7	2	9	3	4	3		
		Auto	15	29	27	17	25	17	26	22		
		Moto	8	19	17	23	16	14	15	18		
		Ciclo	14	40	52	72	52	31	48	39		
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0		
		<b>Total cada 15min</b>		40	97	107	119	109	68	97	87	
-												
9:00		<b>Total cada hora</b>				363	432	403	393	361		
	Izquierdo	Cam	0	0	0	1	0	0	2	1		
		Omn	0	0	1	1	1	0	1	0		
		Auto	5	6	5	8	6	9	9	10		
		Moto	6	4	8	3	7	8	7	5		
		Ciclo	5	4	5	10	5	7	12	11		
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0		
		<b>Total cada 15min</b>		16	14	19	23	19	24	31	27	
		<b>Total cada hora</b>				72	75	85	97	101		
<b>Total del acceso por hora</b>						435	507	488	490	462		

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.									
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15		
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30		
3:30	Recto	Cam	2	2	3	1	0	1	0	0		
		Omn	3	2	3	2	3	2	1	1		
		Auto	24	16	14	29	20	10	16	9		
		Moto	10	14	11	16	9	8	9	11		
		Ciclo	15	23	18	22	13	21	13	14		
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0		
		<b>Total cada 15min</b>		54	57	49	70	45	42	39	35	
-												
5:30		<b>Total cada hora</b>				230	221	206	196	161		
	Izquierdo	Cam	0	0	1	0	0	1	0	0		
		Omn	0	0	0	1	0	1	0	0		
		Auto	4	3	8	5	5	10	2	4		
		Moto	3	5	6	6	7	5	3	3		
		Ciclo	5	7	8	4	2	6	3	6		
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0		
		<b>Total cada 15min</b>		12	15	23	16	14	23	8	13	
		<b>Total cada hora</b>				66	68	76	61	58		
<b>Total del acceso por hora</b>						296	289	282	257	219		

**Intersección:** Calle Morales Lemus - Aguilera

**fecha:** 16 de marzo del 2017

**Acceso:** Aguilera

**día de la semana:** miércoles

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00	Recto	Cam	2	4	4	2	6	1	3	4
		Omn	3	2	4	3	5	3	3	5
		Auto	17	24	28	16	27	18	29	20
		Moto	6	18	16	28	16	22	14	16
		Ciclo	18	43	49	81	55	33	44	40
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
-	<b>Total cada 15min</b>		46	91	101	130	109	77	93	85
9:00	<b>Total cada hora</b>					368	431	417	409	364
	Izquierdo	Cam	0	0	1	0	0	0	0	1
		Omn	0	0	0	0	0	1	2	0
		Auto	4	5	6	7	8	10	10	8
		Moto	7	6	9	5	4	5	5	6
		Ciclo	6	5	10	8	7	4	9	12
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total cada 15min</b>		17	16	26	20	19	20	26	27
	<b>Total cada hora</b>					79	81	85	85	92
<b>Total del acceso por hora</b>						447	512	502	494	456

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30	Recto	Cam	3	0	2	0	0	0	0	0
		Omn	4	1	1	3	2	0	1	0
		Auto	20	14	16	30	19	9	14	14
		Moto	11	13	14	17	13	10	12	9
		Ciclo	18	20	16	24	12	22	10	14
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
-	<b>Total cada 15min</b>		56	48	49	74	46	41	37	37
5:30	<b>Total cada hora</b>					227	217	210	198	161
	Izquierdo	Cam	0	0	1	1	0	0	1	1
		Omn	0	1	0	1	2	0	1	0
		Auto	3	4	6	4	8	8	4	5
		Moto	2	6	9	5	5	6	6	4
		Ciclo	4	6	4	2	7	7	5	8
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total cada 15min</b>		9	17	20	13	22	21	17	18
	<b>Total cada hora</b>					59	72	76	73	78
<b>Total del acceso por hora</b>						286	289	286	271	239

Intersección: Calle Morales Lemus - Aguilera

fecha: 17 de marzo del 2016

Acceso: Aguilera

día de la semana: jueves

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45
			7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
7:00	Recto	Cam	4	3	3	3	2	2	3	3
		Omn	2	2	2	4	3	3	2	4
		Auto	15	20	26	19	25	20	18	25
		Moto	7	17	14	24	17	18	16	13
		Ciclo	16	39	51	79	50	35	37	44
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		44	81	96	129	97	78	76
-					350	403	400	380	340	
9:00	Izquierdo	Cam	0	1	2	0	1	0	0	0
		Omn	0	0	0	1	0	1	2	0
		Auto	5	4	7	5	5	11	13	8
		Moto	8	4	8	8	9	4	2	7
		Ciclo	4	2	7	6	8	2	7	14
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		17	11	24	20	23	18	24
<b>Total cada hora</b>					72	78	85	85	94	
<b>Total del acceso por hora</b>					422	481	485	465	434	

periodo	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15
			3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30
3:30	Recto	Cam	2	0	0	1	1	0	0	0
		Omn	1	0	2	2	1	0	1	0
		Auto	17	12	14	25	20	7	12	11
		Moto	15	10	18	19	17	12	15	9
		Ciclo	14	22	20	28	11	19	8	12
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		49	44	54	75	50	38	36
-					222	223	217	199	156	
5:30	Izquierdo	Cam	0	0	0	1	1	0	0	0
		Omn	1	0	0	1	1	0	1	0
		Auto	2	5	5	6	6	9	2	6
		Moto	4	4	10	4	8	5	7	3
		Ciclo	2	3	3	3	4	13	4	9
		Coche	0	0	0	0	0	0	0	0
		<b>Total cada 15min</b>		9	12	18	15	20	27	14
<b>Total cada hora</b>					54	65	80	76	79	
<b>Total del acceso por hora</b>					276	288	297	275	235	

### Anexo 3: Aforos de velocidad.

Intersección: Máximo Gómez – Cuba. Acceso: Máximo Gómez

Autos

Vehículo	Tiempo (s)	Vel (km/h)
1	9,28	34,9
2	9,19	35,27
3	9,82	32,98
4	8,95	36,2
5	10,54	30,74
6	10,01	32,37
7	8,85	36,61
8	9,27	34,95
9	10,15	31,92
10	10,42	31,09
11	9,61	33,72
12	9,43	34,36
13	8,52	38,03
14	9,18	35,29
15	10,02	32,34
16	9,78	33,13
17	10,47	30,94
18	10,96	29,56
19	10,74	30,17
20	9,84	32,94
21	10,85	29,86
22	9,32	34,76
23	8,92	36,32
24	9,96	32,54
25	9,72	33,34
26	9,36	34,62
27	8,65	37,46
28	10,24	31,64
29	9,50	34,11
30	9,92	32,67

Ciclos

Vehículo	Tiempo (s)	Vel (km/h)
1	16,25	19,94
2	16,28	19,90
3	18,24	17,76
4	16,75	19,34
5	16,53	19,60
6	17,24	18,79
7	16,47	19,67
8	18,33	17,68
9	18,12	17,88
10	16,28	19,90
11	16,34	19,83
12	16,27	19,91
13	15,87	20,42
14	17,21	18,83
15	18,59	17,43
16	16,87	19,21
17	16,31	19,87
18	15,29	21,19
19	16,22	19,98
20	17,44	18,58
21	16,11	20,11
22	15,48	20,93
23	17,47	18,55
24	18,35	17,66
25	17,56	18,45
26	16,72	19,38
27	18,34	17,67
28	17,11	18,94
29	18,77	17,26
30	16,88	19,19

Intersección: Máximo Gómez – Cuba.

Autos

Vehículo	Tiempo (s)	V(km/h)
1	7,24	24,86
2	8,33	21,61
3	7,45	24,16
4	7,92	22,73
5	6,31	24,18
6	7,21	24,97
7	6,97	25,82
8	6,61	27,23
9	8,18	22,00
10	6,26	28,75
11	6,84	26,32
12	6,87	26,20
13	6,53	27,57
14	6,48	25,78
15	6,75	26,67
16	7,21	24,97
17	6,49	27,73
18	6,48	25,33
19	7,43	24,23
20	8,24	21,84
21	7,68	23,44
22	8,17	22,03
23	8,06	22,33
24	6,59	27,31
25	6,46	27,86
26	7,14	25,21
27	6,34	28,39
28	6,77	26,59
29	8,21	21,92
30	7,88	22,84

Acceso: Cuba

Ciclos

Vehículo	Tiempo (s)	V(km/h)
1	12,22	14,73
2	11,75	15,32
3	13,64	13,20
4	11,54	15,60
5	13,12	13,72
6	10,84	16,61
7	11,34	15,87
8	13,69	13,15
9	10,94	16,45
10	13,22	13,62
11	11,84	15,20
12	12,71	14,16
13	13,28	13,55
14	13,57	13,26
15	12,91	13,94
16	11,34	15,87
17	11,57	15,56
18	12,18	14,78
19	10,88	16,54
20	13,57	13,26
21	12,41	14,50
22	13,77	13,07
23	12,29	14,65
24	13,66	13,18
25	13,37	13,46
26	12,91	13,94
27	13,28	13,55
28	12,74	14,13
29	11,27	15,97
30	10,92	16,48



Intersección: Morales Lemus – Aguilera

Autos

No	tiempo (s)	V(km/h)
1	9,53	26,44
2	9,11	27,66
3	10,22	24,66
4	9,93	25,39
5	9,65	26,12
6	8,55	29,47
7	9,74	25,86
8	9,89	25,47
9	9,34	26,98
10	10,47	24,07
11	8,72	28,91
12	9,53	26,43
13	9,48	26,59
14	10,04	25,09
15	10,44	24,14
16	9,11	27,66
17	9,27	27,18
18	9,63	26,18
19	9,03	27,91
20	9,27	27,19
21	9,63	26,18
22	9,81	25,69
23	9,86	25,56
24	9,97	25,28
25	10,18	24,75
26	10,35	24,35
27	10,46	24,09
28	9,20	27,39
29	8,17	30,84
30	10,09	24,97

Acceso Aguilera

Ciclos

No	tiempo (s)	V(km/h)
1	15,45	16,31
2	14,48	17,40
3	16,43	15,34
4	14,94	16,87
5	16,45	15,32
6	14,32	17,60
7	16,27	15,49
8	17,82	14,14
9	14,28	17,65
10	17,64	14,29
11	14,58	17,28
12	15,97	15,78
13	15,21	16,57
14	17,11	14,73
15	14,88	16,94
16	16,39	15,38
17	17,19	14,66
18	16,84	14,96
19	16,22	15,54
20	17,28	14,58
21	16,17	15,58
22	16,29	15,47
23	15,94	15,81
24	17,21	14,64
25	16,45	15,32
26	15,43	16,33
27	16,29	15,47
28	17,81	14,15
29	15,57	16,18
30	17,34	14,53

Intersección: Morales Lemus – Aguilera

Autos

No	Tiempo (s)	V (km/h)
1	10,11	32,05
2	9,21	35,18
3	10,35	32,18
4	8,26	39,23
5	9,77	33,16
6	10,64	30,45
7	9,26	34,99
8	10,35	31,30
9	9,94	32,60
10	11,54	28,08
11	10,26	31,58
12	9,57	33,86
13	10,31	31,43
14	8,67	37,37
15	9,28	34,91
16	9,77	33,16
17	10,26	31,58
18	11,08	29,24
19	10,28	31,52
20	9,61	33,71
21	10,37	31,24
22	11,31	28,65
23	9,16	35,37
24	8,94	36,24
25	10,27	31,55
26	9,19	35,26
27	11,34	28,57
28	10,26	32,08
29	9,71	33,37
30	10,68	30,34

Acceso Morales Lemus

Ciclos

No	Tiempo (s)	V (km/h)
1	15,29	21,19
2	16,34	19,83
3	17,38	18,64
4	18,34	17,67
5	19,28	16,80
6	18,67	17,35
7	18,22	17,78
8	17,4	18,62
9	18,17	17,83
10	16,28	19,90
11	15,17	21,36
12	16,58	19,54
13	18,18	17,82
14	18,97	17,08
15	16,84	19,24
16	16,94	19,13
17	19,16	16,91
18	16,61	19,51
19	18,46	17,55
20	17,31	18,72
21	18,69	17,34
22	16,43	19,72
23	15,48	20,93
24	18,21	17,79
25	18,26	17,74
26	17,28	18,75
27	19,55	16,57
28	18,26	17,74
29	17,33	18,70
30	17,19	18,85

#### Anexo 4: Error medio cuadrático

Acceso	$\frac{\sqrt{\Sigma(Vi - Vp)^2}}{N}$		$\frac{\Sigma(Vi - Vp)}{N}$	
	Ciclos	Autos	Ciclos	Autos
Máximo Gómez	1.08	4.87	0.0083	0.0043
Cuba	1.37	4.60	0.0053	1.16E <sup>-16</sup>
Morales Lemus	1.61	3.49	0.0031	0.0051
Aguilera	1.04	2.58	-0.093	0.0033

#### Anexo 5: Volúmenes en la hora de máxima demanda

Acceso.	Tipo.	Máximo Gómez - Cuba			
		7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15
Máximo G.	Camión.	3	8	2	3
	Ómnibus.	9	13	4	3
	Auto.	21	13	28	29
	Moto	18	23	28	24
	Ciclos	41	56	63	49
<b>Total cada 15min</b>		92	113	125	108
Cuba	Camión.	6	4	5	4
	Ómnibus.	7	6	5	8
	Auto.	18	29	23	29
	Moto	4	3	4	1
	Ciclos	50	46	65	32
<b>Total cada 15min</b>		85	88	102	74
<b>Total en la hora</b>					787

Morales Lemus - Aguilera					
Acceso.	Tipo.	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45
Morales Lemus	Camión.	6	5	4	3
	Ómnibus.	3	5	5	3
	Auto.	68	64	55	58
	Moto	67	59	46	49
	Ciclos	124	124	111	117
<b>Total cada 15min</b>		268	257	221	230
Aguilera	Camión.	6	7	3	6
	Ómnibus.	3	10	3	5
	Auto.	25	31	26	35
	Moto	26	23	22	22
	Ciclos	82	57	38	60
<b>Total cada 15min</b>		142	128	92	128
<b>Total en la hora</b>					1466

### Anexo 6: Aforos de brecha

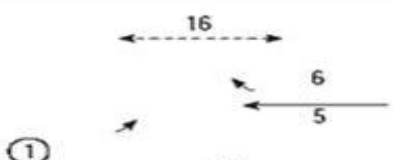
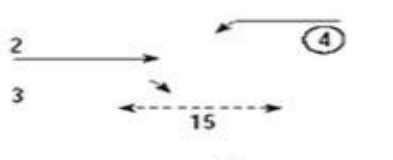
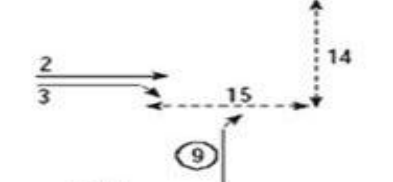
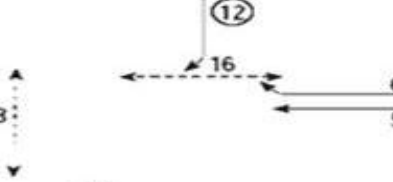
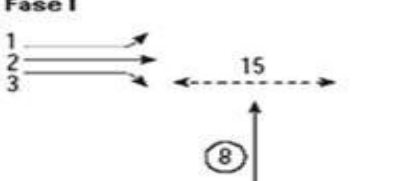
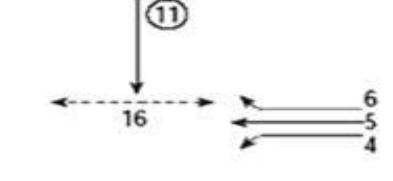
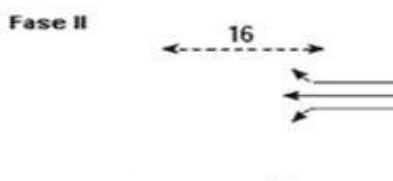
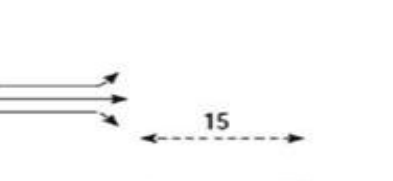
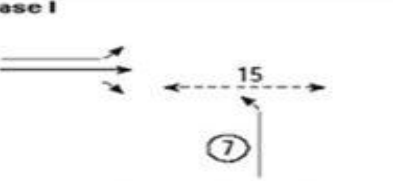
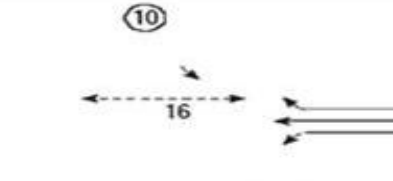
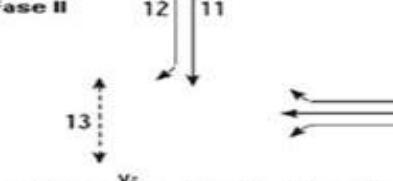
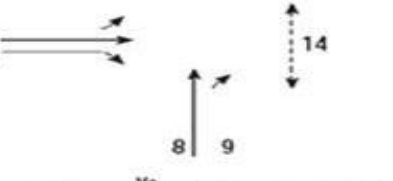
Intersección: Máximo Gómez - Cuba

Vehículo	Brecha	Aceptan	No aceptan
ciclos	4.5	16	4
autos	2.6	13	7

Intersección: Morales Lemus – Aguilera

Vehículo	Brecha	Aceptan	No aceptan
ciclos	3.3	12	8
autos	2.3	14	6

## Anexo 7: Definición y cálculo de los volúmenes de los movimientos conflictivos.

Movimiento prioritario	Movimientos conflictivos del tránsito, $V_{c,x}$	
Via principal movimiento izquierdo (1. 4)	 $V_{c,1} = v_5 + v_6^{[a]} + v_{16}$	 $V_{c,4} = v_2 + v_3^{[a]} + v_{15}$
Via secundaria giro derecho (9.12)	 $V_{c,9} = \frac{v_2^{[b]}}{N} + 0.5v_3^{[c]} + v_{14} + v_{15}$	 $V_{c,12} = \frac{v_5^{[b]}}{N} + 0.5v_6^{[c]} + v_{13} + v_{16}$
Via secundaria movimiento directo (8. 11)	<p>Fase I</p>  $V_{c,I,8} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{[c]} + v_{15}$	 $V_{c,I,11} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{[c]} + v_{16}$
	<p>Fase II</p>  $V_{c,II,8} = 2v_4 + v_5 + v_6^{[a]} + v_{16}$	 $V_{c,II,11} = 2v_1 + v_2 + v_3^{[a]} + v_{15}$
Via secundaria giro izquierda (7. 10)	<p>Fase I</p>  $V_{c,I,7} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{[c]} + v_{15}$	 $V_{c,I,10} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{[c]} + v_{16}$
	<p>Fase II</p>  $V_{c,II,7} = 2v_4 + \frac{v_5}{N} + 0.5v_6^{[d]} + 0.5v_{12}^{[e]} + 0.5v_{11} + v_{13}$	 $V_{c,II,10} = 2v_1 + \frac{v_2}{N} + 0.5v_3^{[d]} + 0.5v_9^{[e,1]} + 0.5v_8 + v_{14}$

Fuente: *Highway Capacity Manual. Estados Unidos, 2010.*

Nota:

**a:** Si el giro derecho que viene de la vía principal está separado por una isla triangular y tiene una señal de ceda el paso o de pare,  $v_6$  y  $v_3$  no necesitan considerarse.

**b:** Si existe más de un carril en la vía principal, se supone que la tasa de flujo en el carril derecho es  $v_2/N$  o  $v_5/N$ , donde  $N$  es el número de carriles.

**c:** Si existe un giro derecho en la vía principal, no es necesario considerar  $v_3$  o  $v_6$ .

**d:** Omitir el  $v_3$ , giro derecho, más lejano para el movimiento 10, o  $v_6$  para el movimiento 7, si la calle principal es multicarril.

**e:** Si el giro derecho que viene de la vía secundaria está separado por una isla triangular y tiene una señal de ceda el paso o de pare,  $v_9$  y  $v_{12}$  no necesitan considerarse.

**f:** Omitir  $v_9$  y  $v_{12}$  para multicarriles o utilizar la mitad de su valor, si el acceso de la vía secundaria presenta abocinamiento.