



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

Sede "Oscar Lucero Moya"

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES



TRABAJO DE DIPLOMA

EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DE TRACCIÓN ANIMAL SOBRE EL NIVEL DE SERVICIO DE INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS EN LA CIUDAD DE HOLGUÍN

AIDELMIS PORTELLES FONT

Holguín, 2017



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

Sede "Oscar Lucero Moya"

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES



TRABAJO DE DIPLOMA

EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DE TRACCIÓN ANIMAL SOBRE EL NIVEL DE SERVICIO DE INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS EN LA CIUDAD DE HOLGUÍN

Autor: Aidelmis Portelles Font

Tutor: Ing. Eunices Soler Sánchez

Holguín, 2017

PENSAMIENTO

Las ideas, como los árboles han de venir de larga raíz y ser de suelo afín, para que prendan y prosperen.

José Martí.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A mi tutora Eunices Soler Sánchez por su apoyo incondicional y su dedicación para la realización de este trabajo.
- ✓ A mi familia por respaldarme y apoyarme en todos estos años para lograr mi formación profesional en especial mis abuelos y mis tías.
- ✓ A mi pareja por permanecer a mi lado en todos estos años y ser un pilar en mi vida.
- ✓ A todos los profesores que desde niña han inculcado en mí valores y conocimientos que permitieron mi formación.
- ✓ A mis amigas y compañeras de cuarto que me han apoyado en los buenos y malos tiempos.

A todos, mis más sinceros agradecimientos.



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en especial a mi madre, mi razón de ser, a la que debo todo lo que soy.

RESUMEN

La metodología usada a nivel internacional para la evaluación de las intersecciones no semaforizadas, recogida en el Highway Capacity Manual (HCM), no considera la presencia de medios de transporte de tracción animal por lo que es necesario adaptarla a las condiciones reales de la ciudad. Para ello se debe conocer como inciden estos medios de transporte en las intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín, lo que se refleja en un factor que representa las características de los vehículos de tracción animal, que permita homogenizar los volúmenes. Se realizan varios estudios de tránsito para conocer aspectos como velocidad, volumen, brecha y áreas de ocupación, a partir de sus resultados se obtiene un factor de equivalencia de coches a autos ligeros donde un coche equivale 1,5 autos. Se aplicó la metodología con la inclusión de este factor en las intersecciones Máximo Gómez – Cuba y Máximo Gómez – Arias primeramente sin tener en cuenta los volúmenes de coches y luego con ellos, afectados por el factor encontrado. Para ambos casos los resultados varían considerablemente principalmente para los accesos secundarios donde las demoras y los niveles de servicio obtenidos reflejan resultados similares a los observados en el terreno e indican que los vehículos de tracción animal inciden negativamente en el funcionamiento de las mismas y que el factor de equivalencia encontrado es adecuado. Estos resultados fueron obtenidos a partir de la aplicación de métodos teóricos, empíricos y matemáticos- estadísticos.



ABSTRACT

The methodology used at the international level for the assessment of non-traffic-marked intersections in the Highway Capacity Manual (HCM) does not consider the presence of animal traction transport means that it is necessary to adapt it to the actual conditions of the city. To this end, it is necessary to know how these means of transport affect the unsemaphorized intersections of the city of Holguín, which is reflected in a factor that represents the characteristics of the vehicles of animal traction, that allows to homogenize the volumes. There are several traffic studies to know aspects such as speed, volume, gap and occupation areas, from their results you get a car equivalence factor to light cars where a car is worth 1.5 cars. The methodology was applied with the inclusion of this factor in the intersections Máximo Gómez - Cuba and Máximo Gómez – Arias, first without taking into account the volumes of cars and then with them, affected by the factor founded. For both cases the results vary considerably, mainly for secondary accesses where the delays and service levels obtained reflect results similar to those observed in the field and indicate that the vehicles of animal traction negatively affect the operation, the factor of equivalence found is adequate. These results were obtained from the application of theoretical, empirical and mathematical-statistical methods.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN DE LA EVALUACION DE LA INCIDENCIA DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DE TRACCIÓN ANIMAL EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE HOLGUÍN	6
Introducción al capítulo	6
1.1 Análisis histórico de los estudios realizados en torno a la incidencia de los medios de transporte de tracción animal en la capacidad y nivel de servicio .	6
1.2 Definición de términos claves para la investigación	8
1.2.1 Intersecciones no semaforizadas.....	8
1.2.2 Caracterización de las vías a analizar.....	9
1.2.3 Definición del término Capacidad y Nivel de Servicio	9
1.3 Estudios de tránsito.....	11
1.3.1 Estudios de volumen.....	11
1.3.2 Estudios de velocidad	13
1.3.3 Estudios de brecha	16
1.4 Incidencia de los vehículos de tracción animal en la metodología concebida por el Manual de Capacidad para intersecciones no semaforizadas	17
1.4.1 Objetivos	17
1.4.2 Características	18
Conclusiones del capítulo	27
CAPITULO 2: ESTUDIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA DE COCHES A AUTOS	28
Introducción al capítulo	28



2.1 Diseño del estudio.....	28
2.1.1 Selección de las intersecciones	28
2.1.2 Caracterización de los emplazamientos casos de estudios	29
2.1.3 Diseño de los estudios de tránsito	30
2.2 Resultados de los trabajos de campo	31
2.2.1 Resultado del estudio de volumen de tránsito	31
2.2.2 Resultado de los estudios de velocidad	35
2.2.3 Resultado de los estudios de brecha	37
2.3 Determinación del factor de equivalencia de medios de transporte de tracción animal en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín	38
Conclusiones del capítulo	41
CAPITULO 3: EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN ANIMAL EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE HOLGUÍN	
42	
Introducción al capítulo	42
3.1 Evaluación del comportamiento de intersecciones no semaforizadas mediante la metodología HCM sin considerar los vehículos de tracción animal.....	42
3.1.1 Intersección Máximo Gómez – Cuba	42
3.1.2 Intersección Máximo Gómez- Arias	45
3.2 Evaluación del comportamiento de intersecciones no semaforizadas mediante la metodología del HCM con los vehículos de tracción animal y el uso del factor encontrado	48
3.2.1 Intersección Máximo Gómez - Cuba	48
3.2.2 Intersección Máximo Gómez – Arias.....	50
3.3 Análisis de los resultados	53
Conclusiones del capítulo	53



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

CONCLUSIONES GENERALES	55
RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El tránsito es una actividad que debe su origen a la necesidad del hombre de moverse de un lugar a otro para poder subsistir y progresar. Al principio se transportaban a pie y en animales, luego inventaron la rueda y a partir de ahí se continua su avance hasta alcanzar el sistema de transporte actual, ya en forma masiva. Lo que trajo consigo el surgimiento de la Ingeniería del Tránsito para dar solución a los problemas que aparecían.

El carácter negativo que tiene el tránsito sobre las ciudades no se limita solo a la contaminación sonora y del aire, sino que con las características propias de cada lugar conlleva a otros efectos como son el mal uso de los espacios públicos y convivencia inadecuada de peatones y vehículos (Avilés, 1995).

La obtención de información sobre volúmenes de tránsito es de gran utilidad en la planeación del transporte, diseño vial, operación del tránsito e investigación, un buen análisis de los factores que inciden sobre las vías trae consigo un sistema vial completamente funcional.

Se ha convertido en una necesidad de la Ingeniería de Tránsito en el país determinar los niveles de servicio de vías e intersecciones con las condiciones reales que tienen las arterias de las ciudades cubanas en la actualidad, con la presencia de vehículos de tracción animal y otros factores que resultan determinantes a la hora de realizar una evaluación.

A nivel internacional para realizar los trabajos de Ingeniería de Tránsito se utiliza el Highway Capacity Manual (HCM) la que fue elaborada para las condiciones prevalecientes del tránsito de los Estados Unidos. En ella se incluye la metodología para la evaluación del Nivel de Servicio y Capacidad en intersecciones no semaforizadas.

Cada país es diferente en cuanto a las características de las vías, tanto en su geometría como en sus volúmenes y la composición de los flujos, por lo que las metodologías



planteadas en el HCM han sido adaptadas a particularidades propias del tráfico de cada nación.

En Cuba no se cuenta con un manual de evaluación cuantitativa y cualitativa del funcionamiento de las vías, por lo que es necesario emplear el HCM. Para ello se debe adaptar el mismo a las condiciones existentes en el territorio nacional donde existe una alta presencia de medios de transporte no automotores (ciclos y coches) que influyen directamente en la capacidad y los niveles de servicio de cada vialidad.

En el Manual de capacidad de carreteras los volúmenes con los que se realizan los análisis son llevados a autos ligeros equivalentes, por lo que los vehículos no clasificados como ligeros son convertidos mediante factores de equivalencia para homogeneizar los volúmenes. Estos factores de equivalencia se establecen según el propósito del análisis que pueden ser para el diseño del pavimento, diseño de estacionamientos, cálculo de capacidad o de nivel de servicio, por mencionar algunos.

Los mayores problemas del tránsito se registran en las zonas urbanas fundamentalmente en las intersecciones reguladas por señales de prioridad (Ceda el paso y Pare). Es por ello que se les concede prioridad a los estudios respecto a estos emplazamientos. Según la Dirección Nacional de Tránsito, la ciudad de Holguín es una de las que más índice de accidentalidad presenta en este tipo de intersecciones se encuentra en estos momentos en una de las tres provincias con más accidentes registrados en el presente año.

Los problemas que se generan son debidos a los altos volúmenes peatonales y vehiculares. Dentro de estos últimos se deben a la presencia de vehículos de tracción animal que interactúan con los automotores lo que ocasiona dificultades en la movilidad y la eficiencia en la circulación y afecta directamente la capacidad y los niveles de servicios de las mismas.

Por ello el problema de la investigación es: ¿Cómo evaluar la incidencia de los medios de transporte de tracción animal en la capacidad y nivel de servicio de intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín?

Objeto de la investigación: capacidad y nivel de servicio para intersecciones de prioridad planteada en el HCM 2010.

Campo de la investigación: incidencia de los medios de transporte de tracción animal en el funcionamiento de las intersecciones casos de estudio: Máximo Gómez – Cuba y Máximo Gómez – Arias.

El objetivo general de la investigación es evaluar la incidencia de vehículos de tracción animal en las intersecciones no semaforizadas Máximo Gómez – Cuba y Máximo Gómez – Arias pertenecientes a la ciudad de Holguín.

Los objetivos específicos de la investigación son los siguientes:

1. Analizar los antecedentes históricos de los estudios de la incidencia de los medios de transporte de tracción animal en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín.
2. Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos que rigen la evaluación de intersecciones no semaforizadas según la Metodología de Capacidad y Nivel de Servicio de intersecciones no semaforizadas.
3. Diagnosticar el estado actual del conocimiento sobre la incidencia de los medios de transporte de tracción animal en la capacidad y nivel de servicio de las intersecciones.
4. Determinar el factor de equivalencia de vehículos de tracción animal a autos ligeros a partir de estudios del tránsito.
5. Evaluar la incidencia de medios de transporte de tracción animal en las intersecciones Máximo Gómez – Cuba y Máximo Gómez – Arias de la ciudad de Holguín.

Al tener en cuenta el objetivo general y los específicos antes expuestos, se plantea como hipótesis de esta investigación la siguiente: si se implementa la metodología de capacidad y nivel de servicio para intersecciones de prioridad y se incorpora a esta el factor de coches a autos equivalentes, se podrá obtener mejores resultados de las evaluaciones cualitativas y cuantitativas del funcionamiento de estos emplazamientos, lo cual influye de manera positiva en la toma de soluciones para mitigar los conflictos que se generan en el tránsito.

Variable independiente: intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín.

Variable dependiente: incidencia de los medios de transporte de tracción animal.

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 medios de transporte de tracción animal y su incidencia en los parámetros de las corrientes vehiculares. Será necesario además realizar un análisis cronológico de los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan la presencia de medios de transporte de tracción animal en las calles de la ciudad de Holguín.
 - Hipotético–Deductivo: para la elaboración de la hipótesis de la investigación, precisión de las variables de la investigación y la asunción de una lógica investigativa.
 - Sistémico–Estructural: para determinar el factor de equivalencia de medios de transporte de tracción animal en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín y dar a la investigación un enfoque sistémico, que considere, su estructura, componentes y relaciones que se dan entre ellos.
 - Modelación: para la evaluación de modelos que permitan comprender el alcance y significación del aporte de la investigación a través de las representaciones gráficas que resuman los resultados del trabajo investigativo.
 - Análisis y Síntesis: para el análisis de la información procedente de la caracterización histórica, teórica, metodológica y empírica del objeto y el campo de la investigación.
- Método empírico:
 - Análisis documental: para la búsqueda e información relacionada con la caracterización histórica, teórico metodológico y empírica del objeto y el campo de la investigación.
 - Observación científica: para la realización del diagnóstico del objeto y el campo de la investigación.



El aporte de la investigación se aprecia al incorporar a la metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones no semaforizadas el factor de equivalencia de coches a autos ligeros. Lo que proporcionará una mayor aproximación a los niveles de servicio y la capacidad de las intersecciones controladas por señales de prioridad de la ciudad de Holguín, lo que garantiza que las medidas que se tomen para el mejoramiento de la circulación vehicular en estas calles, sean las más adecuadas, aspectos que revelan la novedad científica del trabajo.

El resultado que se propone es la finalidad de aportar a la tesis de maestría de mi tutora en el 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" aspecto que refleja las potencialidades de un ingeniero civil en la rama de la Ingeniería del Tránsito.

El trabajo de diploma está compuesto por tres capítulos. Un primer capítulo donde se muestra la caracterización histórica, teórica - metodológica y empírica de la evaluación de la incidencia de los medios de transporte de tracción animal en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín, además se refleja el estado actual de la investigación y su importancia. En el capítulo 2 se evidencian los resultados de los estudios de tránsito y el factor de equivalencia. El capítulo 3 se basa en la evaluación de la incidencia de vehículos de tracción animal en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín a través de metodología presente en el HCM con la incorporación del factor de equivalencia demostrado en dos casos de estudios.

CAPÍTULO-1 CARACTERIZACIÓN DE LA EVALUACION DE LA INCIDENCIA DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DE TRACCIÓN ANIMAL EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS DE LA CIUDAD DE HOLGUÍN

Introducción al capítulo

En el presente capítulo se aborda la evolución de los usos de los vehículos de tracción animal y su incidencia actual en las vialidades de la ciudad. Además se plantean los estudios de tránsito adecuados para esta investigación así como definiciones de términos que permitan un mejor acercamiento a la temática a tratar. De manera general el capítulo está orientado desde una dimensión histórica, teórico – metodológica y empírica.

1.1 Análisis histórico de los estudios realizados en torno a la incidencia de los medios de transporte de tracción animal en la capacidad y nivel de servicio

El surgimiento y desarrollo del automóvil como transporte público y de carga sustituye el transporte de tracción animal pues brinda mejores condiciones de seguridad, confort y velocidad. En el mundo la presencia de la tracción animal cada día es menor son más frecuente en países subdesarrollados y en zonas rurales con mayor aplicación en la rama de la agricultura, además de su uso en como distracción turística en cualquier lugar.

La sustitución de los vehículos de tracción animal es un llamado de las organizaciones protectoras de animales y de la ciudadanía debido a las exigencias del mundo moderno que piden, cada vez y con más fuerza, incluir en la agenda pública la defensa del derecho de los animales y la sostenibilidad ambiental.

Para la mayoría de las ciudades no representa un problema pues su presencia en el flujo vehicular no es considerable y por lo tanto los estudios para conocer la Capacidad y Nivel de Servicio de las vías no se ve afectado por la presencia de los mismos.



A partir del año 1990, el sistema de transporte de la República de Cuba, particularmente el transporte público de personas y de bienes, ha sufrido los efectos de una situación de emergencia económica conocida en Cuba como “período especial de tiempo de paz”. Como un resultado de la emergencia económica de los años 90, fue necesaria una reducción drástica de las importaciones. La producción industrial cubana fue también reducida, así como también lo fueron las exportaciones de bienes y servicios. El transporte fue uno de los sectores más severamente afectados por la reducción del intercambio internacional y, los servicios de transporte público de carga y de pasajeros fueron particularmente afectados. Como un resultado de la declinación de los servicios de transporte público, cientos de miles de trabajadores se quedaron sin medios para asistir diaria y puntualmente a sus centros de trabajo. Así, a partir del año 1991, resurgieron los servicios de transporte público con tracción animal.

Los coches han estado por largo tiempo sin regular, desde la primera mitad del siglo XX. El Estado reconoció la importancia de la tracción animal para el transporte público y en 1997 se establece a través de disposiciones legales, regulaciones para los servicios de transporte de carga y pasajeros, con el uso de vehículos de tracción animal. Desde 1998, se estableció el requisito de obtener una Licencia de Operación de Transporte con vistas a ofertar servicios de transporte con tracción animal, de carga y de pasajeros por diferentes rutas reguladas.

Este medio de transporte es de suma importancia para la población y forma parte del paisaje y del entorno cotidiano dentro y fuera de las urbes cubanas; pero es necesario reconocer que la presencia de los mismos trae consecuencias innumerables para el uso adecuado de la vía. Los factores tiempo, velocidad y volumen se ven afectados por su presencia en las calles lo que incide directamente en la capacidad y nivel de servicio para los que fueron diseñadas, lo que ocasiona demoras y accidentes. Del 2010 al cierre del 2014 se registraron 2093 incidentes de esa naturaleza, en los cuales participaron vehículos tirados por animales. En ellos perdieron la vida 84 personas y otras 1 805 resultaron lesionadas. (Dirección Nacional de Transito). De ahí la importancia de realizar estudios para definir realmente que representan para poder



evaluar las condiciones reales de las vías por donde transitan y tomar las medidas necesarias mejorar su uso.

Según la dirección de la UEB Atención al transporte no estatal de la ciudad de Holguín en su inventario de medios alternativos de enero del presente año, la ciudad cuenta con alrededor de 23 piqueras para coches, ubicadas en diferente zonas que la abarcan en casi su totalidad. Con este medio de transporte se trasladan mensualmente, con diferente origen-destino, alrededor de 812728 personas lo que representa un 27.37% del total que se transportan en un mes en medios no estatales, cifra que resulta muy significativa y representa las necesidades de transporte de la población en nuestra ciudad.

Como se puede apreciar los vehículos de tracción animal juegan un papel notable en la ciudad lo que dificulta el movimiento continuo de los vehículos a través de estas calles.

1.2 Definición de términos claves para la investigación

1.2.1 Intersecciones no semaforizadas

Las intersecciones de prioridad forman la vasta mayoría de las intersecciones a nivel en cualquier sistema de vías. Las intersecciones de prioridad son empleadas para asignar el derecho de paso en una vía y son controladas mediante la señal reglamentaria de pare (SR-01) colocada en el acceso secundario. La señal de pare se emplea para notificar al conductor de la vía secundaria que debe detener completamente el vehículo y sólo reanudar la marcha cuando pueda hacerlo en condiciones que eviten totalmente la posibilidad de accidente.

La condición de pare obliga a los conductores de la vía controlada a seleccionar espacios entre vehículos del flujo de la vía principal para hacer las maniobras de cruce o giro. La capacidad de una intersección de prioridad está controlada por:

- Distribución de espacios entre vehículos en la corriente de tránsito de la vía principal.
- Discernimiento del conductor para seleccionar espacios entre vehículos para ejecutar la maniobra deseada.



- Intervalo de entrada para cada vehículo de la cola.

1.2.2 Caracterización de las vías a analizar

Para el presente estudio se analizan las calles principales por donde transitan los vehículos de tracción animal ubicadas en el centro de la ciudad de Holguín, con el objetivo de encontrar el factor de conversión de coches a autos equivalente para analizar la movilidad de las vías, de manera que se obtengan datos de velocidad, demanda, separación vehicular y otros.

1.2.3 Definición del término Capacidad y Nivel de Servicio

La capacidad se define como 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 mayormente para los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que es el intervalo más corto para el que puede presentarse una circulación estable. (Highway Capacity Manual, 2010)

La definición de capacidad va estrechamente vinculada a diferentes condiciones que caracterizan la intersección o vía a estudiar y asume además la existencia de buenas condiciones climáticas y del firme, las mismas son:

- Condiciones viales o de la plataforma: Hace referencia a las características geométricas de la calle o carretera tales como las urbanísticas o de entorno, el número de carriles y los sentidos, el ancho, la velocidad de proyecto y el trazado en planta y alzado.
- Condiciones de circulación: Hace referencia a las características de la circulación la que queda definida por la composición de los vehículos y su distribución.
- Condiciones de control: Hace referencia al tipo y diseño específico del sistema de control y las normativas existentes en una vía.

El término Nivel de Servicio se define como la medida cualitativa descriptora de las condiciones operativas de un flujo variado y de la percepción de los pasajeros. Describe

generalmente las condiciones en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobrar, la comodidad y conveniencia o adecuación del flujo a los deseos del usuario y la seguridad vial. Se definen para cada tipo de infraestructura seis niveles de servicio, asignándole letras desde A hasta la F, donde el Nivel A es el que representa mejores condiciones de operación y el F las peores o congestión y en cada uno se define un amplio dominio de condiciones de operación como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Descripción de los niveles de servicio para intersecciones de prioridad.

Nivel de servicio	A	B	C	D	E	F
Demora promedio seg/veh	0 – 10	> 10 – 15	> 15 – 25	> 25 – 35	> 35 – 50	> 50

Fuente: Highway Capacity Manual (HCM 2010)

Tabla 1.2 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 (HCM 2010)

Las tablas anteriores muestran diferentes formas de evaluar de forma cualitativa una intersección según lo planteado en el HCM 2010. En la tabla 1.1 se obtiene un nivel de servicio a partir del cálculo de las demoras ya sea para la intersección o para cualquiera

de sus accesos y en la tabla 1.2 se obtiene un nivel de servicio a partir de los resultados obtenidos en los estudios de velocidad al conocer también la velocidad típica de la vía.

El nivel de servicio puede ser afectado por factores tanto internos como externos. Los externos son aquellos que dependen de la geometría o características físicas de la vía tales como: número y ancho de carriles, distancia libre lateral y pendientes. Pueden ser medidos a una hora conveniente porque no varían. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones de los parámetros de la corriente vehicular tales como velocidad, volumen, composición del tránsito y movimientos direccionales en las intersecciones. Estos parámetros variables deben ser medidos durante el período de mayor flujo. (Gallegos, 2005).

1.3 Estudios de tránsito

Los estudios de tránsito escogidos se realizan según los aspectos planteados en el Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito, SEDESOL, (México). Los mismos fueron escogidos según los objetivos del trabajo para el cual se realizan estudios de velocidad, de volumen y de brecha.

1.3.1 Estudios de volumen

Al proyectar una carretera o calle, la sección del tipo de vía, las intersecciones, los accesos y los servicios dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circula durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. De la determinación de estos datos depende que los resultados sean buenos o malos según el comportamiento de los volúmenes.

Volumen de tránsito: se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un período determinado y se expresa como:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1.1)$$

Donde:

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

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

T = período determinado (unidad de tiempo).

Existen diferentes tipos de volúmenes, entre ellos están:

- Volumen absoluto o total: total de vehículos que pasa durante un lapso de tiempo determinado.
- Volumen promedio diario (VPD): número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) menor a un año y mayor que un día dividido entre el número de días del período.
- Volumen horario de máxima demanda: es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y personas, sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles. Los datos se expresan en relación con el tiempo y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable, la calidad del servicio que se presta a la los usuarios.

Estos varían desde los muy amplios en toda una red o sistema vial, hasta los muy sencillos en lugares específicos. Las razones para llevar a cabo los estudios de volúmenes de tránsito son tan variadas como los lugares mismos donde se realizan. Para la investigación será necesario obtener los volúmenes horarios de máxima demanda para con ellos realizar los estudios pertinentes.

El factor horario de máxima demanda (FHMD) no es más que un indicador de las características de las distribuciones de los flujos dentro de las horas de máxima demanda. Para el cálculo del mismo es necesario que el volumen horario de máxima demanda este expresado en autos equivalentes, por tanto, la expresión para el cálculo

del FHMD, y la relación que se usa para llevar el volumen mixto a autos equivalentes serán las siguientes:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4q_{max}} \quad (1.2)$$

El tipo de datos recolectados depende mucho de la aplicación que se le vaya a dar a los mismos. Algunos estudios requieren detalles como la composición vehicular y los movimientos direccionales, mientras que otros solo exigen conocer los volúmenes totales.

Estos estudios pueden ser realizados mediante aforos manuales, mecánicos, las filmaciones y los equipos electrónicos adaptados a computadoras.

Se realizan en las horas de máxima demanda los días martes, miércoles y jueves debido a que en estos días el comportamiento del tránsito es normal, durante 2 horas en períodos de 15 minutos y se clasifican los vehículos según sus características. Todo con el fin de obtener la hora de máxima demanda, los volúmenes por tipo de vehículo y el factor horario de máxima demanda.

1.3.2 Estudios de velocidad

La velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determina la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de esta. La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los elementos del proyecto. Finalmente, un factor que la hace muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para los que fue diseñada la carretera actual y las calles, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos. Por tanto la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

Hoy día se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por

su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada. (Douglas, 2009).

Velocidad de recorrido

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc.

La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas; ya sea una con otra, o bien, en una misma ruta cuando se han realizado cambios para medir los efectos.

Velocidad de marcha

Para un vehículo, la velocidad de marcha o velocidad de crucero, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa asociada a la operación del tránsito. Por lo tanto, esta velocidad por lo general, será de valor superior a la de recorrido.

Los estudios de velocidad son realizados con la finalidad de estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en un lugar específico en una carretera. Las características de velocidad pueden usarse para:

- Establecer parámetros para la operación y el control del tránsito, como zonas de velocidad o las restricciones de paso.
- Evaluar la efectividad de los dispositivos de control de tránsito, tales como los señalamientos de mensajes variables en las zonas.

- Evaluar el efecto de la velocidad en la seguridad de las carreteras mediante el análisis de los datos de accidentes para diferentes características de velocidad.
- Determinar las tendencias de velocidad.

Naturalmente para determinar la velocidad de recorrido es necesario tener los tiempos de recorrido, los que a su vez están asociados con las demoras. Los propósitos del estudio de tiempos de recorrido y demoras son: evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito. La calidad del flujo se mide por las velocidades de recorrido y de marcha. En el momento del estudio se miden los tiempos de recorrido y los tiempos de detención en cada uno de los tramos; los cuales son convertidos posteriormente a medidas de velocidad. Para tal efecto se acostumbra utilizar el método del vehículo de prueba o vehículo flotante.

La información de las demoras se registra cuando el flujo de tránsito es detenido o forzado. Para un recorrido la duración de las demoras del tránsito se mide en unidades de tiempo, se anota el lugar en que ocurren, causa y frecuencia de las mismas. Las demoras pueden ser determinadas para recorridos a lo largo de una ruta, durante un día y hora de la semana específica, así como en lugares seleccionados, donde existan serios problemas de tránsito.

Los estudios de velocidad requieren de un tamaño de muestra adecuado para satisfacer consideraciones estadísticas. La siguiente ecuación puede ser usada para calcular el número de velocidades a ser medidas:

$$N = \left(\frac{SK}{E}\right)^2 \quad (1.3)$$

Donde:

N = tamaño mínimo de la muestra

S = desviación estándar estimada de la muestra (km/h) tabla 1.3.

K = constante que corresponden al nivel de confianza deseado tabla 1.4.

E = error permitido en el estimado de la velocidad

Tabla 1.3 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

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. SEDESOL. México

Tabla 1.4 Constantes correspondientes al nivel de confianza.

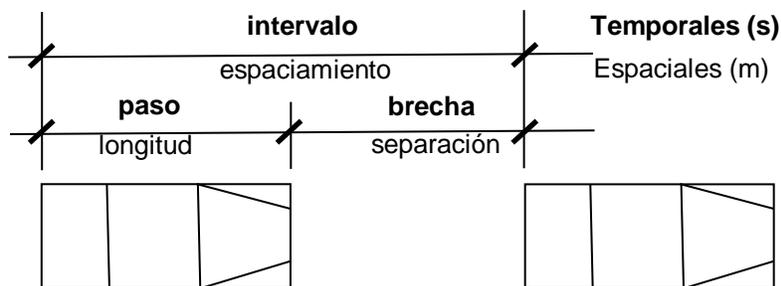
Constante, K	1	1.5	1.64	1.96	2	2.5	2.58	3
Nivel de Confianza (%)	68.3	86.6	90	95	95.5	98.8	99	99.7

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. SEDESOL. México.

Además del tamaño de la muestra se debe considerar que la distancia mínima recomendada entre aforadores debe ser de 50 m.

1.3.3 Estudios de brecha

Brecha: tiempo medido entre el paso por un punto de una vía del extremo trasero de un vehículo y el delantero del siguiente vehículo; denominado como Gap en la literatura inglesa.



Fuente: Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones.

Como brecha crítica (critical gap) se le llama a la mínima que en promedio permite realizar la maniobra. Dicha brecha crítica puede determinarse mediante estudios particulares sobre las intersecciones, evaluado como la mediana de las brechas aceptables mínimas, es decir, el valor de la brecha que se espera acepte un 50% de los conductores y rechace otro 50%. Para hacerlo, se miden las brechas que se aceptan y

rechazan para cruzar o confluir en una corriente vehicular. Entonces, para cada valor de la brecha (... 4, 5, 6,... segundos) se determina la proporción de conductores que la aceptaron o rechazaron. Se interpola estadísticamente entre esos valores y se estima el tamaño esperado de la brecha con probabilidad de 0.5 de ser aceptada o rechazada.

El tiempo de brecha crítica (t_g) 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 convergen con la vía principal. Un conductor cualquiera debería rechazar cualquier brecha menor que la brecha crítica y aceptar cualquier brecha mayor o igual a la brecha crítica.

1.4 Incidencia de los vehículos de tracción animal en la metodología concebida por el Manual de Capacidad para intersecciones no semaforizadas.

1.4.1 Objetivos

El Manual de Capacidad de Carreteras proporciona a los profesionales e investigadores un consistente sistema de técnicas para la evaluación de la calidad del servicio que prestan a los usuarios los distintos tipos de caminos y calles. Los objetivos del manual son proveer una serie de métodos para evaluar los componentes del sistema de transporte, lo que asegura a los profesionales un acceso a las últimas investigaciones sobre el tema.

Esos parámetros y procedimientos han sido establecidos a partir de un amplio número de estudios e investigaciones llevados a cabo durante los últimos cincuenta años y ellos reflejan condiciones prevalecientes del tránsito y diseño geométrico en los viales de EE UU.

A eso se debe la importancia de hacer una correcta calibración de las ecuaciones, de los procedimientos, a las condiciones locales, como así también reconocer las diferencias más importantes en la composición del tránsito, en las características de los conductores y en las condiciones de la geometría. Importante esto para que las medias que se tomen a partir de los resultados sean las más adecuadas.

1.4.2 Características

El HCM 2010 propone un grupo de metodologías para evaluar el comportamiento de arterias urbanas, glorietas, intersecciones controladas por semáforos e intersecciones de prioridad estas últimas mencionadas en nuestro país son muy parecidas en cuanto a sus características, con la diferencia de que en las semaforizadas las demoras son impuestas y controladas por semáforos mientras que en las de prioridad son asumidas por el conductor de acuerdo a su consideración lo que involucra experiencia y condiciones psicológicas.

Metodología para el análisis en intersecciones de prioridad.

El método involucra la definición de las condiciones geométricas y de volúmenes existentes en la intersección bajo estudio. Así como la determinación el “tránsito conflictivo” en el cual cada movimiento de la vía secundaria y el movimiento de giro izquierdo de la vía principal.

Para esta metodología no se utilizan medios de transporte no automotores por lo que se hace necesario adaptarla a la diversidad de transporte en las vialidades cubanas. Se observan con mucha frecuencia y en grandes números los vehículos de tracción animal que transitan por vías de importancia en la ciudad, por lo que es necesario determinar la equivalencia de coches a autos ligeros para agregarla a esta metodología y adaptar los volúmenes. Con el fin de emplearla y obtener datos más confiables de las características de la red vial de la ciudad.

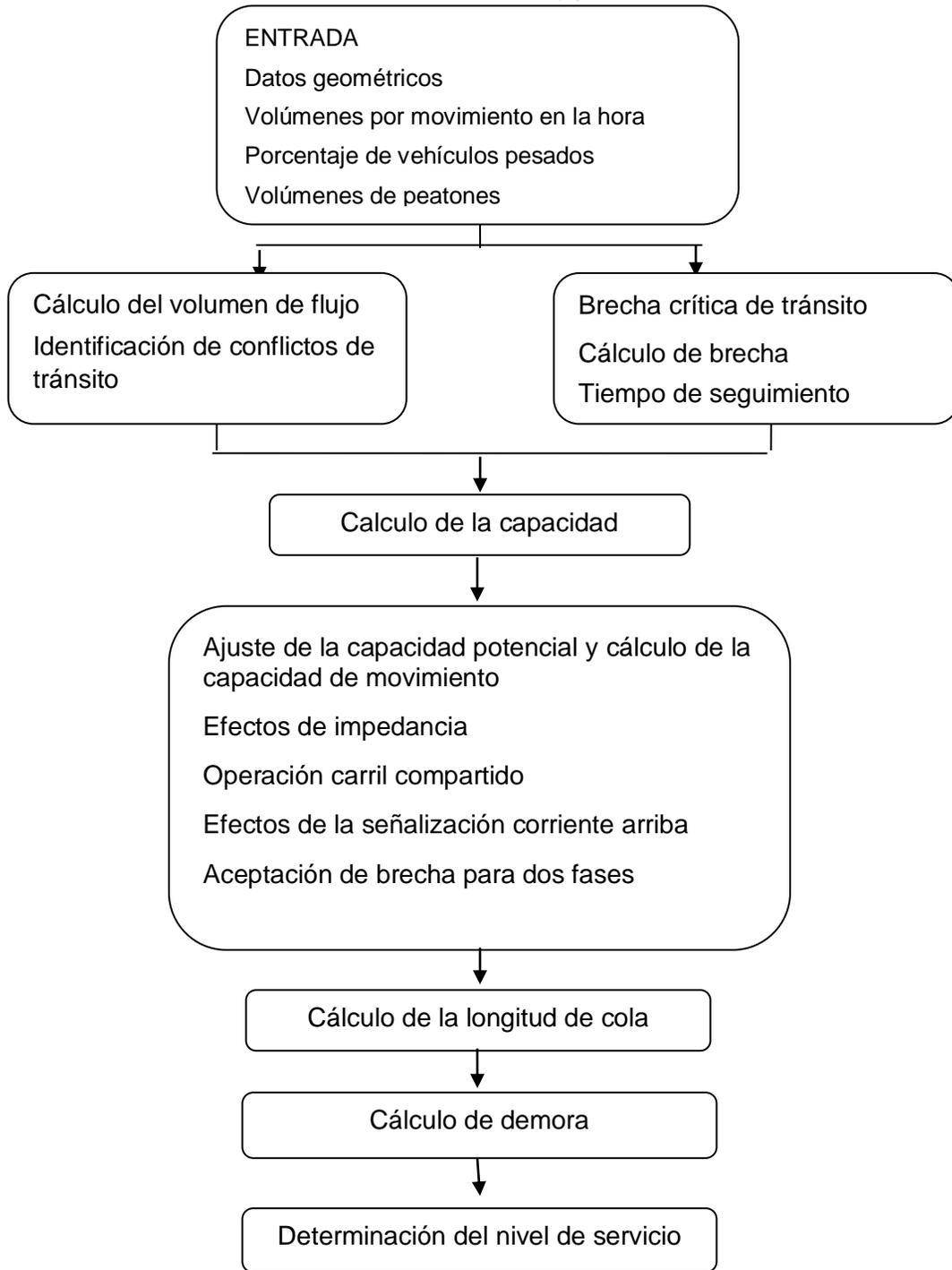


Figura 1: Metodología de análisis de intersecciones de prioridad.

Fuente: Highway Capacity Manual (HCM 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:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + t_{c,HV} * PHV + t_{c,G} * G - t_{c,T} - t_{3,LT} \quad (1.4)$$

Donde:

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

$t_{c,base}$: brecha crítica base [segundos]

$t_{c,base}$: se toma de la Tabla 1.5.

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

$t_{c,HV} = 1,0$ s para vías principales de dos carriles.

$t_{c,HV} = 2,0$ s para vías principales de cuatro carriles.

PHV: proporción de vehículos pesados del movimiento secundario

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

$t_{c,G} = 0,1$ s para los movimientos 9 y 12.

$t_{c,G} = 0,2$ s para los movimientos 7, 8, 10 y 11.

G: pendiente en tanto por uno

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

$t_{c,T} = 1,0$ s para la primera o la segunda fase.

$t_{c,T} = 0,0$ s si es una sola fase.

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

$t_{3,LT} = 0,7$ s para los movimientos izquierdos de la vía secundaria.

$t_{3,LT} = 0,0$ s para intersecciones de otras características.

PHV-proporción de vehículos pesados del movimiento secundario.

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.

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} * PHV \quad (1.5)$$

Donde:

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

$t_{f,base}$: tiempo de seguimiento base de acuerdo a la tabla 1.5.

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

$t_{f,HV} = 0,9$ s para vías principales de dos carriles.

$t_{f,HV} = 1,0$ s para vías principales de cuatro carriles.

PHV: proporción de vehículos pesados del movimiento secundario.

Tabla 1.5 Brechas críticas base y tiempo de seguimiento base.

Movimiento	Brecha critica base, t_c , base(s)		Tiempo de seguimiento base, t_s , base (s)
	Vía principal con dos carriles.	Vía principal con cuatro carriles.	
Giro izquierdo 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 (HCM 2010).

Determinación de la capacidad potencial.

La capacidad potencial se define como la capacidad ideal para un movimiento específico, se suponen que 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.

$$C_{p,x} = V_{c,x} * \frac{e^{(-V_{c,x} * t_{c,x} / 3600)}}{1 - e^{(-V_{c,x} * t_{f,x} / 3600)}} \quad (1.6)$$

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]

$t_{c,x}$: 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:

$$C_{m,j} = C_{P,j} \quad (1.7)$$

Donde j: denota los movimientos de prioridad 2

$$P_{o,j} = 1 - \frac{V_j}{C_{m,j}} \quad (1.8)$$

$P_{o,j}$: 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:

$$C_{m,j} = (C_{p,k}) * F_k \quad (1.9)$$

$$f_k = \prod P_{o,j} \quad (1.10)$$

Donde:

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

f_k : factor de ajuste de la capacidad para los movimientos k.

Para los movimientos de prioridad 4:

$$C_{m,l} = (f_l)(C_{p,l}) \quad (1.11)$$

$$f_l = (p')^{(P_{o,j})} \quad (1.12)$$

Donde:

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

f_l : 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.

$$p' = 0.65p'' - \frac{p''}{p''+3} + 0.6\sqrt{p''} \quad (1.13)$$

$$p'' = (P_{o,j})(P_{o,k}) \quad (1.14)$$

Donde:

$P_{o,k}$: probabilidad de estado de cola libre para el movimiento conflictivo directo desde la vía secundaria.

Cálculo del factor para la obstrucción por peatones.

$$f_{pb} = \frac{V_x \left(\frac{W}{S_p} \right)}{3600} \quad (1.15)$$

Donde:

f_{pb} : factor de obstrucción peatonal o proporción de tiempo en que durante una hora es bloqueado el acceso de un carril

V_x : número de peatones por grupo

W : ancho de carril [m]

S_p : velocidad de marcha del peatón

Cálculo del factor de impedancia por peatones

$$P_{px} = 1 - f_{pb} \quad (1.16)$$

Si en el paso peatonal hay una pendiente significativa:

$$f_k = \Pi(P_{o,j})(P_{p,x}) \quad (1.17)$$

$$f_l = p' * P_{o,j} * P_{p,x} \quad (1.18)$$

Cálculo de la capacidad del carril compartido.

$$C_{sh} = \frac{V_l + V_t + V_r}{\left(\frac{V_l}{C_{m,l}} \right) + \left(\frac{V_t}{C_{m,T}} \right) + \left(\frac{V_r}{C_{m,r}} \right)} \quad (1.19)$$

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_d : 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]

$C_{m,d}$: 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:

$$P_{o,j} = \frac{1 - P_{o,j}}{1 - \left(\frac{V_{i1}}{s_{i1}} + \frac{V_{i2}}{s_{i2}}\right)} \quad (1.20)$$

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 remplazados 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:

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900 * T * K + 5 \quad (1.21)$$

$$K = \left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{V_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\frac{3600}{C_{m,x}} + \frac{V_x}{C_{m,x}}}{450T}} \right) \quad (1.22)$$

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

Demora total promedio en el acceso:

$$D_{a,j} = \frac{d_r * V_r + d_t * V_t + d_l * V_l}{V_r + V_t + V_l} \quad (1.23)$$

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:

$$D_i = \frac{\sum_j^4 (D_{a,j} * V_{a,j})}{\sum_i^{12} V_i} \quad (1.24)$$

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]

Esta metodología es aplicable a las intersecciones no semaforizadas de Cuba si se tiene en cuenta que la determinación de cada factor está en correspondencia con las características geométricas y del tránsito en el emplazamiento de estudio

Conclusiones del capítulo

- El medio de transporte mediante la tracción animal es de suma importancia para la población y forma parte del paisaje y del entorno cotidiano dentro y fuera de las urbes cubanas pero de igual manera constituyen un aspecto negativo en el funcionamiento de las vías.
- La metodología del HCM 2010 para determinar la Capacidad y el Nivel de Servicio en que operan las intersecciones no semaforizadas es adecuada para nuestra ciudad siempre que se le adapte a las condiciones prevalecientes en los mismos ciclos y tracción animal.
- No se conocen estudios anteriores que reflejen un factor de equivalencia según las características reales de la ciudad.
- Se escogieron estudios de tránsito que permitieron conocer las características de los vehículos de tracción y las condiciones de trabajo de intersecciones no semaforizadas con el fin de poder establecer el factor de equivalencia.

CAPITULO 2: ESTUDIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA DE COCHES A AUTOS

Introducción al capítulo

En el presente capítulo se exponen las derivaciones de los trabajos de campo, además de los resultados obtenidos para establecer el factor de equivalencia, que permitirá evaluar con realismo la situación de las intersecciones no semaforizadas de la ciudad.

2.1 Diseño del estudio

2.1.1 Selección de las intersecciones

La selección de las intersecciones se basa en que son puntos donde convergen varias de las rutas de coches de la ciudad. Además de valorar que son vías fundamentales para el movimiento de vehículos dentro de la ciudad y que estuvieran en adecuadas condiciones estructurales para evitar afectaciones en el movimiento vehicular. Otro de los aspectos que le confiere importancia es el hecho de ser calles de la ciudad por donde transitan varias de las rutas de ómnibus y camiones de transporte público.

De acuerdo a lo antes planteado los casos de estudios son: Máximo Gómez-Cuba y Máximo Gómez- Arias. En la intersección caso de estudio Máximo Gómez-Cuba los volúmenes de coches son elevados. Esto se debe a que por ella transitan las rutas con origen en el Hospital Lenin y destinos Baleares, Placita de Pueblo Nuevo, Alcides Pino y Piedra Blanca. Para el caso de la intersección Máximo Gómez – Arias los volúmenes de coches también son elevados en ellas convergen rutas como Hospital Lenin- Placita de Pueblo Nuevo, Piedra Blanca – Hospital Lenin, Piedra Blanca - Placita de Pueblo Nuevo y Alcides Pino – Hospital. En ambos casos unen lugares muy importantes para la población y son rutas muy demandadas.



2.1.2 Caracterización de los emplazamientos casos de estudios

Caso 1 Intersección Cuba -Máximo Gómez.

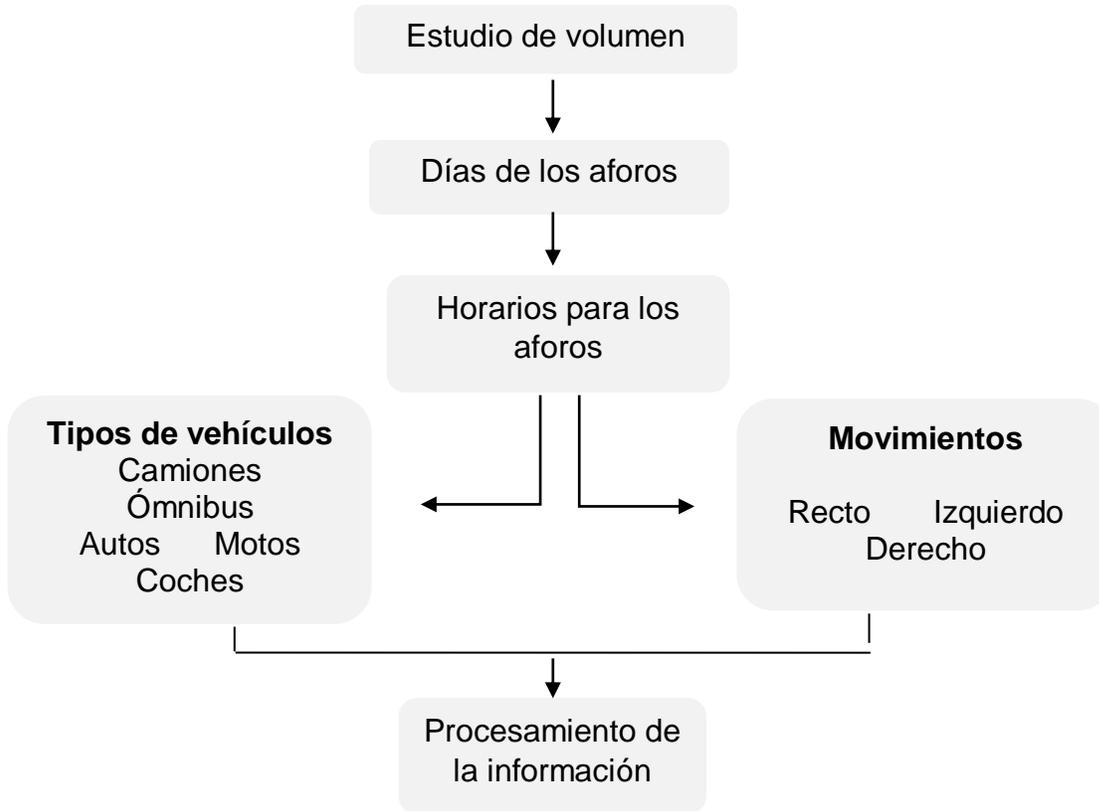
Características	Máximo Gómez	Cuba
Ancho de calzada	5.0 m	5.0m
Ancho medio de carril	2.5 m	2.5m
Contenes	0.5 m	0.5m
Acera	1.20 m	1.60m
Tipo de pavimento	Flexible	Flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, izquierdo	Recto, derecho
Paradas de ómnibus	No	Si
Carriles exclusivos	No	No
Pendientes	2%	0.85%

Caso 2: intersección Arias - Máximo Gómez

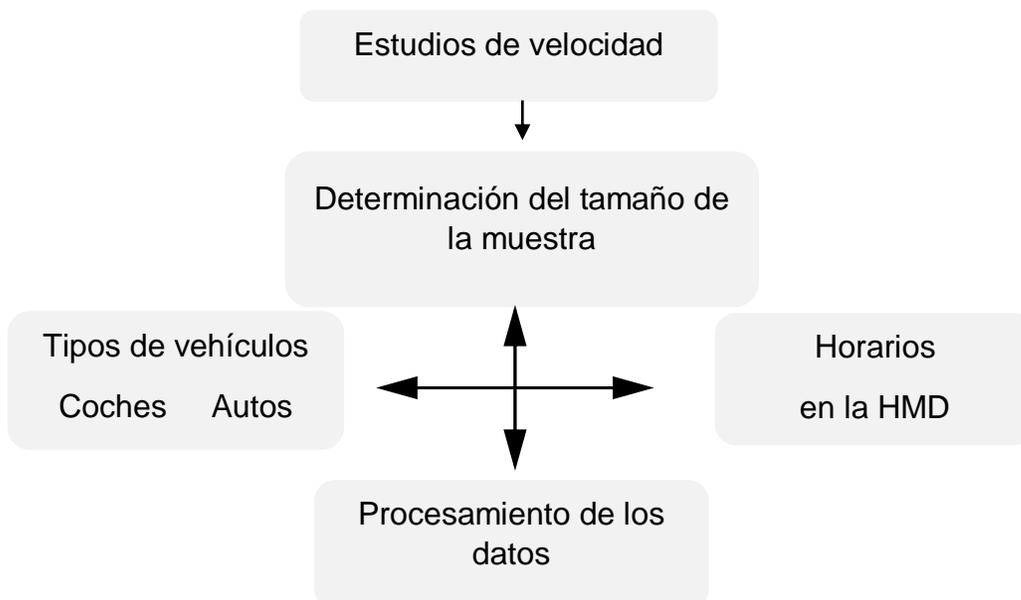
Características	Máximo Gómez	Arias
Ancho de calzada	5.0 m	5.0m
Ancho medio de carril	2.5 m	2.5m
Contenes	0.5 m	0.5m
Acera	1.20 m	1.30m
Tipo de pavimento	Flexible	flexible
Sentido de circulación	1	1
Cantidad de carriles	2	2
Movimientos permitidos	Recto, derecho	Recto, izquierdo
Paradas de ómnibus	No	No
Carriles exclusivos	Si	Si
Pendientes	0.7%	0.8%

2.1.3 Diseño de los estudios de tránsito

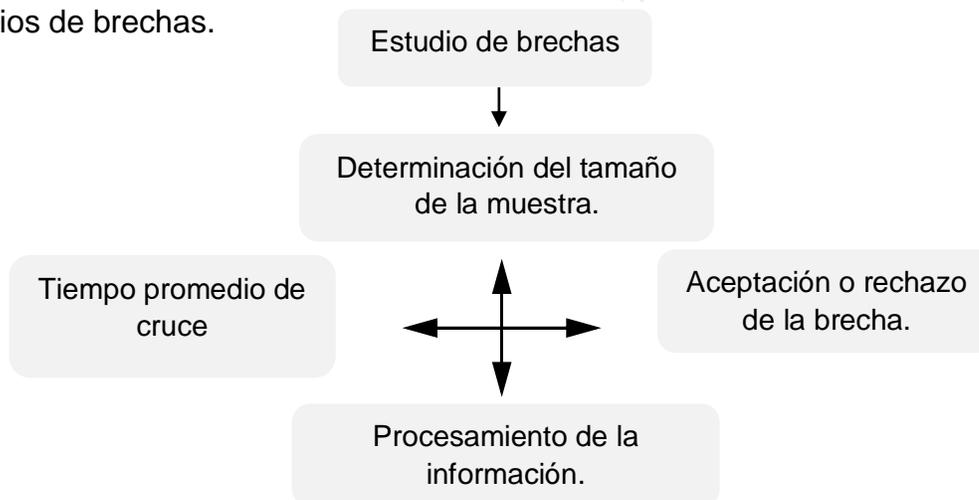
Estudio de volumen de tránsito



Estudios de velocidad de marcha



Estudios de brechas.



Fuente: Elaboración propia.

2.2 Resultados de los trabajos de campo

2.2.1 Resultado del estudio de volumen de tránsito

El estudio de volumen de tránsito se realizó por el método manual los días martes, miércoles y jueves debido a que durante los mismos el comportamiento de los volúmenes es más estable. Se realizaron aforos en los horarios pico del día, en las mañanas de 7:00 a 9:00 y en las tardes de 3:30 a 5:30, en intervalos de 15 minutos para determinar el volumen horario de máxima demanda (VHMD), la hora de máxima demanda (HMD) y el factor horario de máxima demanda (FHMD). Los aforadores se ubicaron en diferentes puntos de la intersección donde la visibilidad fuera adecuada, con el objetivo de obtener información detallada de los movimientos y del tipo de vehículo, se utiliza la plantilla de campo mostrada en el anexo 1.

Los estudios de volumen de tránsito registrados en el anexo 2 permitieron determinar la hora de máxima demanda, el VHMD y el FHMD.

Para la intersección Máximo Gómez-Cuba la hora de máxima demanda resultó en el periodo de la mañana de 7:30 a 8:30 AM con los volúmenes que se muestran a continuación para cada uno de los accesos.

Tabla 2.6 Volumen de vehículos en la hora de máxima demanda para la intersección Máximo Gómez - Cuba

Accesos	Camión	Ómnib	Autos	Motos	Coches	Total
Máximo G.	14	21	85	101	91	312
Cuba	15	29	109	38	147	338

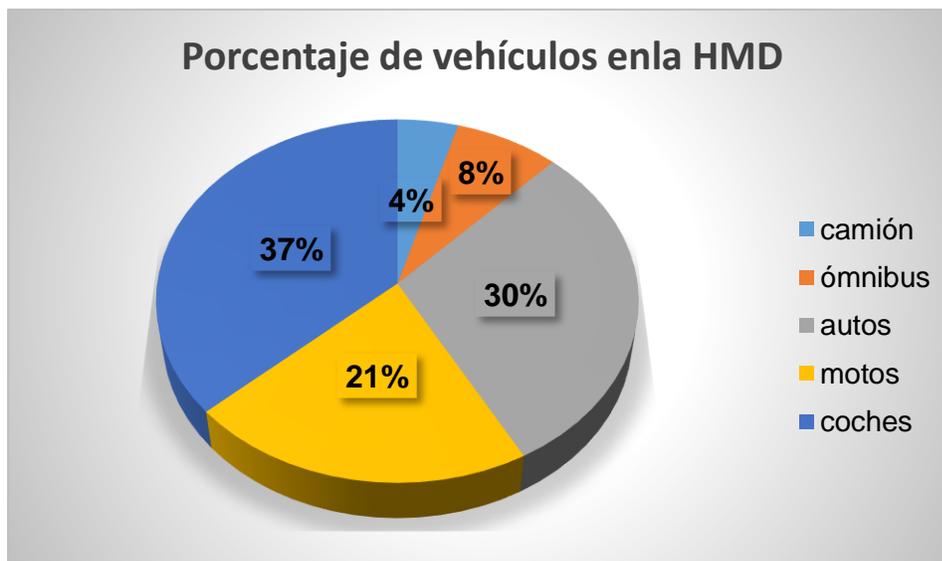


Gráfico 2.1 Relación entre los volúmenes en la intersección Máximo Gómez – Cuba para la HMD.

Como se puede apreciar en la tabla 2.6 y el gráfico 2.1 los volúmenes de coche son elevados lo que representa el mayor por ciento de los medios de transporte en el flujo vehicular en la hora pico, debido a que la intersección forma parte de las rutas establecidas actualmente. Es importante mencionar que estas vías también son usadas por 9 rutas de ómnibus demandadas por la población, lo que conlleva a que la llegada y despeje de los vehículos de motor se vea afectada por la presencia de los coches.

Es necesario determinar los volúmenes de peatones para cada movimiento de la intersección, puesto que estos interactúan con los vehiculares lo que genera conflictos e impedancia para las maniobras que realicen los conductores. En la tabla 2.7 se plasma un resumen de los aforos realizados (ver anexo 3).

Tabla 2.7 Volumen de peatones intersección Máximo Gómez- Cuba en la HMD.

Movimiento.		Volumen aforada cada 15 min.				Total
		7:30-7:45	7:45-8:00-8:00	8:15-8:30	8:15-8:30	
15	1-2	8	8	3	3	48
	2-1	8	7	3	8	
13	2-3	8	11	4	10	54
	3-2	5	4	4	8	
16	3-4	12	30	24	27	131
	4-3	10	7	10	11	
14	1-4	21	18	16	24	149
	4-1	13	22	18	17	
otal cada 15 min		52	77	85	107	382
Total cada hora					382	

Como se aprecia el volumen total de peatones es elevado debido a que existen dos centros educacionales, una parada de ómnibus y el policlínico Máximo Gómez.

A continuación en la tabla 2.8 se muestran los resultados de los estudios de volumen para la intersección Máximo Gómez – Arias.

Tabla 2.8 Volumen de vehículos en la HMD para la intersección Máximo Gómez – Arias.

Accesos	Camión	Ómnibus	Autos	Motos	Coches	Total
Máximo	15	24	107	93	149	388
Arias	6	9	77	61	53	206

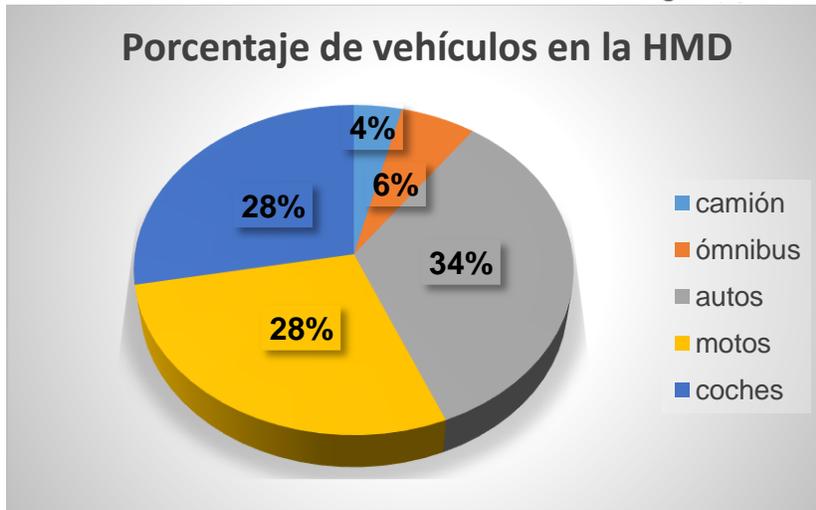


Gráfico 2.2 Relación entre los volúmenes para la intersección Máximo Gómez-Arias para la HMD.

En la tabla 2.8 y el gráfico 2.2 los volúmenes de coche son elevados lo que representa el mismo por ciento de los de las motos en el flujo vehicular en la hora pico, además de estar muy cercano al volumen de autos. Esto se debe a que la intersección forma parte de las rutas establecidas actualmente tanto para rutas de coches como para el transporte estatal y particular de la ciudad.

Como se realizó para la intersección caso de estudio 1 en la tabla 2.9 se muestra el resumen de los volúmenes peatonales para Máximo Gómez-Arias.

Tabla 2.9 Volumen de peatones intersección Máximo Gómez-Arias en la HMD.

Movimiento.		Volumen aforado cada 15 min.			
		7:15 - 7:30	7:30- 7:45	7:45- 8:00	8:00- 8:15
16	1-2	0	0	2	0
	2-1	0	2	0	4
14	2-3	0	6	0	1
	3-2	4	0	1	5
15	3-4	3	2	0	1
	4-3	1	0	0	3
13	1-4	4	0	2	1
	4-1	0	0	0	1



Total cada 15 min	12	10	5	16
Total cada hora				43

Los volúmenes alcanzados no son elevados, debido a que lo que rodea la intersección son viviendas y algunos centros laborales.

Como se puede apreciar en los gráficos 2.1 y 2.2 los volúmenes de vehículos de tracción animal en estas intersecciones son considerablemente altos. Para la intersección Máximo Gómez-Cuba un 37% del total de vehículos son coches y un 30% son autos y en Máximo Gómez – Arias los coches representan un 28% y los autos un 34% del total de vehículos.

2.2.2 Resultado de los estudios de velocidad

Los aforos se realizan por el método manual y de las matriculas, con el uso de cronómetros para así conocer la velocidad media de recorrido y con apoyo de la plantilla registrada (ver anexo 3). Para los estudios de velocidad se calculó el tamaño de la muestra a partir de la ecuación 1.2. Se toman diferentes tramos viales de los accesos de la intersección. Para escogerlas se tiene en cuenta el elevado volumen de vehículos de tracción animal que transitan por las mismas.

Según las revisiones bibliográficas las distancias del muestreo deben ser mayores de 50m, se evitan las señales de Pare y las zonas de estacionamiento para no afectar la velocidad de recorrido de las muestras.

Tramo vial 1: Calle Cuba entre Unión y Pepe Torres con una dimensión de 230m.

Tramo vial 2: Calle Máximo Gómez entre Cuba y Prado con una dimensión de 90m.

Tramo vial 3: Calle Máximo Gómez entre Garayalde y Frexes con una dimensión de 410m.

Tramo vial 4: Calle Arias entre Morales Lemus y Maceo con una dimensión de 200m

Para el cálculo del tamaño de la muestra se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

$S = 7.7$ km/h para vía en zona urbana con 2 carriles de circulación (tabla 1.3).

$K = 1.96$ para un nivel de confianza de un 95 %. (tabla 1.4)

$E = 3$ km/h (error debido al instrumento de medición).

Resulta una muestra de 25 vehículos.

Según lo planteado en el Manual de estudios de tránsito, el tamaño mínimo de la muestra debe ser de 30 vehículos como mínimo, por lo que se toma esta referencia para los estudios, los cuales se realizaron después de conocida la HMD y se recogen las muestras en estos horarios.

Para comprobar la confiabilidad de las muestras se calcula la desviación estándar y el error de la muestra para cada una de las tomadas en los tramos de estudio.

Tabla 2.10 Error de las muestra tomadas para el estudio.

Tramo vial		Desviación estándar	Error de la muestra
1	Autos	0.00033333	0.987977
	Coches	0.00066667	0.13585286
2	Autos	0.004	0.07
	Coches	0.005	0.39269482
3	Autos	1.47133333	0.82995395
	Coches	0.00466667	0.15830982
4	Autos	0.00066667	0.97900516
	Coches	0.00433333	0.53282246

Los estudios de velocidad del cual se muestran sus resultados en el anexo 5, revelan las velocidades obtenidas para la muestra calculada anteriormente. A partir de estas se calcula el tiempo de recorrido promedio y la velocidad de recorrido con que llegan los autos y los coches a las intersecciones.

Tabla 2.11 Intersección Máximo Gómez – Cuba.

Acceso	Velocidad coches km/h	Velocidad autos km/h	Promedio km/h
Máximo Gómez	14.58	36.25	25.59
Cuba	11.68	24.07	17.87

Tabla 2.12 Intersección Máximo Gómez – Arias.

Acceso	Velocidad coches km/h	Velocidad autos km/h	Promedio km/h
Máximo Gómez	10.83	30.09	20.46
Arias	13.27	31.33	22.3

Las velocidades obtenidas están por debajo de la máxima permitida para zona urbana (50 km/h) según la ley 109 del Código de Seguridad Vial. Como se puede apreciar las velocidades medias de recorrido de los coches son menores que las velocidades medias de recorrido de los autos esto trae como consecuencia que la velocidad media de recorrido de aproximación a la intersección disminuye cuando un coche sea el primero en una cola de vehículos pues los demás se tendrán que adaptarse a su velocidad. Esto también es causa de en muy pocas ocasiones los mismos pueden ser rebasados por la presencia de estacionamiento sobre la vía y obstaculiza las maniobras de adelantamiento.

2.2.3 Resultado de los estudios de brecha

Con el fin de obtener la brecha mínima aceptable y poder con estas establecer una equivalencia en las intersecciones estudiadas se tomaron los tiempos de cruce de autos y coches para una muestra de 50 vehículos. Es importante mencionar que se realizó solo para el movimiento recto de la vía secundaria pues los tiempos de los giros no son

significativos. Los trabajos de campo se realizaron con la plantilla presentada en el anexo 5 y los resultados de los mismos se muestran en el anexo 6.

El estudio solo se realizó para la intersección Máximo Gómez – Arias y Cuba – Maceo arroja resultados parecidos en todos los casos; debido a que en el acceso Cuba en la intersección Máximo Gómez – Cuba existe la presencia de un badén que ocasiona ciertas demoras que afectan el funcionamiento adecuado de la intersección se tomaron los valores anteriores.

Tabla 2.13 Tiempos de cruce promedio de la intersección.

Tipo de vehículos	Brecha (s)	Separación (m)
Autos	2.65	22.82
Coches	5.00	35.70

Se toma un tiempo de cruce de 5 s para que los coches no se vean afectados resulta una brecha de 36 m aproximadamente la cual un 75% aceptaron la brecha y un 25% no la aceptaron. Luego se tomó un tiempo de cruce de 4.5 s con una separación de 30 m la cual aceptó el 60% y rechazó el 40%.

2.3 Determinación del factor de equivalencia de medios de transporte de tracción animal en intersecciones no semaforizadas de la ciudad de Holguín

Para poder evaluar la incidencia de los coches con la metodología es necesario adaptarla a las particularidades de la ciudad de Holguín. Determinar el factor de equivalencia de coches a autos ligeros es de gran importancia para homogeneizar los volúmenes y conocer en realidad como afectan estos medios de transporte los niveles de servicio y la capacidad de las vías por donde transitan, especialmente si son muy demandadas por la población. Para su determinación se tiene en cuenta aspectos como la velocidad de marcha, la ocupación del carril y los volúmenes.

Para encontrarla relación de equivalencia con respecto al área se tiene en cuenta las dimensiones de los autos ligeros más usuales en la red vial de la ciudad de Holguín

para así compararla con el área de los coches y poder establecer una equivalencia. Resultados que se muestran en la tabla 2.14.

Tabla 2.14 Dimensión y área de autos y coches más comunes en la ciudad.

Definición	Tipo	Dimensiones (L*A)	Área (m ²)	Promedio (m ²)
Auto ligero	Moskvitch	4.10*2.10	8.61	7.92
	Moskvitch Aleko	4.30*1.60	6.88	
	Lada 1600	4.00*1.85	8.88	
	Lada Niva	3.60*1.90	6.84	
	Chevrolet	4.65*1.8	8.37	
Coche	Coche	4.80*1.40	6.72	6.72

De lo que se puede arribar a la conclusión que según el área de los autos que circulan por la ciudad, 1 coche equivale a 0.85 auto.

Con el fin de encontrar una relación de velocidad entre coches y autos se realizaron estudios en algunos tramos viales por donde transitan los coches de forma significativa, los mismos arrojaron los datos expuestos anteriormente en las tablas 2.11 y 2.12.

Como se evidencia en los resultados de los trabajos de campo (anexo 5), las velocidades permisibles son respetadas pero la presencia de los vehículos de tracción animal tienen un impacto importante dentro de la circulación de la vía, esto ocasiona que los vehículos transiten a velocidades menores, lo que provoca demoras considerables que afectan directamente la capacidad y el nivel de servicio de las vías por donde circulan.

Por lo que se puede llegar a la conclusión que los coches alcanzan aproximadamente la mitad de la velocidad de los autos lo que provoca un desaprovechamiento de los espacios. En el tiempo que un coche recorre un tramo de la vía dos autos podría haberla recorrido y se concibe un factor de equivalencia donde 1 coche equivale a 2.4 autos, lo que representa un aumento considerable en los volúmenes a la hora de aplicar la metodología para saber el estado cualitativo y cuantitativo de la intersección.

Al tener en cuenta los tiempos de cruce y las brechas promedio mínima aceptable de la vía secundaria en el movimiento recto se puede establecer una relación que refleje una equivalencia entre coches y autos. Los estudios mostraron que el tiempo de cruce promedio de los coches es de 5 segundos y el de los autos es de 2.65 segundos, dato con los que se puede establecer una equivalencia donde 1 coche es 0.53 auto. Es necesario destacar que las aceptaciones o no de los tiempos de brecha están relacionadas con las condiciones psicológicas del conductor porque este es el que decide si el espacio es suficiente o no para realizar su maniobra por lo que no serán considerados estos resultados para establecer el factor de equivalencia de vehículos de tracción animal a autos.

En la tabla 2.15 se muestran los resultados obtenidos con los estudios realizados para obtener el factor de equivalencia deseado. Es importante mencionar no se toman el resultado final con un promedio entre velocidad y área, sino con un 40 % de los resultados de velocidad y un 60 % de la ocupación del carril esto debido a que cuando en el tramo de vía existe permisos de estacionamiento, no es posible rebasar un vehículo de tracción animal pues este presenta dimensiones que lo impiden.

Tabla 2.15 Factores encontrados.

Aspectos	Factor	Porcentaje de utilización	Factor final
Velocidad	2.4	40	1.5
Área de ocupación	0.85	60	
Brecha	0.53	No se considera	

Después de analizados los aspectos anteriores, los resultados de los estudios de velocidad y las áreas de ocupación, unidos a las observaciones realizadas en el terreno se puede llegar a la conclusión que un factor que representa la equivalencia de vehículos de tracción animal en la ciudad es 1 coche equivale 1.5 autos. EL mismo representa que los volúmenes tendrían un aumento al convertirlos en autos. Este factor será de gran utilidad para evaluar correctamente las intersecciones donde exista la presencia de vehículos de tracción animal.

Conclusiones del capítulo

- Las intersecciones escogidas tienen un solo sentido de circulación con una composición vehicular variada donde es común la presencia de vehículos de tracción animal, ciclos, motos, autos, camiones y ómnibus.
- La hora de máxima demanda está reflejada para los casos de estudio en el período de la mañana para Máximo Gómez - Cuba de 7:30 - 8:30 y para Máximo Gómez – Arias de 7:15-8:15 en ambos casos los FHMD demuestran una distribución próxima a ser uniforme con flujos máximos en algunos periodos de la hora.
- Los estudios de tránsito permitieron conocer la composición del volumen. El volumen de coches en las intersecciones Máximo Gómez - Cuba representa el 37% y en Máximo Gómez – Arias representa el 28% del total en la hora de máxima demanda, valores que representan que los volúmenes de coches son elevados en los dos casos de estudio.
- Se conocen las velocidades en la aproximación a la intersección, donde la velocidad media de los coches obtenida es 13km/h mientras que la de los autos es 30.5 km/h. Esto refleja que los autos transitan a velocidades menores que las que podrían alcanzar debido a la presencia de estos medios de transporte que circulan a velocidades menores.
- Los estudios realizados permitieron estimar un factor de equivalencia donde 1 coche representa 1.5 autos donde los parámetros de ocupación de carril (área) y velocidad son los principales a tener en cuenta para definirlo.

CAPITULO 3 EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN ANIMAL 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 objeto de estudio en la hora de máxima demanda, con el fin de demostrar la utilidad del factor encontrado y la influencia de los vehículos de tracción animal en el funcionamiento de la red vial de la ciudad. Para ello se utiliza la metodología propuesta en el HCM 2010 adaptada a las condiciones y características de la ciudad.

La metodología del HCM para intersecciones de prioridad propone factores de equivalencia a los cuales se le incorpora el factor de coches planteado anteriormente.

Factores propuestos en la metodología.

Camiones 2	Autos 1
Ómnibus 2	Motos 0.75

Factor propuesto

Vehículos de tracción animal 1.5

3.1 Evaluación del comportamiento de intersecciones no semaforizadas mediante la metodología HCM sin considerar los vehículos de tracción animal

3.1.1 Intersección Máximo Gómez – Cuba

Módulo de entrada.

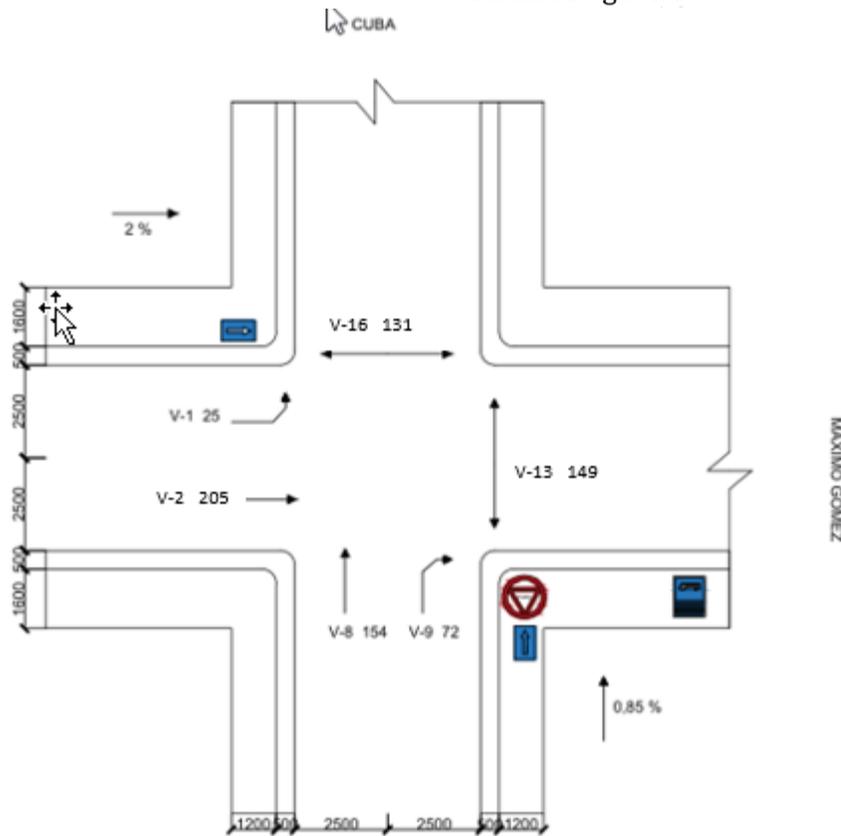


Figura 3.2 Intersección Máximo Gómez – Cuba volúmenes y movimientos permitidos.

En la figura 3.2 se muestran las características geométricas de la intersección así como algunas señalizaciones establecidas. Además de los volúmenes vehiculares (1, 2, 8 y 9) y peatonales (13 y 16).

A continuación se muestra en la tabla 3.15 el resumen del análisis de la metodología sin considerar la presencia de coches.

Tabla 3.16 Niveles de servicio intersección Máximo Gómez – Cuba sin considerar los volúmenes de coches.

Movimiento	Volumen de vehículos y ajustes			
	1	2	8	9
Volumen (veh/h)	25	205	154	72
FHMD	0.951	0.951	0.867	0.867
P_{HV}	0.16	0.322	0.103	0.305



Volumen de peatones y ajustes				
Movimiento	13	14	15	16
Volumen (pt/h)	-	149	-	131
Ancho carril (m)	5	5	5	5
Velocidad (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
% de bloqueo	-	17.2	-	15.2
Brecha crítica				
Movimiento	1	2	8	9
T_{c,base}	4.1		6.5	6.2
T_{c,HV}	1		1	1
P_{HV}	0.16	0.322	0.103	0.305
T_{c,G}	0		0.2	0.75
G	0.02		0.085	0.0085
T_{3,LT}	0		0	0
T_{ct}	0		0	0
T_c	4.26		6.723	6.9525
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	1	2	8	9
T_{f,base}	2.2		4	3.3
T_{f,HV}	0.9		0.9	0.9
P_{HV}	0.16	0.322	0.103	0.305
T_f	2.34		4.19	3.98
Impedancia y Capacidad				
Movimiento	1	2	8	9
V_{c,x}	131		386	354
C_{p,x}	1372		443	550
P_{p,x}	-		0.848	0.828
F_k	-		0.982	-
C_{m,x}	1372		432	550
P_{0,k}	0.981		0.664	0.869
C_{sh}	-		432	457
Nivel de Servicio por accesos				
Demora	Acceso principal		Acceso secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Exclusivo	Compartido
		10.34	24.66	23.71
	Acceso		Acceso	
	1.12	24.19		
NS	A		C	
Nivel de Servicio de la intersección				
Demora	12.55			
NS	B			

Inicialmente se conocen los volúmenes por movimiento convertidos a autos equivalentes para todos los accesos. Luego se determinan los FHDM para cada uno de ellos, valores representan que la distribución del flujo en el período máximo dentro de la hora de máxima demanda, presenta congestionamientos en algunos períodos durante la hora, principalmente para el acceso secundario. También se conocen los volúmenes de peatones y se define cuál de estos puede causar impedancias o no, en este caso se consideran los volúmenes 14 y 16. Se calculan la brecha crítica y los tiempos de seguimiento al tener en cuenta las bases que brinda la tabla 1.5; con estos valores se determina la capacidad potencial la que modificada por las impedancias que afecten el movimiento y luego con esta se calculan las demoras para así obtener el nivel de servicio de los accesos y de la intersección

Los resultados obtenidos demuestran que sin la presencia de los coches la intersección a nivel general trabaja en condiciones óptimas debido a que el nivel de servicio obtenido es B con demoras de 12.55 segundos, no así para el acceso secundario en el cual se obtiene un nivel de servicio C con demoras de 24.19 segundos lo que es un nivel de servicio aún aceptable. Las demoras que se generan están asociadas fundamentalmente a la existencia de la parada cercana a la intersección (40 m) que influye en el giro a la derecha del acceso Cuba e incluso la continuidad de la vía principal.

Otra manera de comprobar el nivel de servicio obtenido fue mediante la comparación de las velocidades de aproximación con los valores de la tabla 1.2 donde se obtiene el mismo resultado.

3.1.2 Intersección Máximo Gómez- Arias

Módulo de entrada.

En la figura 3.3 se muestran las características geométricas de la intersección y los volúmenes presentes para cada movimiento.

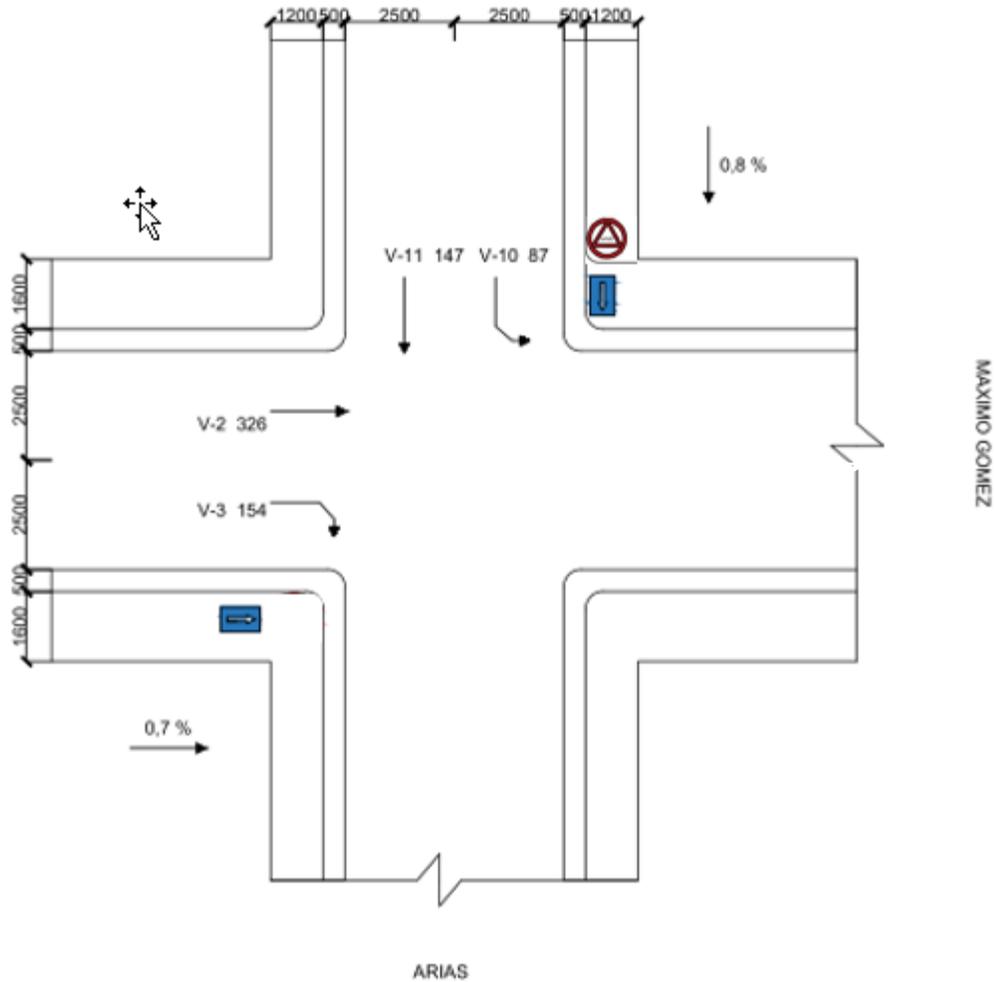


Figura 3.3. Intersección Máximo Gómez – Arias volúmenes y movimientos permitidos.

La tabla 3.16 muestra los resultados de la aplicación de la metodología para la intersección Máximo Gómez – Arias teniendo en cuenta los volúmenes de los vehículos de tracción animal.

Tabla 3.17 Niveles de servicio intersección Máximo Gómez – Arias sin considerar los volúmenes de coches.

Movimiento	Volumen de vehículos y ajustes			
	2	3	10	11
Volumen (veh/h)	237	29	84	70
FHMD	0.97	0.97	0.783	0.783
P_{HV}	0	0.329	0.22	0.14
No se considera la impedancia por peatones				
Brecha crítica				
Movimiento	2	3	10	11
$T_{c,base}$	-	-	7.1	6.5



$T_{c,HV}$	-	-	1	1
P_{HV}	-	-	0.22	0.11
$T_{c,G}$	-	-	0.2	0.2
G	-	-	0.02	0.02
$T_{,3LT}$	-	-	0	0
$T_{,ct}$	-	-	0.7	0
$T_{,c}$	-	-	6.54	6.724
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	2	3	10	11
$T_{f,base}$	-	-	3.5	4
$T_{f,HV}$	-	-	0.9	0.9
P_{HV}	-	-	0.22	0.11
T_f	-	-	3.626	4.198
Impedancia y Capacidad				
Movimiento	2	3	10	11
$V_{c,x}$	-	-	252	266
$C_{p,x}$	-	-	712	607
$P_{p,x}$	--	-	-	-
F_k	-	-	-	-
$C_{m,x}$	-	-	712	607
$P_{0,k}$	-	-	0.882	0.885
C_{sh}	-	-	624	607
Nivel de Servicio por accesos				
Demora	Acceso principal		Acceso secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Exclusivo	Compartido
	0	0	5.77	11.47
	Acceso		Acceso	
0		7.69		
NS	A		A	
Nivel de Servicio de la intersección				
NS	A			

Igual que para el caso anterior se tiene en cuenta los aspectos planteados. En este caso no se consideran los volúmenes de peatones debido a que son pequeños y no generan impedancia. Los FHMD demuestran que el acceso secundario es el que presenta mayores congestionamientos en el flujo durante la hora de máxima demanda. Luego de calculadas las capacidades para cada movimiento se obtiene para esta intersección sin tener en cuenta los volúmenes de coches un nivel de servicio A con demoras en el acceso secundario de 7.69 segundos lo que refleja condiciones ideales de tránsito. Resultados que fueron corroborados según la tabla 1.2.

3.2 Evaluación del comportamiento de intersecciones no semaforizadas mediante la metodología del HCM con los vehículos de tracción animal y el uso del factor encontrado

3.2.1 Intersección Máximo Gómez - Cuba

Módulo de entrada.

En la figura 3.2 se muestran algunas de las características geométricas de la intersección además de los movimientos permitidos con sus respectivos volúmenes obtenidos de los estudios realizados anteriormente.

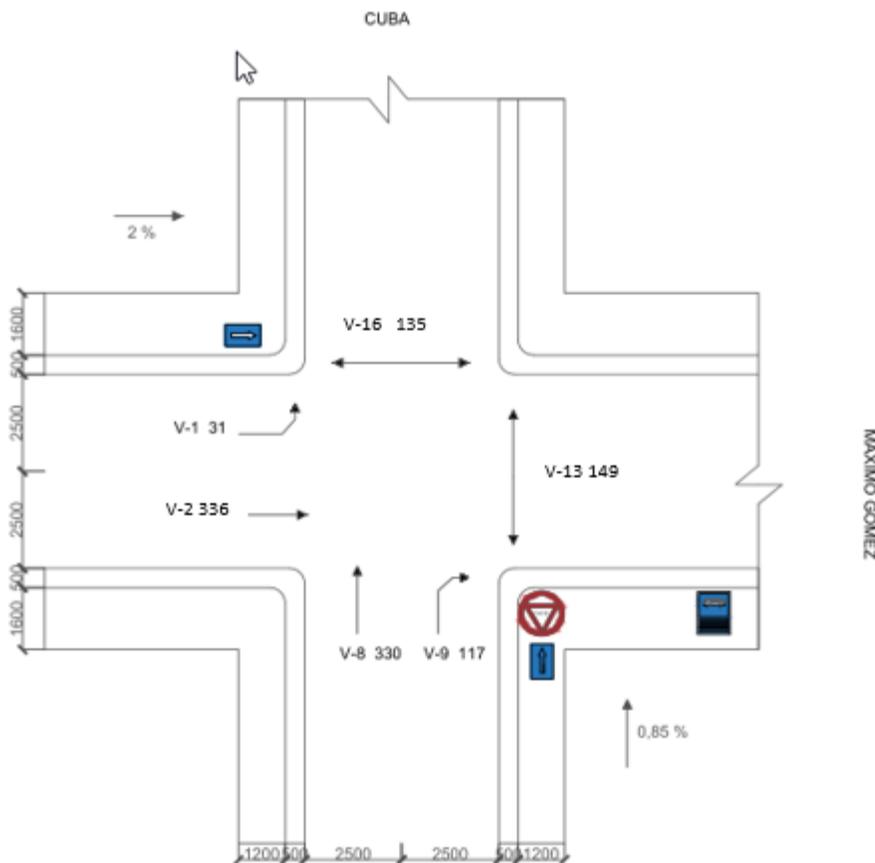


Figura 3.4 Intersección Máximo Gómez – Cuba volúmenes y movimientos permitidos.

Tabla 3.18 Niveles de servicio intersección Máximo Gómez – Cuba con los volúmenes de coches.

Movimiento	Volumen de vehículos y ajustes			
	1	2	8	9
Volumen (veh/h)	31	336	330	117
FHMD	0.931	0.931	0.854	0.854
P _{HV}	0.129	0.196	0.101	0.305
Volumen de peatones y ajustes				
Movimiento	13	14	15	16
Volumen (pt/h)	-	149	-	131
Ancho carril (m)	5	5	5	5
Velocidad (m/s)	1.2	1.2	1.2	1.2
% de bloqueo	-	17.2	-	15.2
Brecha crítica				
Movimiento	1	2	8	9
T _{c,base}	4.1		6.5	6.2
T _{c,HV}	1		1	1
P _{HV}	0.129		0.101	0.305
T _{c,G}	0		0.2	0.75
G	0.02		0.0085	0.0085
T _{3LT}	0		0	0
T _{ct}	0		0	0
T _c	4.3		6.03	6.507
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	1	2	8	9
T _{f,base}	2.2		4	3.3
T _{f,HV}	0.9		0.9	0.9
P _{HV}	0.129	0.196	0.101	0.305
T _f	2.33		4.09	3.57
Impedancia y Capacidad				
Movimiento	1	2	8	9
V _{c,x}	131		529	485
C _{p,x}	1382		443	528
P _{p,x}	-		0.848	0.828
F _k	-		0.977	-
C _{m,x}	1382		443	368
P _{0,k}	0.977		0.132	0.726
C _{sh}	-		368	368
Nivel de Servicio por accesos				
Demora	Acceso principal		Acceso secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Exclusivo	Compartido
		10.34	40.68	36.48
	Acceso		Acceso	
	0.86		38.48	
NS	A		E	



Nivel de Servicio de la intersección	
Demora	22.68
NS	C

Con condiciones similares al primer ejemplo de esta intersección al tener en cuenta los volúmenes de coches llevados a autos equivalentes con el factor encontrado, es evidente que los vehículos de tracción animal las demoras aumentan principalmente para el acceso secundario donde pasa de un nivel de servicio C a uno E con demoras de 38.48 segundos, obteniéndose para la intersección un nivel de servicio C. Estos resultados fueron mostrados a los especialistas del Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito los cuales están de acuerdo con los resultados obtenidos, además son similares a la realidad observada en el terreno. Resultados que fueron comprobados según la tabla 1.2.

3.2.2 Intersección Máximo Gómez – Arias

Módulo de entrada.

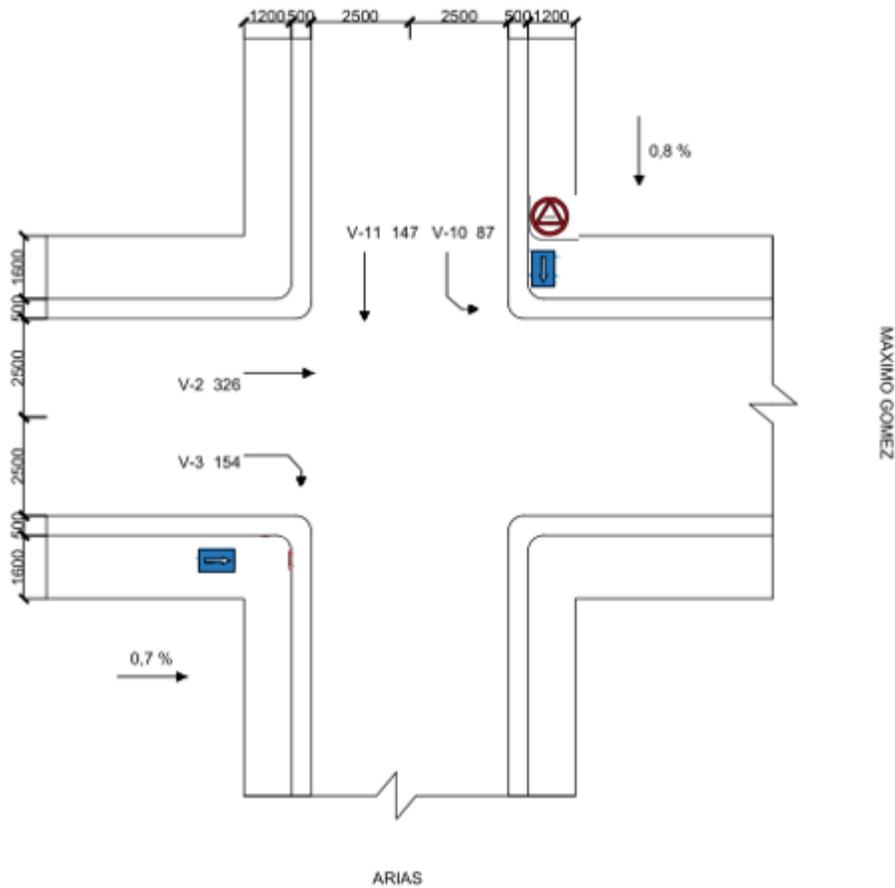


Figura 3.5 Intersección Máximo Gómez – Arias volúmenes y movimientos permitidos con los volúmenes de coches.

Tabla 3.19 Niveles de servicio intersección Máximo Gómez – Arias con los volúmenes de coches.

Movimiento	Volumen de vehículos y ajustes			
	2	3	10	11
Volumen (veh/h)	326	154	87	147
FHMD	0.896	0.896	0.803	0.803
P_{HV}	0	0.24	0.14	0.11
No se considera la impedancia por peatones				
Brecha crítica				
Movimiento	2	3	10	11
$T_{c,base}$	-	-	7.1	6.5
$T_{c,HV}$	-	-	1	1
P_{HV}	-	-	0.14	0.11
$T_{c,G}$	-	-	0.2	0.2
G	-	-	0.02	0.02



T_{3LT}	-	-	0	0
T_{ct}	-	-	0.7	0
T_c	-	-	6.54	6.14
Tiempo de seguimiento				
Movimiento	2	3	10	11
$T_{f,base}$	-	-	3.5	4
$T_{f,HV}$	-	-	0.9	0.9
P_{HV}	-	-	0.14	0.11
T_f	-	-	3.626	4.099
Impedancia y Capacidad				
Movimiento	2	3	10	11
$V_{c,x}$	-	-	403	480
$C_{p,x}$	-	-	557	502
$P_{p,x}$	--	-	-	-
F_k	-	-	-	-
$C_{m,x}$	-	-	557	502
$P_{0,k}$	-	-	0.86	0.71
C_{sh}	-	-	542	502
Nivel de Servicio por accesos				
Demora	Acceso principal		Acceso secundario	
	Carril		Carril	
	Exclusivo	Compartido	Exclusivo	Compartido
	0	0	14.95	13.58
	Acceso		Acceso	
	0		14.47	
NS	B		B	
Nivel de Servicio de la intersección				
NS	B			

En este caso se tiene en cuenta los mismos aspectos que para el estudio anterior de la misma intersección solo que se consideran también los volúmenes de coches. Los FHMD obtenidos representan que la distribución del flujo en el período máximo dentro de la hora de máxima demanda, presenta congestionamientos en algunos períodos durante la hora, principalmente para el acceso secundario. Aunque en este caso el resultado final no es tan desfavorable se percibe que la presencia de la tracción animal influye en el funcionamiento adecuado de la intersección.

3.3 Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos en las intersecciones casos de estudio, manifiestan la confiabilidad del factor encontrado debido a que son próximos a la realidad práctica, a la opinión de los conductores y a la opinión del Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito. Queda demostrado que la circulación de los coches afecta directamente la capacidad y el nivel de servicio de las intersecciones por donde transitan.

Se puede apreciar que los volúmenes de vehículos de tracción animal son considerablemente altos en las dos intersecciones lo que ocasiona que su presencia afecte la velocidad media de circulación de la carretera, lo que provoca demoras y conflictos. El uso del factor encontrado anteriormente repercute en los volúmenes de manera significativa y permite conocer con realidad el comportamiento al comparar los niveles de servicios al considerar y no, los volúmenes de tracción animal. Como se percibe los mismos principalmente en las vías secundarias pasan de niveles de servicio favorables cuando no se consideran a desfavorables cuando se consideran. Cumpliéndose de esta manera el objetivo de este trabajo de investigación.

Tabla 3.20 Nivel de Servicio para cada acceso e intersección.

Acceso	Intersección			
	Máximo G	Cuba	Máximo G	Arias
Sin coches	A	C	A	A
Intersección	B		A	
Con coches	B	E	B	B
Intersección	C		B	

Conclusiones del capítulo

- Al aplicar la metodología para la intersección no semaforizadas Máximo Gómez – Cuba sin considerar los coches y considerándolos se obtienen niveles de servicio B y C respectivamente, los más afectado el acceso secundario el cual presenta

demoras 24.19 s para un nivel de servicio C sin coches y con coches demoras de 38.48 s para un nivel de servicio E lo que representa las malas condiciones de operación para la hora de máxima demanda ocasionadas por la presencia de la tracción animal.

- Para la intersección no semaforizadas Máximo Gómez – Arias sin considerar los coches y al considerarlos se obtienen niveles de servicio A y B lo que muestra en general condiciones aceptables de tránsito no así para el acceso secundario para el cual al tener en cuenta vehículos de tracción animal presenta demoras de 14.45 s para un nivel de servicio B lo que demuestra que la presencia de la tracción animal ocasiona demoras y conflictos.
- El factor de equivalencia de 1.5 encontrado anteriormente refleja las condiciones reales de las intersecciones no semaforizadas por donde transitan los vehículos de tracción animal y es de gran utilidad para evaluar otras intersecciones con características similares.
- No solo los coches generan conflicto en las intersecciones sino las paradas de ómnibus cercanas a la misma y los estacionamientos ocasionan problemas con la llegada y despeje de la intersección.

CONCLUSIONES GENERALES

- El análisis de los fundamentos teóricos y metodológicos que rigen las intersecciones no semaforizadas permitió un mejor entendimiento de la metodología aplicada para los casos de estudios.
- Los estudios acerca de la incidencia de los vehículos de tracción animal no son muy comunes debido a que estos medios de transporte están en desuso en la mayor parte del mundo.
- Los estudios realizados permitieron estimar un factor de equivalencia de donde 1 coche representa 1.5 autos donde los parámetros de ocupación de carril (área) y velocidad los principales a tener en cuenta para definirlo.
- Al aplicar la metodología para las intersecciones no semaforizadas Máximo Gómez – Cuba y Máximo Gómez – Arias sin considerar los coches se obtiene niveles de servicio B y A con la presencia de coches se obtienen niveles de servicio C y B respectivamente donde los más afectados son los accesos secundarios los que presentan demoras de 15 a 40 segundos.
- Los resultados obtenidos demuestran la confiabilidad del factor encontrado pues los resultados obtenidos son similares a la realidad observada y a estudios realizados en otros trabajos, donde se analizan intersecciones no semaforizadas con condiciones similares.
- En la intersección Máximo Gómez – Cuba la parada de ómnibus cercana a la misma ocasionan problemas con la llegada y despeje de la intersección lo que provoca demoras en giro derecho de la vía secundaria.

RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta los resultados obtenidos para el reordenamiento de tránsito que se planifica para la ciudad.
- Realizar nuevas investigaciones donde se tenga en cuenta el uso del factor encontrado además de determinar otros que representen la incidencia de otros aspectos que también ocasionan demoras en la vía.
- Estudiar un posible cambio de posición de la parada próxima a la intersección Máximo Gómez – Cuba.
- Realizar estudios de brechas en intersecciones similares a las analizadas en esta investigación que permitan un valor de brecha específico para las condiciones para incorporarla a la metodología.



BIBLIOGRAFÍA

1. Avilés, D. (1995). Enfoque Sistémico de la Contaminación en el Centro Histórico. El caso de Camagüey. Camagüey, Cuba: Tesis Doctorado, Instituto Superior Politécnico J.A. Echevarría.
2. Cal, R., Spíndola, M., & Grisales, J. (1994). *Ingeniería de Tránsito: fundamentos y aplicaciones*. México, D.F: Alfaomega, S.A.
3. Ley No.109. (17 de septiembre de 2010). *Código de Seguridad Vial*. Ciudad de la Habana, Cuba: Gaceta Oficial No.040.
4. TRB (2000) Highway Capacity Manual (HCM). Chapter 19: Two Way STOP Controlled Intersections, Washington, D.C.
5. TRB (2010) Highway Capacity Manual (HCM). Chapter 19: Two Way STOP Controlled Intersections, Washington, D.C.
6. Gallegos L. (2005). *Efecto de la regularidad del pavimento en la Capacidad Vial de las Carreteras multicarriles*, Disertación doctoral no publicada, Universidad Central de Las Villas "Marta Abreu", Santa Clara, Cuba.
7. Douglas Méndez T. (abril 2009). Introducción a la Ingeniería de tránsito, elementos del tránsito, velocidades, flujo o corriente vehicular. Tesis de maestría en vías terrestres. Obtenido en: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/velocidad-ingenieria-de-transito.pdf>.
8. MANUAL Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de la Carreteras Regionales. Ciudad de Guatemala: [s. n], 2001. [s. p].
9. Vázquez, R. (1991). El Manual de Capacidad Vial de 1985 (Una Visión Ejecutiva). (Publicación Técnica No. 17). Querétaro, Qro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
10. Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte. Colombia; CAPÍTULO 3 Capacidad y Nivel de Servicio, flujo discontinuo.
11. Depiante, V. (2011) Giros a la izquierda en intersecciones no semaforizadas. Tesis de Maestría en Ciencias de la Ingeniería–Mención Transporte-. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

12. Manual de estudios de ingeniería de tránsito. SEDESOL. México. Tomo XII Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. Ciudad de México.
13. Montoya H, Guisselle (noviembre, 2005). Universidad General de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Obtenido en <http://sinavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>
14. Benítez, R. y Medina A. *Diseño Geométrico de Carreteras*. Ministerio de Educación. Habana, Cuba.
15. Centro provincial de Vialidad. Holguín. (2015). Ministerio del Interior. Cuba.
16. García D, René. (2011). Procedimiento para la evaluación integral de la Seguridad Vial en carreteras rurales de dos carriles de interés nacional, Santa Clara, Cuba. Tesis de Doctorado.
17. GARCIA, R. A, Delgado, D. E y Díaz, E. E. Análisis de la Seguridad Vial en la Región Central de Cuba. *Infraestructura Vial*. 11 (22): 26-33, agosto 2009. ISS 1409-4045.
18. Nivel de servicio en intersecciones sin semáforos. (s.f.). Recuperado el 27 de mayo de 2014, de http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Nivel_de_servicio_en_intersecciones_sin_sem%C3%A1foros.
19. 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.
20. 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.



Anexo 2. Aforos para los estudios de volumen vehiculares.

Registro de campoIntersección: Máximo Gómez –CubaAcceso: CubaDía de la semana: martes fecha: 23-02-2016Tiempo: Soledad aforador: Miguel Ángel

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
7:00 - 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
		Coche	3	14	16	31	41	29	27	17
		Total cada 15min	14	51	55	59	81	66	44	30
		Total cada hora				179	246	261	250	221
	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	
Coche		3	6	5	15	1	9	5	1	
	Total cada 15min	12	16	16	27	13	21	11	6	
	Total cada hora				71	72	77	72	51	
Total del acceso por hora						250	318	338	322	272

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
3:30 - 5:30	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
		Coche	15	20	19	27	36	32	20	18
		Total cada 15min	30	49	50	45	58	47	34	37
		Total cada hora				174	202	200	184	176
	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	
Coche		4	4	15	4	9	6	10	9	
	Total cada 15min	14	11	26	25	19	13	21	27	
	Total cada hora				76	81	83	78	80	
Total del acceso por hora						250	283	283	262	256



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

Registro de campo

Intersección: Máximo Gómez –Cuba

Acceso: Cuba

Día de la semana: miércoles fecha: 24-02-2016

Tiempo: Soleado aforador: Miguel Ángel

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
			7:00 - 9:00	Recto	Cam.	0	2	4	2	2
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
Coche	5	17			23	27	41	32	21	14
Total cada 15min		20		48	57	55	72	43	34	19
Total cada hora						180	232	227	204	168
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	
	Coche	4	5	2	7	10	6	14	1	
Total cada 15min		9	23	19	19	21	18	26	1	
Total cada hora					70	82	77	84	66	
Total del acceso por hora						250	314	304	288	234

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
			3:30 - 5:30	Recto	Cam.	3	4	1	3	1
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
Coche	17	22			17	20	33	19	29	33
Total cada 15min		36		53	29	49	47	41	49	42
Total cada hora						167	178	166	186	179
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	
	Coche	4	4	3	6	3	4	6	2	
Total cada 15min		12	10	8	13	13	11	16	7	
Total cada hora					43	44	45	53	47	
Total del acceso por hora						210	222	211	239	226

**Registro de campo**Intersección: Máximo Gómez –CubaAcceso: CubaDía de la semana: jueves fecha 25-02-2016tiempo soleado aforador: Miguel Ángel

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
			7:00 - 9:00	Recto	Cam.	1	2	1	2	1
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
Coche	7	15			19	29	42	31	23	16
Total cada 15min		27		45	48	59	74	44	36	23
Total cada hora						179	226	225	213	177
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	
	Coche	4	4	3	8	12	6	10	5	
Total cada 15min		13	22	21	20	23	19	22	13	
Total cada hora					76	86	83	84	77	
Total del acceso por hora					255	312	308	297	254	

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-7:15	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
			3:30 - 5:30	Recto	Cam.	1	0	3	3	3
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
Coche	5	5			22	23	26	16	16	15
Total cada 15min		20		15	43	42	43	32	43	42
Total cada hora						120	143	160	160	160
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	
	Coche	3	1	4	5	5	5	2	2	
Total cada 15min		7	5	16	14	13	12	6	11	
Total cada hora					42	48	55	45	42	
Total del acceso por hora					162	191	215	205	202	

Registro de campo

Intersección: Máximo Gómez –Cuba

Acceso: Máximo Gómez

Día de la semana: martes fecha: 23-02-2016

tiempo Soleado aforador: Dunieska

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:35	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
7:00 - 9:00	Recto	Cam.	4	3	6	2	3	1	3	5
		Omn	2	8	13	4	3	1	4	3
		Auto	7	20	6	22	25	14	13	11
		Moto	4	17	23	26	23	25	19	11
		Coche	5	18	21	27	23	16	21	16
	Total cada 15min		22	66	69	81	77	57	60	46
	Total cada hora					238	293	284	275	240
	Derecha	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
		Coche	2	0	3	1	0	0	1	1
	Total cada 15min		16	3	12	9	5	2	3	2
	Total cada hora					40	29	28	19	12
Total del acceso por hora					278	322	312	294	252	

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
3:30 - 5:30	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
		Coche	9	13	11	27	15	1	22	20
	Total cada 15min		22	48	41	80	47	23	43	48
	Total cada hora					191	216	191	193	161
	Derecha	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
		Coche	3	1	1	0	0	1	0	1
	Total cada 15min		14	5	4	4	2	8	7	3
	Total cada hora					27	15	18	21	20
Total del acceso por hora					218	231	209	214	181	



Registro de campo

Intersección: Máximo Gómez –Cuba

Acceso: Máximo Gómez

Día de la semana: miércoles fecha: 24-02-2016

tiempo Soleado aforador: Dunieska

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:35	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
7:30 - 9:30	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
		Coche	3	17	31	24	27	22	15	8
	Total cada 15min		16	63	84	66	74	44	46	21
	Total cada hora					229	287	268	230	185
	Derecha	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
		Coche	3	0	0	0	0	0	0	2
	Total cada 15min		5	4	4	4	2	1	1	4
	Total cada hora					17	14	11	8	8
Total del acceso por hora					246	301	279	238	193	

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
3:30 - 5:30	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
		Coche	14	17	21	19	21	20	20	13
	Total cada 15min		39	48	65	54	59	66	47	39
	Total cada hora					206	226	244	226	211
	Derecha	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
		Coche	0	1	0	0	1	1	0	0
	Total cada 15min		2	6	5	1	5	5	0	2
	Total cada hora					14	17	16	11	12
Total del acceso por hora					220	243	260	237	223	

Registro de campo

Intersección: Maximo Gomez -Cuba

Acceso: Máximo Gómez

Día de la semana jueves fecha: 25-03-2016

tiempo _____ aforador: _____

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:35	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00	
7:00 - 9:00	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	
		Coche	10	17	27	23	34	20	33	17	
	Total cada 15min			43	68	87	56	81	57	75	51
	Total cada hora						254	292	281	269	264
	Derecha	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	
		Coche	1	2	0	1	1	0	0	0	
	Total cada 15min			4	9	3	6	2	2	2	2
	Total cada hora						22	20	13	12	8
Total del acceso por hora						276	312	294	281	272	

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30	
7:00 - 9:00	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	
		Coche	6	11	13	19	13	20	23	12	
	Total cada 15min			26	30	54	65	45	49	58	28
	Total cada hora						175	194	213	217	180
	Derecha	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	
		Coche	1	0	0	0	1	0	1	0	
	Total cada 15min			7	4	0	4	6	4	1	1
	Total cada hora						15	14	14	15	12
Total del acceso por hora						190	208	227	232	192	



UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

Facultad de Ingeniería

Registro de campoIntersección: Máximo Gómez – AriasAcceso: AriasDía de la semana: martes fecha: 7-3-217Tiempo: soleado aforador: Aidelmis

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
			7:00 - 9:00	Recto	Cam.	0	0	1	2	0
Omn	0	2			1	1	1	3	0	1
Auto	4	6			10	10	8	5	11	13
Moto	5	4			10	6	6	6	6	3
Coche	14	13			16	13	9	11	10	12
Total cada 15min		23		25	38	32	24	26	29	29
Total cada hora						118	119	120	111	108
Izquierdo	Cam	1		1	0	1	1	1	3	1
	Omn	0		1	0	2	1	0	0	2
	Auto	13		18	9	6	10	12	8	6
	Moto	7	11	11	7	6	4	6	7	
	Coche	0	0	1	0	1	0	0	0	
Total cada 15min		21	31	21	16	19	17	17	16	
Total cada hora					89	87	73	69	69	
Total del acceso por hora					207	206	193	180	177	

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
			3:30 - 5:30	Recto	Cam.	1	1	0	0	0
Omn	1	2			1	0	1	0	2	1
Auto	4	5			6	3	5	4	1	3
Moto	8	3			6	5	6	2	4	0
Coche	11	14			9	10	10	12	7	9
Total cada 15min		25		25	22	18	22	18	15	13
Total cada hora						90	87	80	73	68
Izquierdo	Cam	0		0	0	0	1	0	0	0
	Omn	1		1	0	0	2	0	0	1
	Auto	8		7	9	11	7	5	8	10
	Moto	6	4	6	8	10	5	0	7	
	Coche	0	2	1	1	0	0	1	0	
Total cada 15min		15	14	16	20	20	10	9	18	
Total cada hora					65	70	66	59	57	
Total del acceso por hora					155	157	146	132	125	

Registro de campo

Intersección: Máximo Gómez – Arias

Acceso: Arias

Día de la semana: miércoles fecha: 8-3-2017

Tiempo Soleado aforador: Aidelmis

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
			7:00 - 9:00	Recto	Cam.	1	0	0	1	0
Omn	2	1			0	2	1	1	0	1
Auto	9	7			6	11	5	10	12	9
Moto	10	8			3	5	2	7	0	9
Coche	11	12			9	16	13	15	10	13
Total cada 15min		33		28	18	35	21	33	22	34
Total cada hora						114	102	107	111	109
Izquierdo	Cam	0		1	0	0	2	0	1	0
	Omn	1		0	0	1	0	0	0	1
	Auto	11		15	9	6	8	13	10	12
	Moto	5	7	9	4	8	6	8	9	
	Coche	0	2	1	0	0	0	1	0	
Total cada 15min		17	25	19	11	18	19	20	22	
Total cada hora					72	73	67	68	79	
Total del acceso por hora					186	175	174	180	177	

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
			3:30 - 5:30	Recto	Cam.	0	1	0	2	0
Omn	1	1			2	0	1	0	0	1
Auto	3	6			4	7	0	2	1	9
Moto	7	5			8	4	9	5	3	6
Coche	9	12			16	9	13	8	7	10
Total cada 15min		30		25	30	22	23	15	14	26
Total cada hora						97	100	90	74	78
Izquierdo	Cam	1		0	0	1	0	0	0	1
	Omn	0		0	10	0	0	0	3	0
	Auto	7		8	10	17	9	6	12	14
	Moto	3	6	0	5	2	4	8	2	
	Coche	0	0	2	0	1	0	0	1	
Total cada 15min		11	14	22	23	12	10	23	18	
Total cada hora					70	71	67	68	63	
Total del acceso por hora					167	171	167	142	141	

**Registro de campo**Intersección: Máximo Gómez – AriasAcceso: AriasDía de la semana: Jueves fecha: 9-3-2017Tiempo Soleado aforador: Aidelmis

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			7:00- 7:15	7:15 7:30	7:30 7:45	7:45 8:00	8:00 8:15	8:15 8:30	8:30 8:45	8:45 9:00
7:00 - 9:00	Recto	Cam.	2	0	0	1	0	0	1	0
		Omn	1	0	0	2	0	1	0	1
		Auto	10	8	4	6	7	3	5	2
		Moto	2	5	7	4	4	6	3	6
		Coche	15	18	16	17	11	15	19	17
	Total cada 15min		30	31	27	30	22	25	28	26
	Total cada hora					118	110	104	105	101
	Izquierdo	Cam	0	0	0	1	3	0	1	0
		Omn	1	1	1	0	1	1	0	0
		Auto	9	7	8	16	7	9	13	9
		Moto	5	3	11	9	8	6	0	11
		Coche	0	1	0	0	0	0	1	0
	Total cada 15min		15	12	20	24	19	19	15	15
	Total cada hora					71	75	82	77	68
Total del acceso por hora					189	185	186	182	169	

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
			3:30- 3:45	3:45 4:00	4:00 4:15	4:15 4:30	4:30 4:45	4:45 5:00	5:00 5:15	5:15 5:30
3:30 - 5:30	Recto	Cam.	1	0	0	0	2	0	0	1
		Omn	0	0	1	0	1	0	0	1
		Auto	7	3	8	5	7	3	4	3
		Moto	6	2	4	6	11	13	5	4
		Coche	15	11	9	17	1	7	7	6
	Total cada 15min		29	16	22	28	12	23	16	15
	Total cada hora					95	78	85	82	72
	Izquierdo	Cam	0	0	0	1	0	0	0	1
		Omn	0	2	0	0	1	0	0	3
		Auto	9	1	3	9	5	11	4	3
		Moto	7	6	14	4	13	5	12	6
		Coche	0	0	0	2	0	0	1	0
	Total cada 15min		16	9	17	16	18	16	17	13
	Total cada hora					58	60	67	67	64
Total del acceso por hora					153	138	152	149	136	

**Registro de campo**Intersección: Máximo Gómez – AriasAcceso: Máximo GómezDía de la semana: martes fecha: 7-3-2017Tiempo Soleado aforador: Darien

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00	
7:00 - 9:00	Recto	Cam.	0	3	3	5	4	4	5	2	
		Omn	1	4	6	7	7	4	4	7	
		Auto	14	25	31	21	17	18	20	18	
		Moto	9	16	23	29	18	14	17	7	
		Coche	3	15	10	15	19	12	9	8	
	Total cada 15min			27	63	73	77	65	52	55	42
	Total cada hora					240	278	267	249	214	
	Derecha	Cam	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Omn	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Auto	1	2	6	2	3	2	2	0	
		Moto	0	0	2	2	3	1	0	2	
		Coche	13	24	21	21	24	18	20	12	
	Total cada 15min			14	26	29	25	30	21	22	14
	Total cada hora					94	110	105	98	87	
Total del acceso por hora					334	388	372	347	301		

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30	
3:30 - 5:30	Recto	Cam.	2	0	2	3	3	2	1	0	
		Omn	3	3	5	5	7	4	2	3	
		Auto	17	17	14	14	21	13	20	12	
		Moto	8	5	11	8	11	6	10	8	
		Coche	10	14	14	11	10	12	9	6	
	Total cada 15min			40	39	46	41	52	37	42	29
	Total cada hora					166	178	176	172	160	
	Derecha	Cam	0	0	0	0	0	1	0	1	
		Omn	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Auto	2	3	1	2	2	0	1	6	
		Moto	1	2	0	2	4	1	2	3	
		Coche	12	15	11	10	10	15	11	1	
	Total cada 15min			15	20	12	14	16	17	14	11
	Total cada hora					61	62	59	61	58	
Total del acceso por hora					227	240	235	233	218		

Registro de campo

Intersección: Máximo Gómez – Arias

Acceso: Máximo Gómez

Día de la semana miércoles fecha: 8-3-2017

tiempo Soleado aforador: Darien

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00	
7:00 - 9:00	Recto	Cam.	3	2	4	1	2	4	6	2	
		Omn	6	4	6	2	7	3	4	3	
		Auto	18	2	28	30	27	17	12	16	
		Moto	13	17	22	28	17	13	19	11	
		Coche	12	10	15	11	9	8	13	6	
	Total cada 15min			52	35	75	72	62	45	54	38
	Total cada hora					234	244	214	213	179	
	Derecha	Cam	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Omn	0	0	0	1	0	0	0	0	
		Auto	0	1	2	3	0	1	4	6	
		Moto	2	2	0	0	1	1	0	3	
		Coche	20	25	21	28	21	17	11	9	
	Total cada 15min			22	28	23	32	22	19	15	18
	Total cada hora					105	105	96	88	74	
Total del acceso por hora					339	349	310	301	253		

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30	
3:30 - 5:30	Recto	Cam.	0	1	4	0	5	1	2	0	
		Omn	2	1	3	4	7	6	2	3	
		Auto	19	13	16	14	9	12	8	7	
		Moto	9	11	15	12	14	8	10	6	
		Coche	13	11	15	16	9	12	10	7	
	Total cada 15min			43	37	53	46	44	39	32	23
	Total cada hora					179	180	182	161	138	
	Derecha	Cam	0	0	0	0	1	0	0	1	
		Omn	0	0	0	0	0	1	0	0	
		Auto	5	3	0	1	2	0	4	5	
		Moto	0	1	0	2	4	3	1	0	
		Coche	10	15	9	12	16	9	11	6	
	Total cada 15min			15	19	9	15	23	13	16	12
	Total cada hora					58	66	60	67	64	
Total del acceso por hora					237	246	242	228	202		

**Registro de campo**Intersección: Máximo Gómez – AriasAcceso: Máximo GómezDía de la semana: jueves fecha: 9-3-2017tiempo Soleado aforador: Darien

período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			7:00- 7:15	7:15 7:30	7:30 7:45	7:45 8:00	8:00 8:15	8:15 8:30	8:30 8:45	8:45 9:00	
7:00 - 9:00	Recto	Cam.	1	4	3	0	2	4	5	0	
		Omn	4	2	5	8	7	4	3	5	
		Auto	21	18	25	28	10	30	17	28	
		Moto	17	19	7	14	29	21	11	13	
		Coche	8	10	15	11	16	9	7	10	
	Total cada 15min			51	53	55	61	64	68	43	56
	Total cada hora						220	233	248	236	231
	Derecha	Cam	0	0	0	2	0	0	0	0	
		Omn	0	0	1	0	0	1	0	0	
		Auto	2	0	1	0	0	3	0	1	
Moto		0	0	2	1	0	0	5	0		
Coche		19	20	21	25	19	18	11	22		
Total cada 15min			21	20	25	28	19	22	16	23	
Total cada hora						94	92	94	85	80	
Total del acceso por hora						314	325	342	321	311	

Período	Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.								
			3:30- 3:45	3:45 4:00	4:00 4:15	4:15 4:30	4:30 4:45	4:45 5:00	5:00 5:15	5:15 5:30	
3:30 - 5:30	Recto	Cam.	0	4	2	0	1	3	6	1	
		Omn	3	1	6	7	5	4	0	3	
		Auto	18	14	12	10	15	9	11	7	
		Moto	7	11	15	9	8	4	9	11	
		Coche	9	12	14	15	10	9	5	13	
	Total cada 15min			37	42	49	41	39	29	31	35
	Total cada hora						169	171	158	140	134
	Derecha	Cam	0	0	0	0	1	0	0	0	
		Omn	0	1	0	0	1	0	0	0	
		Auto	0	2	0	1	0	3	0	0	
Moto		1	2	3	0	5	0	3	2		
Coche		15	11	12	14	16	17	9	10		
Total cada 15min			16	16	15	15	23	20	12	12	
Total cada hora						62	69	73	70	67	
Total del acceso por hora						231	240	231	210	201	

Anexo 3. Resultados de los aforos de volumen de peatones.

Registro de campo para peatones.

Intersección: Máximo G - Cuba **fecha:** 23-2-2016

Acceso: Peatones **Día de la semana:** martes

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
	1-2	3	0	8	8	3	3	4	2
	2-1	4	12	8	7	3	8	2	1
	2-3	8	17	8	11	4	10	5	3
	3-2	9	4	5	4	4	8	0	7
	3-4	11	12	12	30	24	27	28	10
	4-3	5	1	10	7	10	11	5	4
	1-4	10	26	21	18	16	24	30	17
	4-1	2	5	13	22	18	17	23	13
Total cada 15 min		52	77	85	107	82	108	97	57
Total cada hora					321	351	382	394	344

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
	1-2	1	2	0	3	4	1	3	9
	2-1	0	3	5	2	2	8	4	8
	2-3	1	7	8	4	0	2	7	10
	3-2	3	9	9	7	5	6	11	15
	3-4	4	8	7	9	7	3	5	18
	4-3	6	11	9	12	9	4	12	19
	1-4	2	5	11	13	15	8	15	21
	4-1	9	8	10	15	18	19	21	4
Total cada 15 min		26	53	59	65	60	51	78	104
Total cada hora					203	237	235	313	293

Registro de campo

Intersección: Máximo G - Cuba **fecha:** 24-2-2016

Acceso: Peatones **Día de la semana:** miércoles

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
		1-2	3	5	2	3	3	3	0
2-1	2	19	9	4	12	7	1	1	
2-3	6	7	12	7	7	4	3	6	
3-2	4	4	5	1	4	5	2	3	
3-4	11	16	16	31	13	21	28	6	
4-3	5	7	9	3	18	3	6	2	
1-4	8	25	19	16	17	14	11	9	
4-1	12	24	17	19	22	14	22	11	
Total cada 15 min		51	107	89	84	96	71	73	40
Total cada hora					331	376	340	324	280

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
		1-2	2	1	0	3	3	0	4
2-1	5	0	3	4	5	2	2	5	
2-3	4	3	4	8	8	9	9	12	
3-2	7	4	7	6	7	4	8	2	
3-4	9	7	6	12	9	6	3	10	
4-3	1	8	5	15	14	9	14	13	
1-4	3	11	1	11	16	15	5	9	
4-1	0	5	12	2	10	13	9	7	
Total cada 15 min		31	39	38	61	72	58	54	58
Total cada hora					169	210	229	245	242

Registro de campo

Intersección: Máximo G - Cuba **fecha:** 25-2-2016

Acceso: Peatones **Día de la semana:** jueves

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
		1-2	1	1	0	0	2	3	0
2-1	3	0	2	3	0	4	2	6	
2-3	0	3	6	4	11	8	0	2	
3-2	4	6	4	7	6	7	3	4	
3-4	10	8	11	8	5	2	9	7	
4-3	2	11	12	15	14	13	7	8	
1-4	6	5	17	19	12	11	5	2	
4-1	4	12	16	21	4	17	10	5	
Total cada 15 min		30	46	68	77	54	65	36	37
Total cada hora					221	245	264	232	192

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
		1-2	7	1	0	3	1	4	6
2-1	9	13	6	5	4	4	3	5	
2-3	6	4	4	5	7	6	10	7	
3-2	2	9	8	6	15	5	3	6	
3-4	7	11	14	21	18	9	14	15	
4-3	4	9	9	6	9	1	3	2	
1-4	16	12	10	17	15	12	14	11	
4-1	2	6	13	13	8	9	8	9	
Total cada 15 min		53	65	64	76	77	50	61	56
Total cada hora					258	282	267	264	244

Registro de campo para peatones.

Intersección: Máximo G - Arias **fecha:** 7-3-2017

Acceso: Peatones **Día de la semana:** martes

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
	1-2	3	0	0	2	0	1	2	1
	2-1	0	0	2	0	4	0	1	3
	2-3	0	0	6	0	1	3	4	0
	3-2	1	4	0	1	5	1	2	0
	3-4	0	3	2	0	1	0	0	2
	4-3	2	1	0	0	3	7	0	1
	1-4	3	4	0	2	1	2	1	1
	4-1	2	0	0	0	1	0	0	0
Total cada 15 min		11	12	10	5	16	14	10	8
Total cada hora					38	43	45	45	48

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
	1-2	0	3	1	0	4	0	0	0
	2-1	1	3	1	3	0	0	2	0
	2-3	3	1	1	0	0	1	0	3
	3-2	0	1	0	1	0	2	0	0
	3-4	1	4	0	0	1	0	1	2
	4-3	0	1	3	0	0	3	7	2
	1-4	1	2	0	4	0	0	1	0
	4-1	2	1	8	7	2	3	0	1
Total cada 15 min		8	16	14	15	7	9	11	8
Total cada hora					53	52	45	42	35

Registro de campo

Intersección: Máximo G - Arias **fecha:** 8-3-2017

Acceso: Peatones **Día de la semana:** miércoles

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00	8:00-8:15	8:15-8:30	8:30-8:45	8:45-9:00
	1-2	3	2	1	1	0	2	4	4
	2-1	1	2	0	0	0	1	0	3
	2-3	0	0	2	4	0	3	1	0
	3-2	2	0	4	6	0	0	0	0
	3-4	0	1	0	1	1	0	2	0
	4-3	0	0	0	2	0	4	0	0
	1-4	0	1	3	0	4	0	1	2
	4-1	1	0	2	0	0	0	1	7
Total cada 15 min		7	6	12	14	5	10	9	16
Total cada hora					39	37	41	38	40

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		3:30-3:45	3:45-4:00	4:00-4:15	4:15-4:30	4:30-4:45	4:45-5:00	5:00-5:15	5:15-5:30
	1-2	0	3	1	0	2	0	0	3
	2-1	1	4	0	0	0	0	1	2
	2-3	0	0	3	0	1	0	6	0
	3-2	2	0	1	0	0	0	3	0
	3-4	4	3	0	4	0	2	0	7
	4-3	0	1	0	0	3	0	0	0
	1-4	0	0	0	5	4	0	1	2
	4-1	1	0	3	2	0	4	0	0
Total cada 15 min		8	11	8	11	10	6	11	14
Total cada hora					38	40	35	38	41

Registro de campo

Intersección: Máximo G - Arias **fecha:** 9-3-2017

Acceso: Peatones **Día de la semana:** jueves

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		7:00- 7:15	7:15 7:30	7:30 7:45	7:45 8:00	8:00 8:15	8:15 8:30	8:30 8:45	8:45- 9:00
	1-2	3	0	0	1	4	0	2	0
	2-1	0	1	0	0	4	0	1	4
	2-3	0	2	4	0	9	0	1	0
	3-2	2	0	1	3	0	5	1	0
	3-4	0	0	5	0	0	0	0	0
	4-3	2	6	0	1	0	0	4	0
	1-4	0	7	0	0	1	3	0	9
	4-1	0	2	4	0	3	8	4	1
Total cada 15 min		7	18	14	5	21	16	13	14
Total cada hora					44	58	56	55	64

Mov.	Tipo.	Volumen aforada cada 15 min.							
		3:30- 3:45	3:45 4:00	4:00 4:15	4:15 4:30	4:30 4:45	4:45 5:00	5:00 5:15	5:15- 5:30
	1-2	0	3	0	0	0	1	0	4
	2-1	4	1	4	1	0	6	0	3
	2-3	4	3	0	2	4	2	0	0
	3-2	1	0	4	0	6	0	3	2
	3-4	0	4	0	5	0	4	2	3
	4-3	2	0	3	0	0	7	5	1
	1-4	0	9	0	1	5	3	2	1
	4-1	3	2	1	0	0	0	4	0
Total cada 15 min		14	22	12	9	15	23	16	14
Total cada hora					57	58	59	63	68

Anexo 4. Plantilla para los trabajos de campo de los estudios de velocidad.

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)

Anexo 5. Resultado de los aforos de velocidad.

Registro de campo aforos de velocidad

Calle: Máximo Gómez /Garayalde y Frexes Distancia: 410m

Para coches

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)
0819	123.00	12
0688	152.01	9.71
7223	130.04	11.35
1673	129.02	11.44
7077	150.00	9.84
5979	126.05	11.71
6327	130.85	11.28
6118	123.00	12
0045	135.41	10.9
0530	144.99	10.18
3164	137.05	10.77
3999	129.93	11.36
7357	143.02	10.32
7450	152.01	9.71
3867	130.04	11.35
2130	138.98	10.62
7342	135.04	10.93
4625	166.97	8.84
1418	138.98	10.62
0151	145.99	10.11
7853	135.04	10.93
3149	159.91	9.23
1418	130.39	8.84
8006	137.94	10.7
1819	123.00	12
3711	144.99	10.18
2547	116.86	12.63
3124	127.90	11.54
2369	144.28	10.23
4532	131.32	11.24
Promedio		10.83

Para autos

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)
023966	49.68	29.71
145558	43.09	34.25
117186	60.00	24.6
050399	41.00	36
145972	39.73	37.15
054676	66.01	22.36
089259	55.97	26.37
145339	58.99	25.02
047947	49.81	29.63
151760	58.02	25.44
117465	53.95	27.36
146694	51.54	28.64
083068	53.95	27.36
008813	52.01	28.38
017021	60.59	24.36
145397	52.05	28.36
016951	40.62	36.34
049470	48.22	30.61
138323	50.26	29.37
118750	37.73	39.12
237015	47.23	31.25
023651	58.20	25.36
036145	52.08	28.34
042592	48.17	30.64
103642	42.03	35.12
017892	40.54	36.41
promedio		30.09

Registro de campo aforos de velocidad

Calle: Cuba / Unión y Pepe Torres Distancia: 230 m

Para coches

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)
1344	77.02	10.75
0855	77.02	10.75
7011	65.98	12.55
8044	73.99	11.19
5150	65.98	12.55
7053	73.02	11.34
2951	75.00	11.04
2541	73.02	11.34
3905	75.00	11.04
7810	64.99	12.74
7411	63.99	12.94
2058	67.98	12.18
1383	71.01	11.66
1465	63.99	12.94
1501	73.02	11.34
4192	71.07	11.65
0237	67.98	12.18
3188	72.00	11.5
6786	73.93	11.2
3741	81.02	10.22
4922	69.00	12
3861	72.00	11.5
2768	66.99	12.36
3711	75.00	11.04
0094	64.99	12.74
6645	70.17	11.8
6521	71.07	11.65
2412	72.89	11.36
2314	66.08	12.53
Promedio		11.68

Para autos

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)
135218	25.00	33.12
036929	36.00	23
054586	29.00	28.55
014952	36.00	23
132662	30.00	27.6
064384	39.00	21.23
045852	38.00	21.79
017241	20.00	41.4
097164	34.00	24.35
079754	47.02	17.61
178757	37.00	22.38
1237587	27.00	30.67
029590	29.00	28.55
043570	50.00	16.56
129528	40.00	20.7
019782	46.28	17.89
134356	44.00	18.82
148954	37.00	22.38
052324	53.01	15.62
137530	36.00	23
035409	36.00	23
026532	46.99	17.62
023456	37.06	22.34
014752	35.77	23.15
123254	33.96	24.38
017892	32.52	25.46
036478	27.01	30.65
037812	38.84	21.32
promedio		24.07

Registro de campo aforos de velocidad

Calle: Arias/Morales Lemus y Maceo Distancia: 200m

Para autos

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)
012817	26.49	27.18
025543	23.05	31.24
145711	23.65	30.45
264473	20.85	34.54
238564	32.00	22.5
272361	20.49	35.14
132750	18.87	38.15
037640	32.07	22.45
028842	21.05	34.21
025008	27.22	26.45
194762	20.79	34.64
047357	31.10	23.15
019012	17.02	42.3
248773	32.04	22.47
168771	16.69	43.15
580030	19.18	37.54
599211	28.42	25.33
451110	22.24	32.37
235474	22.86	31.5
581200	20.44	35.23
128017	29.62	24.31
065630	25.35	28.4
002348	22.40	32.14
032547	21.45	33.57
012472	23.04	31.25
036478	24.13	29.84
promedio		31.33

Para coches

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (km/h)
1452	84.61	8.51
0098	42.68	16.87
7574	67.67	10.64
5147	90.00	8.00
1376	58.25	12.36
2847	50.00	14.4
1642	76.03	9.47
7081	61.02	11.80
7963	58.30	12.35
1412	73.02	9.86
8506	63.49	11.34
0132	47.24	15.24
4671	50.60	14.23
2863	53.37	13.49
0914	52.90	13.61
2872	80.99	8.89
7665	50.31	14.31
2244	37.44	19.23
7006	63.38	11.36
3047	69.03	10.43
1121	44.25	16.27
1819	43.85	16.42
3825	50.46	14.27
4923	37.29	19.31
7729	41.96	17.16
5738	47.00	15.32
promedio		13.27

Registro de campo aforos de velocidad

Calle: Máximo Gómez/ Cuba y Prado

Distancia: 90 m

Para autos

Para coches

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (kh/h)
047525	8.78	36.9
175218	7.63	42.46
039929	8.53	37.98
037856	8.95	36.2
149705	10.01	32.37
154586	8.85	36.61
039323	7.94	40.81
147846	9.84	32.93
132662	8.46	38.29
064384	8.67	37.37
145852	9.13	35.49
149321	7.98	40.6
017241	8.56	37.85
072754	11.47	28.25
123758	9.59	33.79
029590	8.94	36.24
043570	8.64	37.5
129528	10.65	30.42
019782	8.11	39.95
026412	7.49	43.26
035409	8.19	39.56
026532	8.61	37.63
061913	10.41	31.12
048248	8.49	38.16
012378	8.45	38.35
032147	9.50	34.12
032547	10.08	32.14
123478	9.16	35.37
036977	9.35	34.65
032144	10.37	31.25
Promedio		36.25

Chapa	Tiempo (s)	Velocidad (kh/h)
7956	23.70	13.67
4894	20.60	15.73
3127	23.03	14.07
4112	24.16	13.41
5817	23.03	14.07
5478	20.66	15.68
5698	22.85	14.18
4513	23.41	13.84
0084	24.66	13.14
7321	21.54	15.04
0247	23.04	14.06
6400	26.11	12.41
3208	16.72	19.38
8465	23.33	13.89
6293	28.75	11.27
4513	15.17	21.36
8221	26.02	12.45
1445	22.47	14.42
3284	23.98	13.51
3338	20.28	15.98
2475	17.90	18.1
7149	28.13	11.52
7364	22.12	14.65
4565	23.24	13.94
4236	22.75	14.24
1258	20.68	15.67
3214	26.30	12.32
2143	18.57	17.45
3247	22.74	14.25
2174	23.39	13.85
promedio		14.58

Anexo 6. Resultado de los aforos de brecha.

Brechas (s)	Separación (m)	Brechas	Separación
2.5	21.55	4.52	38.96
2.9	25.00	4.98	42.92
2.7	23.27	3.15	27.15
2.53	21.81	2.8	24.13
2.4	20.69	3.21	27.67
2.6	22.41	3.47	29.91
2.7	23.27	3.11	26.81
2.71	23.36	4.37	37.67
2.6	22.41	3.24	27.93
2.4	20.69	3.61	31.12
2.8	24.13	4.65	40.08
2.74	23.62	2.71	23.36
2.5	21.55	5.6	48.27
2.3	19.82	3.45	29.74
2.46	21.20	4.7	40.51
2.64	22.76	4.9	42.24
2.81	24.22	3.5	30.17
2.48	21.38	4.7	40.51
2.9	25.00	3.54	30.51
2.5	21.55	3.62	31.20
2.73	23.53	4.67	40.25
2.8	24.13	4.2	36.20
2.43	20.95	5.1	43.96
2.61	22.50	5.6	48.27
2.92	25.17	3.15	27.15
2.44	21.03	4.9	42.24
2.67	23.01	5.4	46.55
2.9	25.00	5.7	49.13
2.71	23.36	4.3	37.06
2.64	22.76	4.6	39.65
2.83	24.39	4.8	41.37
2.87	24.74	2.3	19.82

Anexo 5: Definición y cálculo de los volúmenes de los movimientos conflictivos.

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



Condiciones que influyen en la determinación de la intensidad por movimiento conflictivo:

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.