

*Intersecciones a nivel en
ciudades pequeñas.
Cienfuegos*

Autor: Ing. Maribel Ruiz Abrahantes

Introducción

En este trabajo se narra con secuencia cronológica el desarrollo urbano de la ciudad de Cienfuegos principalmente desde el año 1960 hasta la fecha con referencias sobre el surgimiento, ejecución y puesta en funcionamiento de sus principales accesos y sus intersecciones, la metodología de trabajo que se siguió en esta investigación incluye una muestra de las intersecciones de la ciudad de Cienfuegos mas representativas identificadas mediante criterios combinados de representación geométrica y observación in situ de todos los elementos de la vía, la operación del transito, así como la información adicional requerida en cada caso para verificar los problemas existentes dado el caso y detectarlos, sin el alcance de una rehabilitación vial integral, y sí con el animo de armonizar las intersecciones considerando mejoras en su capacidad y niveles de servicio, necesarios para el beneficio de la calidad de vida y desarrollo perspectivo de la ciudad.

Se describe el caso objeto de referencia, se caracteriza, se analiza teniendo en cuenta el actual funcionamiento de la intersección y la semaforización de esta donde así se requiere, y se concluye, con la exposición del resultado de la investigación efectuada proponiendo soluciones en correspondencia con los parámetros de diseño tratados en la problemática de estudio.

El Centro Nacional de Vialidad, es el principal administrador de la red viaria del país, es el máximo responsable de los trabajos de explotación y de cualquier modificación que en ella se realice y son los encargados de la gestión en las carreteras cubanas, por lo que proponemos este trabajo a su consideración.

Capítulo I. El desarrollo urbano de Cienfuegos “*Fernandina de Jagua*”

En 1798 fue confeccionado el primer plano de Cienfuegos por la Comisión de Mopox y en 1860 Cienfuegos poseía en proyecto los límites que definirían su recinto a lo largo de todo el siglo XIX, tal estructura le servirá en los años de las guerras de independencia para que la ciudad creciera sobre sí misma, a partir de una red urbana preparada con antelación suficiente para recibir el incremento poblacional de Cienfuegos ocurrido en las décadas finales del siglo XIX, este proyecto cumplía normativas urbanas y una de ellas consistía en tratar de mantener la cuadrícula que propone el plano inicial, con sus calles formando cuadrados perfectos, todas con 12.50 m de ancho, cualesquiera que fuesen sus direcciones calles o avenidas

En 1854 el ayuntamiento acordó:

Las distintas parcelaciones que se realizaron por particulares tuvieron que tener muy en cuenta que las calles mantuvieran "la misma anchura y dirección que las demarcadas en esta villa. Cienfuegos no posee calles primarias ni secundarias según su ancho, ya que todas poseen 15 varas castellanas (12,5 m)". Cualquiera que fuera el sentido de los solares en las manzanas de Cienfuegos y desde 1856 se dispuso el arbolado de las calles a partir de la siembra de álamos o atejes "a dos y media vara de la pared de la casa y diez de uno a otro arbusto". (Edo E. 1861)

Esta forma que toma Cienfuegos desde su propia fundación la hace poseer un carácter reticular en más de un 90% y amplias fajas de emplazamientos, siendo excepción en los barrios de Pastorita (1962-1983) y Pueblo Griffo (1973-1988).

El desarrollo de la Ciudad y las redes viales continua y con el triunfo revolucionario de 1959 se termina la construcción de la vía de acceso principal a la Ciudad o Doble Vía como comúnmente se le conoce, la misma es la salida de la Ciudad hacia el Oriente del País y cuenta con dos enlaces uno con la zona industrial de O'bourke y el otro la salida hacia el Occidente del país; y en el 1984 se terminó el primer tramo de la circunvalación Cocaleca – Carretera de Cumanayagua la que se termina de construir hacia mediados del 1988.

Actualmente la ciudad de Cienfuegos tiene un total de vías urbanas de 220.29 km, correspondiendo una longitud de 30.8 km a la red vial principal, esto arroja una densidad de 4.59 Km./ Km², esta red ocupa un área de la ciudad de 2 045 400 m².

El estado de las vías es: 22.86 km en buen estado y representa un 10.38% del total de vías; 83.79 km en regular estado para un 38.04% y 113.64 Km. de vía en mal estado, siendo el 51.58%. Existe en la ciudad 15.1 Km de vías de 4 carriles con doble sentido de circulación.

Dentro de toda la red vial, la Calle 37 constituye el acceso principal de la ciudad pues es la única vía que atraviesa la ciudad de norte a sur y viceversa, encontrando alrededor de 35 intersecciones a nivel, el resto de las vías que constituyen accesos son:

- Calle 63 (Tramo Paraíso-Ave. 64) con una longitud de 2.30 Km desde la Intersección de Ave. 64 y Calle 63 hasta el poblado de Paraíso, contando en toda su longitud con 13 lugares donde se une o cruza con otras vías y con 28 ramales.
- Avenida 64 (Tramo Caonao-Calle37) con una longitud de 6.01 Km desde la Intersección de Ave. 64 y Calle 37 (Prado) hasta el poblado de Caonao y la intersección de esta con la Calle Alegría, contando en toda su longitud con 58 lugares donde se une o cruza con otras vías y con 80 ramales.
- Ave. 42 “5 de Septiembre” (Tramo Calle 37-Inicio Carretera Cienfuegos/Rancho Luna) con una longitud de 3.29 Km desde la Intersección de Calle 37 y Ave. 42 “5 de Septiembre”, contando en toda su longitud con 28 lugares donde se une o cruza con otras vías y con 39 ramales.

En el caso de la calle 63 pudiera convertirse en la segunda vía que pudiera atravesar la ciudad de norte a sur y viceversa si se lograra restituir un paso a nivel o a desnivel en la calle 63 y Ave. 62 con la vía principal de acceso ferroviario a la Terminal de Viajeros.

La red principal de la ciudad posee doble sentido de circulación considerando el buen ancho de sus calzadas (como promedio de 7.00 m a 7.50 m) y las pequeñas pendientes longitudinales.

En la red existen vías secundarias que por su sección transversal se pueden utilizar con doble sentido de circulación y lograr con ello acortar distancias, mejorar la vinculación de algunas zonas y descongestionar vías de la red principal con doble sentido de circulación, siendo algunos ejemplos el de Calle 39, Calle 45, tramo en Calle 35 desde Ave. 46 hasta Ave. 68 y otras.

La categorización de la red vial vigente en la ciudad desde 1983 (según norma cubana 53-80 de proyectos de construcción. vías urbanas. clasificación funcional. Clasificación Funcional de Vías Urbanas) se mantiene, pues el esquema vial no ha sufrido transformación alguna en este período, quedando clasificada en:

- Arterias principales: 7.70 km (en esta clasificación se incluye Calle 37).
- Calles arteriales: 23.10 km (comprende Calle 63 - Circunvalación, Ave. 64 - Ave. 42 "5 de Septiembre", Calle 49 (Gloria) y Carretera de Refinería).
- Calles colectoras: 39.70 km (Estas son: Carretera T-15 hasta circunvalación, Ave. 72 (Pueblo Griño), Carretera Pastorita-Obourke-Terminal Marítima, Carretera Universidad-Obourke, Ave. 60, Ave. 58, Ave. 52, Ave. 48 (Desde Calle 19 hasta final de Reina), Calle 19, Ave. 20, Calle 51-A, Calle 75, Calle 81 y Ave. 12-NE).
- Calles locales: 75.60 km (El resto de la vialidad de la ciudad).

Existen en la ciudad un grupo de intersecciones las cuales están canalizadas a nivel que ayudan al desarrollo de los movimientos para seguir distintas trayectorias de las intersecciones fundamentales de la ciudad, estas son:

- Cuatro Caminos (Rotonda Canalizada).1992
- Calle 63 y Circunvalación (Rotonda semi Canalizada). Cocaleca .1999
- Calle 63 y Ave. 64 (se canalizó en un borde 1994 y luego instaló semáforo en 2004, de cuatro fases) desde el surgimiento de la Ciudad, constituía la salida principal
- Calle San José y Circunvalación (Canalizada en 1994)

- Ave.64 y Circunvalación (Se canalizó en 1992, se realizó otro intento de resolver los problemas de tránsito en 1998, pero la solución ejecutada no satisface los requerimientos del movimiento vehicular y la tradición de los conductores, se instaló semáforo en 2005, un control mexicano con cuatro fases, EYESSA, y sigue estando en los primeros lugares de accidentalidad en la Ciudad)
- Calle 45 y Ave. 42 “5 de Septiembre”. (Canalizada en 1997)
- Ave. 42 y Calle 49 “Gloria”. (Canalizada en 1998)
- Ave. 42 y Calle 51-A, esquina Hospital Provincial (Canalizada en forma de “T”, se instaló semáforo con cuatro fases, incluyendo una para peatones, 2004)

En las intersecciones que se encuentran a lo largo del Prado como son la de Calle 37 y Ave. 58; Calle 37 y Ave. 64; también en la Calle 49 y Ave. 60; Calle 63 y Ave. 64, Calle 49 y Ave 64, Calle 51-A y Ave. 42 se instalaron semáforos reguladores el 5 de Marzo del 2004, para mejorar la fluidez del tráfico, así como ofrecer mayor seguridad a la circulación de vehículos que convergen en estas intersecciones, las cuales están consideradas dentro de los puntos negros o de mayor conflicto vial por los múltiples accidentes ocurridos en dichos lugares. También fueron establecidos pasos peatonales en la intersección de Calle 37 y Ave. 54 o Boulevard para garantizar mayor seguridad en esta área de gran afluencia peatonal.

Las intersecciones son críticas desde el punto de vista de la seguridad, tanto en zonas urbanas como interurbanas. Así, del análisis de las estadísticas de los accidentes desde el año 2006 hasta el 2011, en nuestra Ciudad, tiene un comportamiento de más del 33% de los accidentes ocurren en intersecciones.

En la zona urbana de la ciudad de Cienfuegos el 54.5% de los accidentes ocurren en las intersecciones a nivel, que son las que priman en nuestra ciudad.

Capítulo II. Problemática de estudio de las intersecciones a nivel

En las vías urbanas, el esfuerzo principal debe estar enfocado al tratamiento de las intersecciones donde típicamente ocurren alrededor del 50% de todos los accidentes y los que más traumatismos causan (Glauz, 1980; Corben, 1990; Ogden 1996; Mulder, 1999; Bauer, 2000).

Para realizar una selección correcta de las intersecciones a nivel y proponer estas como típicas para estudiar, debe analizarse la mayor cantidad de información que se pueda disponer, lo que implica efectuar estudios específicos que puedan proporcionar información para detectar problemas y plantear soluciones, buscar pautas repetidas en los datos de accidentes que puedan poner de manifiesto problemas relacionados con la vía, realizar observaciones in situ para detectar las características de la vía o del comportamiento de los usuarios que puedan contribuir a la siniestralidad, considerando todos estos elementos, se podrá realizar un análisis de la problemática, Por tanto, se pueden considerar cuatro pasos fundamentales:

1. Caracterización de la intersección
2. Análisis de los accidentes.
3. Observaciones detalladas in situ.
4. Obtención de datos adicionales relacionados con las características geométricas.

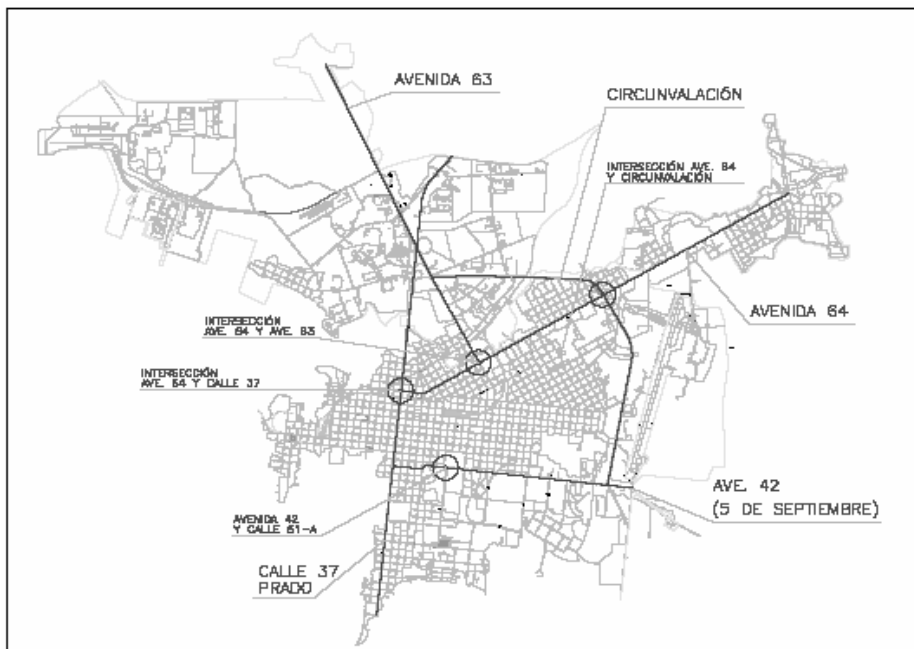
En Cienfuegos existen más de 750 intersecciones a nivel, las principales se agrupan en:

- Intersecciones en cruz de vías de dos carriles con vías de cuatro carriles
- Intersecciones en cruz de vías de dos carriles con vías de dos carriles urbano
- Intersecciones en cruz de vías de dos carriles con vías de dos carriles suburbano
- Intersecciones en "T" de vías de cuatro carriles con vías de dos carriles urbano
- Intersecciones en "T" de vías de dos carriles con vías de dos carriles urbano

Se localizó en un mapa digital las intersecciones, con ayuda del programa AutoCAD, señalando las cuatro consideradas relevantes con un círculo para facilitar su

identificación. De esta manera, se eligió la siguiente muestra de las intersecciones a nivel con la mayor problemática comprendidas dentro del perímetro urbano. ver figura 2.1

Figura 2.1 Intersecciones a nivel representativas. Ciudad de Cienfuegos.



Las intersecciones a nivel más representativas de Cienfuegos desde el punto de vista de su geometría, intensidad de tránsito, solución de conflictos viales y que constituyen enlaces entre arterias de accesos principales a continuación se enumeran ordenados en función de su peligrosidad:

1. Avenida 64 y Circunvalación
2. Avenida 64 y Calle 63
3. Avenida 64 y Calle 37
4. Avenida 42 y Calle 51-A

2.1 Características geométricas

A pesar que la lógica indica que la seguridad está directamente relacionada con los elementos geométricos, es prácticamente imposible generalizar estas relaciones o definir las cuantitativamente (Bauer, 2000; Elvik, 2004). Las investigaciones empíricas sobre este tema son pocas y muchas veces, sus resultados son contradictorios debido a que existen otros factores conjugados que también influyen (estado del tiempo, condiciones del pavimento, iluminación, dispositivos de control del tránsito, comportamiento y estado físico del conductor, estado técnico del vehículo, etc), lo que dificulta aun más la cuantificación.

No obstante, existen ciertos factores distintivos que ejercen influencia en la seguridad de varias formas, afectando el dominio del conductor sobre su vehículo, favoreciendo o evitando los conflictos entre vehículos, influyendo en la severidad cuando un vehículo sin control se sale de la vía, o determinando en cierta medida, el comportamiento del conductor. Para evaluar esta influencia hay que considerar todas las características físicas y geométricas del emplazamiento analizado, auxiliándose casi siempre, con un diagrama de condición, que es un plano a escala (generalmente entre 1:500 y 1:100), que muestra las características más importantes del emplazamiento, ayudando a interpretar mejor las causas de los accidentes. El diagrama debe abarcar un área tal que incluya todos los detalles que puedan afectar el movimiento del tránsito, conteniendo los siguientes elementos:

- | | |
|---|--|
| 1. contenes y bordes de calzada | 2. aceras y entradas de vehículos |
| 3. líneas de propiedad | 4. obstrucciones visuales |
| 5. obstrucciones físicas en la calzada. | 6. semáforos, señales del tránsito y marcas en el pavimento. |
| 7. iluminación | 8. pendientes |
| 9. tipos de pavimento | 10. uso del terreno adyacente |
| 11. denominación de las vías | 12. irregularidades en el pavimento |

2.2 Operación del tránsito

Para caracterizar las operaciones es necesario disponer de datos sobre las siguientes características del tránsito:

1. Volúmenes diarios y en horas picos (en intervalos, clasificados por movimiento).
2. Composición por tipo de vehículo.
3. Tipo de control del tránsito (autorregulado, Ceda el Paso, PARE, semáforo).
4. Si existiera semáforo, los datos del reglaje y del sincronismo si fuera el caso.
5. Velocidad límite.

Si esta información no existe o no está actualizada, se completará mediante la observación detallada en el emplazamiento y con los estudios adicionales requeridos en cada caso.

2.3 Análisis de los accidentes

El análisis de los datos de los accidentes ocurridos es fundamental en la determinación de patrones identificables, movimientos conflictivos, usuarios involucrados y otros elementos asociados.

Se reconocen tres niveles de análisis en base al número de accidentes considerados (Hauer, 1984; FWHA, 1991; Ogden, 1996):

Micro nivel: cuando se analiza un solo accidente

Nivel intermedio: cuando se consideran los datos de un conjunto de accidentes ocurridos en un mismo emplazamiento para encontrar soluciones que reduzcan la ocurrencia futura de los mismos.

Macro nivel: cuando se considera un gran número de datos de accidentes, para analizar categorías específicas como pudieran ser: tipos de usuarios involucrados, categoría de vía, tipo de emplazamiento, etc.

2.4 Elementos obtenidos del reporte de accidentes

Los datos principales sobre cada accidente de tránsito son consignados por los agentes de tránsito en el lugar del siniestro, utilizando el formulario *Modelo Reporte de accidentes de Tránsito*

Desde un punto de vista práctico, quizá no se pueda eliminar completamente el riesgo de sufrir un accidente de tránsito, pero es posible reducirlo, y una de las formas es actuar sobre las vías y el tránsito, detectando y eliminando los factores de riesgo. En este sentido, la mayoría de los investigadores (Agent, 1973; McGuigan, 1981; Hauer, 1984; Nicholson, 1987; Hauer, 1996) coinciden en que las primeras acciones sobre la seguridad vial deben estar centradas en la corrección de las zonas con alta concentración de accidentes y como ya hicimos mención dentro de las zonas urbanas más del 50% se encuentra en las intersecciones a nivel semaforizadas o no.

De forma general se observó que la mayoría de las intersecciones estudiadas son asimétricas, ya sea por su geometría, cantidad de carriles, alineación vertical y horizontal entre otras.

2.5 Caso de estudio. Intersección Avenida 64 y Circunvalación

A continuación se expone un resumen de las características principales del caso de estudio para diferentes niveles de análisis.

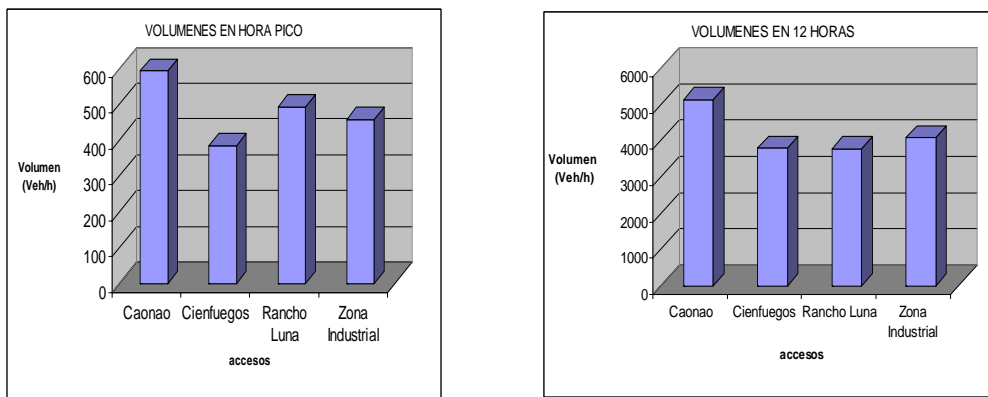
Intersección de dos arterias principales de la ciudad, circunvalación que mueve diariamente altos volúmenes de tránsito entre Rancho Luna y la zona industrial, con cuatro ramales y la avenida 64 que constituye la entrada a la ciudad desde el municipio de Cumanayagua, que mueve todo el tránsito pesado desde la fábrica de Cementos y zona agrícola de este municipio, con dos ramales de accesos de tipo cruz, esta canalizada. La velocidad máxima de circulación es de 50 km/h. Se muestra en la figura 2.2 una vista general de la intersección.

Figura 2.2 Vista general de la intersección ave 64 y circunvalación



El pavimento es de hormigón asfáltico y no existen problemas de visibilidad para realizar las maniobras. Los volúmenes de llegada por cada acceso, durante la hora pico, que se ubica en el intervalo de 7:20 am a 8:20 am, y de 4.30 pm a 5.30 pm, se muestran en la figura 2.3.

Figura 2.3 Volumen de intensidad horaria de tránsito.



De los gráficos anteriores se concluye, que en general, los volúmenes actuales de demanda son bastante elevados para que este tipo de intersección trabaje con eficiencia, con más de 2 097 vehículos en la hora pico, de ellos 1 116 vehículos en la Carretera de Cumanayagua, 981 en la vía principal Circunvalación de la Ciudad, que

tomo esta categoría en el año 2010, pues anteriormente la preferencia era de la vía de acceso desde el municipio de Cumanayagua, y 16 790 en las 12 horas más cargadas, estos datos expuestos demuestran que la intensidad de tránsito en la intersección supera ampliamente los volúmenes mínimos de vehículos requeridos para la instalación de un semáforo, como se trata en la tabla 1.1 capítulo I.

En la figura 2.4 se aprecia la intensidad del tránsito en un momento de la hora pico, nótese la larga fila de diferentes vehículos, entre ellos de tracción animal, que forman la distancia de cola en el acceso de entrada a la intersección por el ramal desde Cumanayagua.

Figura 2.4 Acceso desde Cumanayagua



2.5.1 Análisis de accidentes

El estudio realizado arrojó un total de 16 accidentes en un período de cinco años (2006, 2007, 2008, 2009 y 2010), ocasionando heridos graves y pérdidas fatales.

La figura 2.5 muestra la existencia de 39 conflictos de convergencia, divergencia y cruce entre vehículos en la intersección.

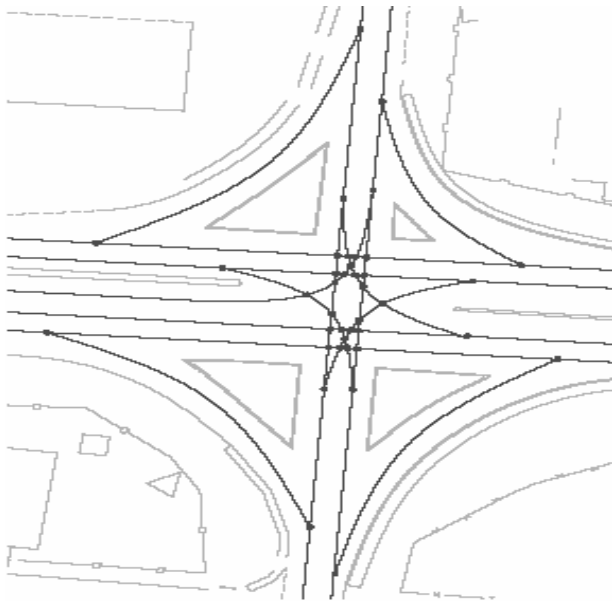


Figura 2.5 Análisis de conflictos

2.5.2 Observaciones detalladas in situ, datos adicionales

Para realizar las observaciones detalladas se tomaron como base las Listas de Chequeo del Manual de Seguridad Vial (PIARC, 2003) y la propuesta por el PIARC del Manual de inspecciones de Seguridad Vial para carreteras existentes, editado en su versión final, en el 2007. Se chequearon los siguientes aspectos:

General: demoras excesivas en los accesos ocasionando colas extensas.

Velocidad: las velocidades de circulación son adecuadas a las condiciones de la intersección, solo se hace observar que los chóferes, en los horarios de poca cola, en el momento de acercarse al cruce y cuando esta la luz verde exceden la velocidad de circulación.

Tipo de intersección y trazado: el trazado no es correcto ya que con referencia a las normativas de la práctica internacional para este tipo de intersecciones, geométricamente se observa la falta de un carril de desaceleración para la incorporación al ramal con giro derecha que normalmente divide el tránsito con giro derecha y no ocasiona problemas en el momento de análisis de una intersección, como lo constituyen los giros izquierda, desde el carril que viene de Cumanayagua, debido a los altos

volúmenes de circulación de vehículos estos tienen que esperar la cola del semáforo para efectuar el giro, lo mismo ocurre con los que salen de Cienfuegos hacia este municipio, no existen pendientes excesivas y los carriles centrales de desaceleración y espera para giro a izquierda, no cumplen las distancias mínimas recomendadas en la NC 58:131. Diseño geométrico de carreteras.1984.

Distancia de visibilidad: son adecuadas para las velocidades y maniobras que se realizan.

Carriles: no existe señalización horizontal que los delimite, ni en los accesos, ni en los interiores.

Canalización: es la adecuada, en todos los casos delimitadas por contén integral, que sirve además de refugio a los peatones, aunque no satisface la demanda.

Drenaje: es adecuado y no representa un riesgo para la circulación.

Condición de la superficie: se observa en buen estado, sin baches ni deformaciones.

Bordes de la vía y entorno: el característico al ambiente urbano, sin condiciones riesgosas.

Accesos: en el punto de comienzo del ramal de giro derecha desde el acceso de Cumanayagua se permitió abrir la calle 116 con salida a avenida 64, que provocó estancamientos en espera de los giros izquierda de los vehículos desde Cienfuegos o con giro derecha desde Rancho Luna y que insisten en incorporarse a esta calle.

Señalización horizontal y vertical: no existen marcas en el pavimento visibles.

Iluminación: es adecuada.

Ciclistas: existe gran presencia de ciclistas sobre todo en la dirección Cienfuegos - Cumanayagua.

Peatones: las aceras existentes son adecuadas, muchos peatones utilizan el separador central y las isletas para el cruce, de forma incorrecta y se paran procurando medios de transporte. La visibilidad es adecuada para sus necesidades.

Ómnibus y camiones: no existen paradas que puedan constituir un conflicto, ni representan riesgo para la circulación. Los ómnibus y camiones pueden circular cómodamente, de acuerdo a las características de la intersección y no presentan restricción a su visibilidad.

Adicionalmente se realizaron conteos de volúmenes y los estudios origen destino, se realizaron análisis de demoras para confirmar los problemas de congestión detectados en los accesos durante las observaciones detalladas.

En la hora pico de la mañana los accesos críticos se corresponden con el acceso desde Cumanayagua principalmente, ocasionando la formación de colas extensas y demoras inaceptables por los usuarios. En la tarde puede suceder que se satura la salida de la ciudad y los giros a izquierda desde la zona industrial por la circunvalación con destino Cumanayagua.

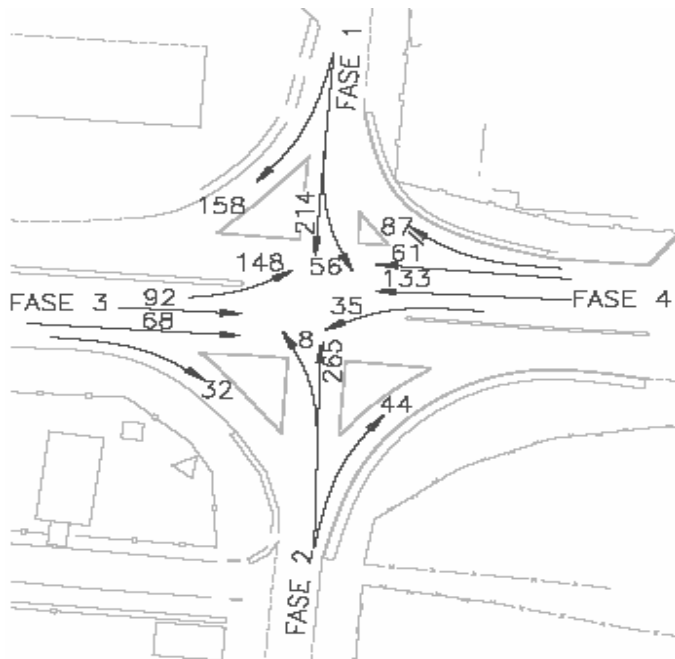
La dirección provincial de tránsito nos confirmó el régimen de trabajo del semáforo implantado que cuenta con tres programas para diferentes horarios de servicio:

- De 7.00 am a 10.00 am (Fase 1 desde Cumanayagua, tiempo de verde-24 seg., Fase 2 desde Cienfuegos, tiempo de verde 22 seg., Fase 3 desde zona industrial -24 seg. y Fase 4 desde Rancho Luna con un tiempo de verde de 22 seg.)
- De 1.00 pm a 5.00 pm (todas las fases trabajan con 22 seg., exceptuando la fase 3 desde zona industrial con 24 seg.)
- A partir de las 7.00 pm trabaja en intermitente.

2.5.3 Análisis de Capacidad y nivel de servicio

Para la realización de este análisis se hicieron conteos en horarios picos y de 12 horas de horario continuo que arrojaron los siguientes datos, por fases para cada una de las direcciones como se muestra en la figura 2.4.

Figura 2.6 Datos de análisis . Vehículos por hora



Estos análisis se realizaron por el método manual tradicional, llevado a una hoja de cálculo en Excel.

Variable	Descripción de la variable	U/M
VHDM	Vehículos horarios mixtos	U
Pc	% de camiones que circulan por el carril	%
Pb	% de ómnibus que circulan por el carril	%
FHMD	Factor de la hora de la máxima demanda se sugiere 0.95	U
EV	EV automóviles que dan vuelta auto se sugiere entre 1.4 y 1.6 a los que giran a la izquierda y entre 1.0 y 1.4 a los que giran a la derecha	U
V	Velocidad de aproximación de los vehículos	m/s
W	Ancho de la intersección o vía a cruzar	m
Ec	Automóviles equivalentes a un Camión	U
Eb	Automóviles equivalentes a un ómnibus	U

L	Longitud del vehiculo	m
a	Tasa de desaceleración 3.05	m/s ²
fvp	Factor de equivalencia	U
q	Flujo de automóviles directos equivalente	U

2.5.4 Análisis de Capacidad, nivel de servicio y distribución de los tiempos de semáforos

Con las actuales características geométricas y los volúmenes de tránsito existentes obtenemos las siguientes capacidades y niveles de servicios por accesos a partir de las siguientes formulas: Ingeniería de Transito. Cal y Mayor y Cárdenas (2000)

$C_i = S_i(g_i/C)$ Donde:

C_i = Capacidad del acceso o grupo de carriles i (vph)

S_i = Flujo de saturación del acceso o grupo de carriles i (vphv)

g_i = Tiempo verde efectivo del acceso o grupo de carriles i (seg)

C = Ciclo del semaforo (seg)

g_i/C = Relación de verde para el acceso o grupo de carriles i

$(V/C)_i$ = Grado de saturación X_i

$X_i = V_i/S_i(g_i/C)$; $X_i = V_i/c_i$

S_i = Flujo de saturación del acceso o grupo de carriles se define como:

$S_i = S_o * N * F_a * F_{vp} * F_p * F_e * F_b * F_L * F_{VD} * F_{VI}$ Donde:

s	Flujo de saturación	vphv
so	Flujo de saturación en condiciones ideales (1800)	v/phvpc
N	Numero de carriles	U
Fa	Factor de ajuste por efecto del acho del carril	U
Fvp	Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados	U
Fp	Factor de ajuste por pendientes de acceso	U
Fe	Factor de ajuste por la existencia de carriles de	U

	estacionamiento	
Fb	Factor de ajuste por paradas de autobuses	U
FL	Factor de ajuste por localización de la intersección	U
Fvd	Factor de ajuste por vueltas a la derecha	U
Fvi	Factor de ajuste por vueltas a la izquierda	U

Se calculó además el Intervalo de cambio de fase (y), Donde:

$$y = \text{Ambar} + \text{Todo Rojo}$$

$$y = (t + V/2a) + (W + L)/V$$

t – Tiempo de percepción – reacción del conductor (1 seg)

V- Velocidad de aproximación de los vehículos

a- Taza de deceleración (3.05m/s²)

W' ancho de la intersección (m)

Se calculó además la longitud del ciclo (Co)

$$Co = (1.5L + 5) / (1 - (Y_1 * Y_2 * Y_3 \dots)), \quad \text{Donde:}$$

L- Total de tiempo perdido

Y- Relacion actual de Flujo y flujo de saturación

Tiempo perdido (L), $L = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + TR$, Donde:

I- diferencia entre demora inicial y ganancia final

TR- Tiempo total de Todo Rojo

Asignación de tiempos verdes

gt- Tiempo de verde efectivo total para el ciclo disponible.

C-Longitud actual del ciclo redondeado a los 5 seg mas cercanos

La tabla 2.1 muestra los resultados de capacidad y nivel de servicio, según los cálculos obtenidos en la presente investigación de tiempo verde por fase y longitud del ciclo. En

los mismos se aprecia que con las actuales características geométricas de la intersección y el flujo que asimila, en todos los accesos se obtiene un nivel de servicio F. mientras que la tabla 2.2 muestra los resultados de estos parámetros, según el tiempo verde por fase y la longitud del ciclo que en la actualidad fijo la unidad de tránsito provincial de Cienfuegos para el semáforo.

Los niveles de servicio según tiempo de demora se describen en el anexo 10.

FASE	N	Capacidad (ci)	Grado de saturación (Xi)	Demora total (di)	Nivel de servicio
1	1	494	1.2	205	F
2	1	320	1.2	225	F
3	3	920	0.4	79	F
4	2	421	0.6	95	F

Tabla 2.1 Parámetros obtenidos con datos de la investigación.

FASE	N	Capacidad (ci)	Grado de saturación (Xi)	Demora total (di)	Nivel de servicio
1	1	304	1.95	1331	F
2	1	304	1.26	211	F
3	3	836	0.43	29	D
4	2	357	0.45	30	D

Tabla 2.2 Parámetros obtenidos con datos que rigen el semáforo actualmente.

Se aprecia que la longitud del ciclo obtenido según cálculos de la investigación, es de 310 segundos, considerado muy alto, pues es superior a los 120 segundos que recomienda la experiencia internacional, además se puede ver que en los cuatro accesos el nivel de servicio con el que trabaja es F, y el grado de saturación es alto como muestra la tabla 2.1, y el tiempo de demora supera ampliamente los 60 segundos requeridos para obtener la fase F.

Todo lo expuesto en el párrafo anterior demuestra que esta intersección no satisface los requerimientos de los conductores, estos datos obligan a tomar medidas correctoras con respecto a su nivel de servicio, proponiendo para ello cambios en la geometría del diseño de la intersección, que permita aumentar la capacidad y mejorar el nivel de servicio.

Tabla 2.3 Datos de salida según investigación realizada.

Descripción de la variable	Variable	U/M
Intervalo de cambio de fase	y	s
AMBAR	A	s
TODO ROJO	TR	s
Máxima relación flujo y saturación	Y	U
VERDE	G	s
ROJO	R	s

Variabes	FACE 1	FACE 2	FACE 3	FACE 4
y	5	5	5	5
A	3	3	4	4
TR	2	2	1	1
Y	0.33	0.21	0.20	0.14
G	108	70	67	46
R	199	237	239	260

	Variable	U/M	
Suma de las máximas relaciones	O	U	0.89
Tiempo total perdido por ciclo	L	s	20
Longitud del ciclo	Co	s	310
Tiempo de verde efectivo total	g	s	290

La relación entre el volumen y la capacidad de los accesos (porcentaje de utilización de la capacidad), también definido como grado de saturación, es el indicador más importante del comportamiento de la operación del tránsito, ya que cuando este nivel está por encima del 85% de utilización se puede considerar crítico, provocando una operación inestable, con incremento de las colas y las demoras. Cuando la capacidad se excede muy por encima del 100%, los modelos tienden a ser inexactos por cuanto se acumula la cola y el nivel de disipación es bajo.

2.6 Propuesta de solución para el caso de estudio. Variante I

Proponemos accionar sobre los ramales de entrada a la intersección de la avenida 64, proyectando carriles de deceleración en los bordes de la vía a la derecha de ambos accesos, con el objetivo de desagregar un carril exclusivo para los giros derecha y con ello descongestionar el tráfico del carril actual y de esta forma aumenta la capacidad de los accesos 1 y 2, se disminuye el grado de saturación así como el tiempo de demora y con ello se obtiene un mejor nivel de servicio.

En la figura 2.6. se observan los carriles de giro derecha completamente independientes en los accesos de entrada a la intersección Cienfuegos y Cumanayagua.

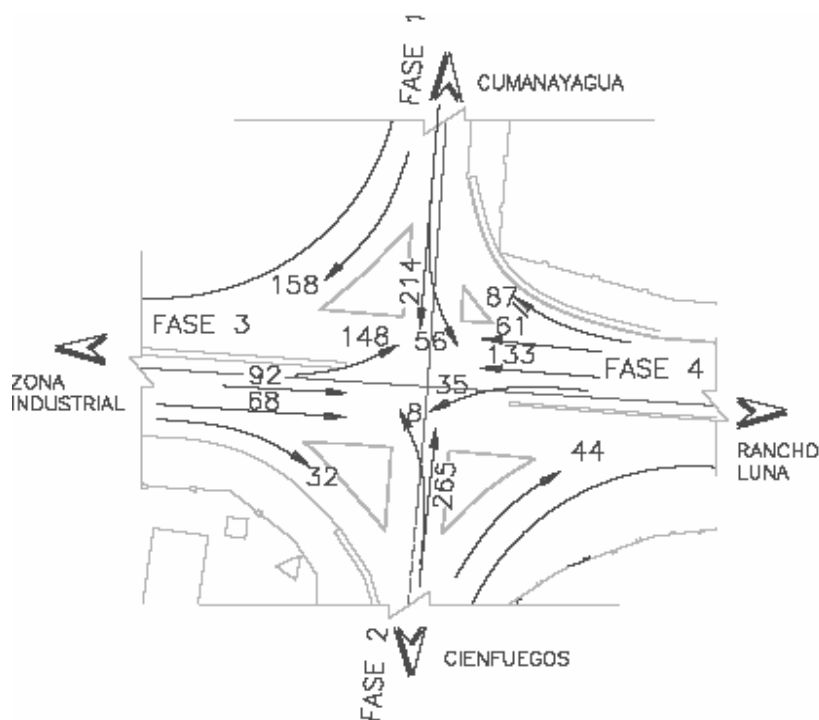


Figura 2.6. Solución geométrica

La tabla 2.4 muestra dichos resultados, donde se puede apreciar que con esta variante el acceso 1, siendo este el acceso de mayor dificultad, mejora considerablemente ya que la capacidad aumenta de 304 veh/h a 693 veh/h, el grado de saturación disminuye de 1.95 a 0.49 y el nivel de servicio mejora de un nivel F a un nivel C. los demas

accesos también muestran una mejoría considerable. Apreciable al comparar la tabla 2.4 con la tabla 2.2.

Tabla 2.4 Parámetros obtenidos con la solución geométrica propuesta.

FASE	N	Capacidad (ci)	Grado de saturación (Xi)	Demora total (di)	Nivel de servicio
1	2	693	0.50	22	C
2	2	630	0.50	23	C
3	3	804	0.13	23	C
4	2	378	0.51	28	D

La variante desde el punto de vista geométrico de la intersección debe incluir por parte de una entidad proyectista el análisis más detallado y dentro de este incluir el accionar sobre la longitud de los carriles centrales de desaceleración y espera, que se encuentran a ambos lados de la circunvalación con confluencia a Avenida 64, estos existen, pero no cumplen con las distancias mínimas recomendadas por la NC 58:131, para la espera de los vehículos que giran a la izquierda en dependencia del flujo que circula por el mismo.

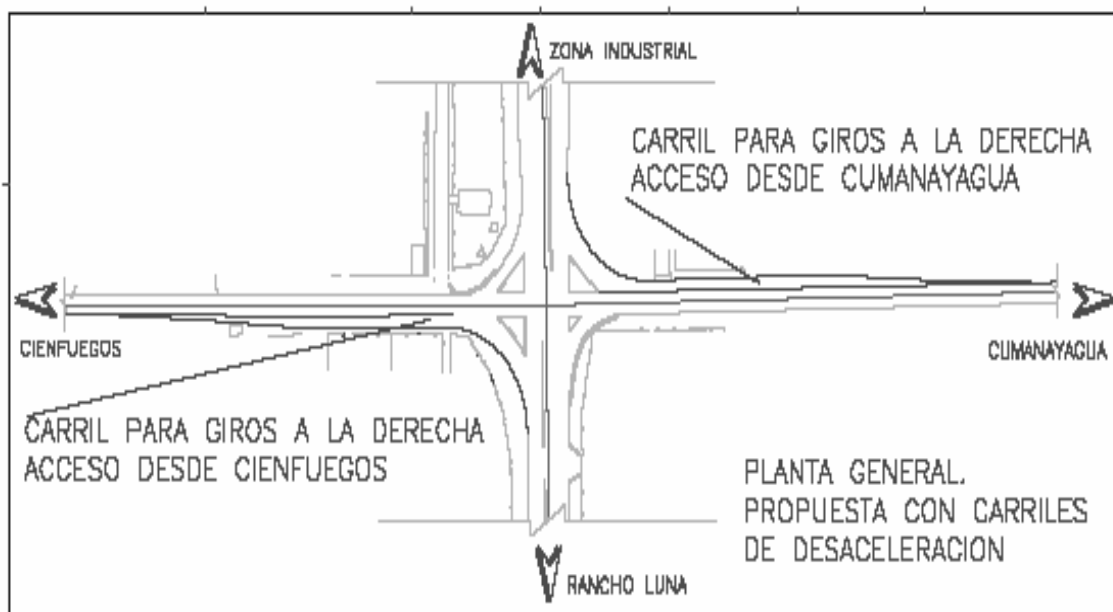
Tabla 2.3 Datos de salida de los tiempos del semáforo.

Descripción de la variable	Variable	U/M
Intervalo de cambio de fase	y	s
AMBAR	A	s
TODO ROJO	TR	s
Máxima relación flujo y saturación	Y	U
VERDE	G	s
ROJO	R	s

Variabes	FACE 1	FACE 2	FACE 3	FACE 4
y	5	5	5	5
A	3	3	4	4
TR	2	2	1	1
Y	0.19	0.18	0.15	0.11
G	22	20	17	12
R	65	67	69	74

	Variable	U/M	
Suma de las máximas relaciones	O	U	0.62
Tiempo total perdido por ciclo	L	s	20
Longitud del ciclo	Co	s	90
Tiempo de verde efectivo total	g	s	70

Para llegar a esta conclusión se siguieron algunos pasos primeramente solo implicó cambios en la fase 1, con el carril de cambio de velocidad desde el acceso desde Cumanayagua, pero los resultados fueron de un tiempo total de ciclo de 140 segundos.



Esta solución es posible su ejecución sin grandes afectaciones en los usos de suelos que se encuentran en los bordes de la vía.

Figura 2.7 Planta general propuesta con carriles de desaceleración

2.7 Variante 2. Rotonda

Desde el punto de vista de la geometría se analizó esta variante ya que amén de ser desde el punto de vista económico más costosa, la intersección en rotonda representa un valor dado en varios miles de pesos más que la intervención en los carriles de deceleración, esta solución continúa la línea de rotondas que se comenzó ejecutando

en las intersecciones de la circunvalación de la ciudad de Cienfuegos desde el 1992, y que a criterio de la autor será la solución a ejecutar en la intersección de la Circunvalación con la Carretera a Rancho Luna, donde convergen 7 ramales, y con el evidente desarrollo de la ciudad se plantea el reto de llevar esta vía hasta la Avenida 28, para incorporar directamente el reparto Junco Sur a la circunvalación de la ciudad como esta plasmado en el plan rector del desarrollo urbanístico de Cienfuegos.

A pesar de existir el semáforo la dirección de tránsito de Cienfuegos mantiene un agente del orden público desde las 6.30 a.m. hasta las 8.00 a.m., con el objetivo de dar prioridad exclusiva al carril de entrada desde Cumanayagua cuando las colas se hacen demasiado largas y esta solución permitiría un movimiento de tránsito continuo y ordenado ya que en este tipo de intersección el tránsito se mueve simultanea y continuamente a baja velocidad lo que hace que se produzcan muy pocos retrasos por reducción de velocidad y ninguna demora por paradas.

Con la ubicación de la rotonda en esta intersección habrá que prestar especial atención al gran movimiento peatonal existente en la zona, por lo que habrá que tomar las medidas necesarias para desplazar el cruce peatonal fuera del área ocupada por la rotonda y los carriles de giro mediante el uso de áreas verdes que impidan este cruce, el requerimiento de gran área para su construcción hace que se produzcan varias afectaciones en la zona, pero ninguna de ellas de propiedades de viviendas particulares, solo se verían afectados un kiosco de Isla azul, uno de gastronomía, una cisterna y una fuente.

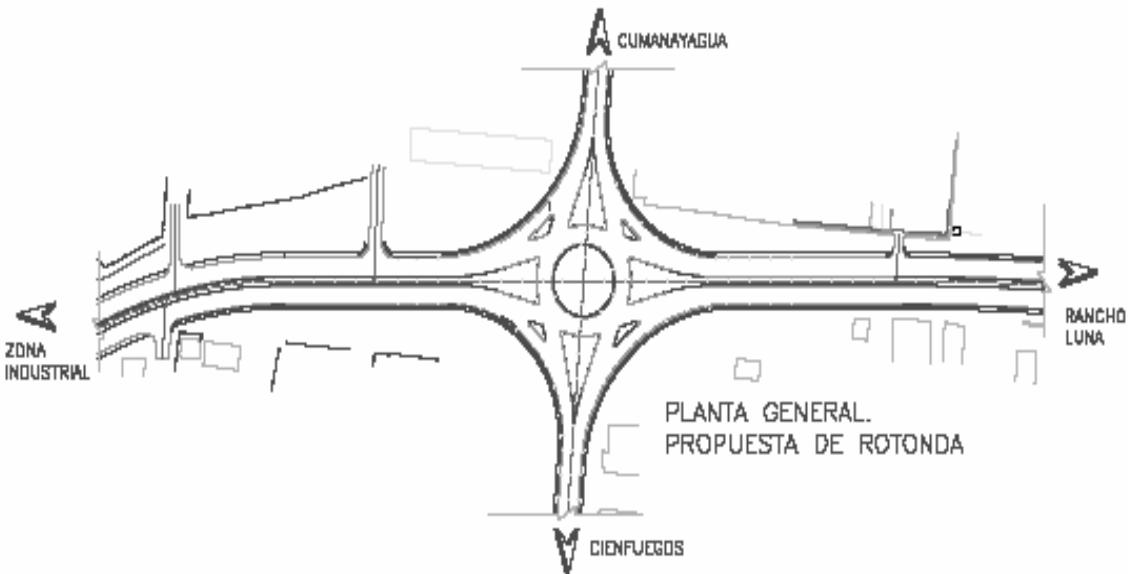


Figura 2.8 Planta general propuesta con solución de rotonda

2.8 Conclusiones

Con los elementos expuestos en el análisis del caso de intersección a nivel en ciudades pequeñas y las experiencias obtenidas en otras intersecciones estudiadas, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

1. El análisis de la capacidad, grado de saturación, y el tiempo de demora, son aspectos imprescindibles para identificar objetivamente el nivel de servicio de las intersecciones a nivel.
2. El análisis de una intersección a nivel, estará condicionado por las características geométricas y la clasificación funcional de las vías que convergen a esta, como se demuestra en el análisis, el tránsito que circula actualmente por esta intersección es mayor que para el que fue diseñada.
3. No se dispone en el país por el momento, de modelos de pronóstico de accidentes en función de variables asociadas a la geometría de las intersecciones y el tránsito.
4. Las principales causas asociadas a las intersecciones, que están incidiendo en la accidentalidad, detectados en la ciudad de Cienfuegos son los niveles de congestión, las deficiencias en las soluciones geométricas y las deficiencias asociadas a los dispositivos de control del tránsito.

Bibliografía

1. Benitez, Olmedo. R. "Trazado de Vías".
2. Diaz E. E. "Diseño geométrico de intersecciones". La Habana: Editorial ISPJAE. 336p.
3. Edo Enrique. 1861 "Memoria Histórica de la villa de Cienfuegos". 456p.
4. Manual centroamericano de normas para diseño geométrico de las carreteras regionales (2001)
5. Duharte G. Inventario de parámetros fijos de las Carreteras.2006
6. Bauer, K. and Harwood, D. (2000) Statistical models of at-grade intersection accidents. Report No. FHWA-RD-99-094. Federal Highway Administration, Washington, DC. USA.
7. Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (1994) Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones. Asociación Mexicana de Caminos. Representaciones y Servicios de Ingeniería. Ediciones Alfaomega. México DF, México. 517 p.
8. Elvik, R. and Vaa, T. (2004) The Handbook of Road Safety Measures. Instituto de Economía del Transporte. Oslo, Noruega, 2004. Traducido al español por: Monclús, J.
9. Glauz, W. and Migletz, D. (1980) Application of traffic conflict analysis at intersections, NCHRP Report 219. Transportation Research Board. Washington, DC. USA.
10. Hauer, E. and Persaud, B.N. (1984) Problem of identifying hazardous locations using accident data. Transportation Research Record 975, Transportation Research Board. Washington, DC. USA. pp 36-42.
11. Hauer, E. (1997) Observational before – after studies in road safety. Pergamon, Elsevier Science. Washington, DC. USA. 268 p.
12. Ley No.60, Código de Vialidad y Tránsito. (2005) Editora Capitán San Luis. Ciudad Habana, Cuba.

13. Dirección General de Ordenación del Territorio (2001) Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito. Secretaría de Desarrollo Social. México DF, México.
14. NC 53 – 8: 1988. Vías urbanas. Clasificación funcional.
15. NC 53-131: 1984 Características geométricas de las intersecciones a nivel.