

*Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”*

*Facultad de Ciencias Técnicas*



# Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

**Título “Caracterización de la movilidad y accesibilidad de la Calzada General Betancourt, Segmento La Panchita a Peñas Altas”**

**Autor: German Juan Edu Mibuy**

**Tutor(es): Ing. Homero Morciego Esquivel**

**Ing. Julio Abel Canito Alfonso**

*Matanzas, 2019*

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Por medio de la presente declare que yo, German Juan Edu Mibuy, soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

## RESUMEN

La presente investigación titulada: “**Caracterización de la movilidad y accesibilidad de la Calzada General Betancourt, Tramo La Panchita a Peñas Altas**” tiene como propósito principal desarrollar los fundamentos mediante estudios de ingeniería de tránsito e ingeniería vial, que contribuyan a una mejor funcionalidad de la Calzada General Betancourt como componente vital del Sistema Principal vial urbano de la ciudad.

Se caracteriza la movilidad y accesibilidad de la Calzada General Betancourt, por estar enclavada en el corredor turístico más importante del país, el Habana-Varadero; ello aportará los elementos para las mejores soluciones al déficit y desactualización en la planeación y transformación de la infraestructura vial urbana. Con esta investigación se tendrán las herramientas para comprender mejor los fenómenos de la incomodidad y el alto nivel de circulación presente en este vial principal con alta congestión, uno de los más graves problemas que se han de atender a mediano plazo, caracterizándose hasta el 2030 los incrementos de la demanda de los flujos vehiculares que soportará, con una fuerte interacción negativa con el entorno; y como enfrentar las grandes demoras, embotellamientos, colas y accidentalidad que ya hoy presenta (Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas, 2016).

Entre los métodos científicos empleados se encuentra el análisis – síntesis, histórico – lógico, inducción – deducción, inferencia de datos, la revisión bibliográfica, entrevistas a expertos y directivos de entidades afines al tema de la investigación, la observación directa y mediciones de parámetros en campo; además se emplean metodologías de normativas nacionales e internacionales como el *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* de la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) y el *Highway Capacity Manual* (HCM) y herramientas informáticas como AutoCad, Microsoft Office Excel y EndNote X7, que permiten dar una clara visión científica a la investigación y agilizar el procesamiento y corrección de datos.

Dentro de los resultados obtenidos en la investigación se encuentran los métodos de cómo proceder para la planificación y control de cualquier infraestructura vial de la ciudad, los estudios de ingeniería de tránsito a realizar para diagnosticar la funcionalidad de una vía urbana, la determinación de la brecha de sus principales características geométricas con relación a normativas modernas y la contribución al Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU) para la ciudad de Matanzas elaborado por la Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF), siendo de interés también para el Centro Provincial de Vialidad, el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito y otras entidades implicadas en la planificación y administración de redes de vías urbanas.

**Palabras claves:** planeamiento vial, infraestructura vial, accesibilidad, movilidad, estudios de ingeniería de tránsito, diagnóstico, procesamiento de información.

## **ABSTRACT**

The present titled investigation: "Characterization of the mobility and accessibility of the General Roadway Betancourt, Tract The Panchita to Rocks Altas" has as main purpose to develop the foundations by means of engineering studies of I traffic and engineering vial that you/they contribute to a better functionality of the General Roadway Betancourt like vital component of the System Main urban vial of the city.

It is characterized the mobility and accessibility of the General Roadway Betancourt, to be located in the most important tourist corridor in the country, the Havana-shipyard; it will contribute it the elements for the best solutions to the deficit and desactualización in the planeación and transformation of the infrastructure urban vial. With this investigation the tools will be had to understand the phenomenons of the annoyance and the high level of present circulation better in this main vial with high congestion, one of the most serious problems that must be assisted to medium term, being characterized up to the 2030 the increments of the demand of the vehicular flows that it will support, with a strong negative interaction with the environment; and as facing the big delays, jams, lines and accidentalidad that today already presents.

Among the methods scientific employees he/she is the analysis - synthesis, historical - logical, induction - deduction, inference of data, the bibliographical revision, you interview experts and directive of entities you tune to the topic of the investigation, the direct observation and mensurations of parameters in field; methodologies are also used of normative national and international as the one TO Policy on Geometric Design of Highways and Streets of the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) and the Highway Capacity CManual (HCM) and computer tools as AutoCad, Microsoft Office Excel and EndNote X7 that allow to give a clear scientific vision to the investigation and to speed up the prosecution and correction of data.

Inside the results obtained in the investigation they are the methods of how to proceed for the planning and control of any infrastructure vial of the city, the engineering studies of I traffic to carry out to diagnose the functionality of an urban road, the determination of the

geometric characteristic breach of their main ones with relationship to normative modern and the contribution to the General Plan of Territorial and Urban Classification (PGOTU) for the city of Matanzas elaborated by the Provincial Address of Physical Planning (DPPF), being also of interest for the Provincial Center of Vialidad, the Provincial Center of Engineering of I Traffic and other entities implied in the planning and administration of nets of urban roads.

**Keywords:** vial planning, road infrastructure, accessibility, mobility, studies of traffic engineering, diagnosis, prosecution of information.

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción .....	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica .....	10
1.1 Infraestructura vial .....	10
1.1.1 Planeamiento Vial Urbano. Redes viales urbanas .....	10
1.1.2 Plan General de Ordenamiento Territorial.....	11
1.1.3 Clasificación funcional y categorización técnica de vías urbanas según Normativas cubanas e internacionales.....	12
1.2 Estudios de infraestructura vial. Oferta Vial urbana.....	18
1.2.1 Parámetros que caracterizan a las vías urbanas. ....	18
1.2.2 Inventarios viales para estimar la Oferta vial .....	19
1.2.3 Oferta vial: Estudios de Capacidad vial y niveles de servicio en vías urbanas	21
1.3 Otros Estudios de infraestructura vial urbana.....	26
1.3.1 Paradas de ómnibus de servicios públicos .....	26
1.3.2 Estado del pavimento.....	26
1.3.3 Aceras y parterres .....	26
1.3.4 Dispositivos de control. (Semáforos y señalización).....	27
1.3.5 Redes técnicas. (Drenaje pluvial, alumbrado público, transmisión eléctrica, transmisión telefónica, conductoras de agua, alcantarillado, cable coaxial, Fibra óptica, etc.).....	27
1.3.6 Estacionamientos sobre la vía pública .....	28
1.3.7 Centros generadores de viajes.....	28
1.4 Accesibilidad y Movilidad. Relación Demanda de Movilidad-Accesibilidad y Oferta Vial .....	28
1.4.1 Elementos que inciden en la accesibilidad y movilidad .....	28
1.4.2 Demanda de movilidad-accesibilidad.....	30
1.4.3 Relación entre capacidad vial, niveles de servicio y demanda de movilidad-accesibilidad.....	31
1.5 Seguridad Vial. Accidentalidad.....	32
1.5.1 Análisis de accidentalidad. Campo de aplicación.....	32
1.5.2 Procesamiento de las estadísticas de accidentes de tránsito .....	33
1.5.2.1 Cantidad de accidentes de tránsito .....	34
1.5.2.2 Lesionados en accidentes de tránsito .....	35
1.5.2.3 Fallecidos en accidentes de tránsito .....	35
1.6 Demanda de Movilidad. Estudios de tránsito en sistemas de vías urbanas.....	35
1.6.1 Estudios de volúmenes de tránsito. Objetivos. Tipos .....	35
1.6.2 Variaciones y patrones.....	38
1.6.3 Estadística inferencial y descriptiva.....	40
1.6.4 Modelos de Predicción al futuro .....	43
1.6.5 Procedimientos para la ejecución. Procesamiento de los datos .....	45
Conclusiones Parciales.....	47
Capítulo 2 Materiales y métodos .....	48
2.1 Infraestructura vial. Plan General de Ordenamiento Territorial. Plan Vial Urbano	48
2.2 Clasificación funcional y categorización técnica de la vía Czda. ....	51
2.3 Estudios de infraestructura vial. Oferta de Vías urbanas .....	54

2.4 Otros Estudios de la infraestructura vial .....	55
2.5 Seguridad Vial. Accidentalidad .....	55
2.5.1 Análisis de accidentalidad.....	55
2.5.3 Procesamiento de las estadísticas de accidentes de tránsito. Índices de accidentalidad .....	56
2.6 Demanda de Movilidad. Estudios de tránsito en la Czda. Gral. Betancourt .....	59
2.6.1 Estudios de volúmenes de tránsito .....	59
2.6.2 Variaciones y patrones .....	61
2.6.3 Procesamiento de los datos, Predicción al futuro y expansión de los resultados .....	62
Conclusiones Parciales.....	63
Capítulo 3 Análisis de los Resultados.....	64
3.1 Propósito del capítulo .....	64
Conclusiones .....	75
Recomendaciones .....	77
Referencias Bibliográficas .....	78
Anexos .....	82
Anexo 1 Indicaciones.....	82

## INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es susceptible de ser analizada y evaluada para saber qué tan buen servicio presta, resultando de ello la comprensión de las causas de los problemas presentes o futuros que presenta o presentará y por tanto la correcta selección de las soluciones a implementar para elevar su disposición de dar respuesta a la demanda de movilidad, accesibilidad, seguridad, confort y economía de las transportaciones en general.

(Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas, 2016)(Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas, 2016)La gestión de la infraestructura vial es uno de los pilares de crecimiento y desarrollo sostenible de cualquier país, por tanto su estudio permanente y actualización a los nuevos requerimientos de funcionalidad son aspectos esenciales dentro de todo sistema de transporte, rural o urbano. Pese a su importancia económica y social, en Cuba presenta altos niveles de atrasos; se identifica la falta e inadecuada planeación como una de las razones de rezago en el sector vial(Alcaldía Distrital de Barranquilla, 2017)(Alcaldía Distrital de Barranquilla, 2017) y generalmente la vialidad se encuentra afectada por diferentes problemas que requieren de atención inmediata.

Una de las ciudades más bellas del país, Matanzas, presenta un déficit y desactualización en la planeación y transformación de su infraestructura vial urbana. La incomodidad y el alto nivel de circulación en las vías principales, es uno de los problemas que se han de atender, acentuándose la alta demanda de flujos vehiculares en algunas de estas vías, que provocan que se generen grandes demoras, embotellamientos, colas y

accidentalidad(Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas, 2016)(Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas, 2016). A ello se agrega además las limitaciones en cuanto a facilidades de travesías en su infraestructura de puentes, nudos viales, etc.; todo lo cual se manifiesta en una incorrecta gestión de esa infraestructura.

El estar enclavada en el corredor turístico más importante del país, el Habana-Varadero, y además ser declarada recientemente Ciudad Turística, mas su excepcional situación geográfica provincial donde están presentes recursos de primer nivel para el desarrollo del país, como son los turísticos, petroleros, recursos hídricos y las tierras más fértiles del país, una zona industrial con un puerto de aguas profundas donde está enclavado el puerto de súper tanqueros y en la cual se prevén macros inversiones como una refinería de petróleo, puerto de cruceros, potenciación de un desarrollo industrial en el triángulo Matanzas- Varadero- Cárdenas y otros aspectos más, todo ello acrecienta la necesidad de una alta prioridad en la atención de la problemática de su red vial principal.

La Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, es una de las importantes vías que presenta desde hace muchos años la situación más desfavorable de toda la red vial principal de la ciudad, especialmente en los horarios picos, donde se manifiestan todos esos elementos negativos para la movilidad y accesibilidad, como son: alta congestión acompañada de altos volúmenes vehiculares, pobres velocidades de recorrido, pocas posibilidades de maniobrabilidad, alta accidentalidad, momentos de embotellamiento principalmente en sus semáforos, etc.; sin embargo al mismo tiempo no se han realizado las investigaciones y los estudios necesarios para comprender en toda su magnitud el fenómeno y poder identificar sus factores, por tanto no se han realizado las acciones y aplicado las soluciones requeridas para revertir esta creciente problemática,.

Por todo lo antes expuesto se evidencia como **Situación Problemática:** Se presenta un déficit y desactualización en el planeamiento de la red vial principal de la ciudad de Matanzas, y por tanto son pocos e insuficientes los estudios e investigaciones realizados a

la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, que describan y expliquen la problemática de su movilidad y accesibilidad, teniendo como consecuencia la no realización de acciones y aplicado las soluciones necesarias oportunamente para revertir esta creciente problemática que se agudiza especialmente en los horarios picos, donde se manifiestan todos esos elementos negativos para la movilidad y accesibilidad, por lo cual se requiere la investigación con los estudios de sus causas, factores y propuestas de acciones y soluciones.

Además de llegar a la siguiente interrogante como **Problema científico**: ¿Cómo contribuir al planeamiento de la red vial principal de la ciudad de Matanzas si se pudiera diagnosticar la problemática de la movilidad y accesibilidad de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, teniendo como resultado final las propuestas de acciones y soluciones necesarias para revertir esta creciente problemática, a través de una investigación con los estudios de sus causas y factores fundamentales?

El **objeto de estudio** presente será la accesibilidad y movilidad de vías urbanas principales y su **campo de acción** es la problemática de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas en la ciudad de Matanzas.

**Objetivo general:**

Contribuir al planeamiento de la red vial principal de la ciudad de Matanzas al describir y explicar la problemática de la movilidad y accesibilidad de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, a través de una investigación con los estudios de sus causas y factores fundamentales, teniendo como resultado final las propuestas de acciones y soluciones necesarias para revertir esta creciente problemática.

**Hipótesis:** Si se realizaran los estudios de las causas y factores fundamentales que afectan la problemática de la movilidad y accesibilidad, de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, se contribuiría al planeamiento de la red vial principal de la ciudad de Matanzas y se recomendarían las propuestas de acciones y soluciones necesarias, revertiéndose la creciente problemática que presenta este vial.

### **Operacionalización de las variables relevantes:**

La *variable independiente* son los estudios de las causas y factores fundamentales que afectan la movilidad y accesibilidad de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, y la *variable dependiente* la mejora en la movilidad y accesibilidad, y el planeamiento de la red vial de la ciudad de Matanzas.

### **Objetivos específicos:**

- Analizar el estado del arte y la práctica relacionado con los estudios de movilidad y accesibilidad de la infraestructura vial urbana principal, así como las acciones y soluciones empleadas tanto a nivel internacional como nacional.
- Realizar los estudios de movilidad y accesibilidad de la infraestructura vial urbana principal; para describir y explicar la problemática de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas.
- Diagnosticar la situación existente en la Calzada General Betancourt para brindar las propuestas de acciones y soluciones necesarias para revertir la creciente problemática de la vía en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, contribuyendo al planeamiento de la red vial principal

### **Tareas principales de la investigación:**

- Análisis del estado del arte y la práctica relacionado con los estudios de movilidad y accesibilidad de la infraestructura vial urbana principal, así como las acciones y soluciones empleadas tanto a nivel internacional como nacional.
- Realización de los estudios de movilidad y accesibilidad de la infraestructura vial urbana principal; y posteriormente describir y explicar la problemática de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas.
- Proceder al análisis de los resultados de los estudios para caracterizar sus causas y factores fundamentales, y contribuir al planeamiento de la red vial principal, teniendo como resultado final las propuestas de acciones y soluciones necesarias

para revertir la creciente problemática de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas.

### **Métodos Científicos de la investigación:**

Para desarrollar la presente investigación se emplearán diferentes **métodos teóricos**, entre los que figuran:

- **Análisis-síntesis.** Planteado el objetivo general y las tareas en las que se enfocará la investigación, se empezará a adquirir la información acerca del tema, estableciendo las semejanzas y diferencias entre la presente investigación y los enfoques anteriores al propio tema. Al encontrar la información en diferentes fuentes bibliográficas, se efectuará el fichaje para su posterior procesamiento, de forma tal que se posibilite el logro de los objetivos y el cumplimiento satisfactorio de las tareas de investigación.
- **Histórico-lógico:** Como resultado de una revisión bibliográfica exhaustiva, se procederá a confeccionar una reseña con la descripción de los estudios de movilidad y accesibilidad de la infraestructura vial urbana principal;
- **Inducción-deducción:** Tomando como referente los resultados de investigaciones precedentes, se inducirá el comportamiento de parámetros inherentes a la movilidad y accesibilidad utilizando un proceso de análisis matemático, probabilístico y estadístico descriptivo e inferencial, que permitirá identificar patrones de variaciones a corto, mediano y largo plazo, y referir el impacto de tales cambios en el funcionamiento de la creciente problemática de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas.
- **Inferencia de datos:** Partiendo de informes publicados de forma oficial y emitidos por las autoridades gestoras de la ciudad de Matanzas, su Centro Histórico y otras entidades en particular, se construirán los escenarios presentes y futuros, bajo las pautas previstas para el desarrollo y evolución de la de movilidad y accesibilidad de la infraestructura vial urbana principal;

Por otra parte, se emplearán **métodos empíricos**, entre los que se encuentran:

- Observación: La observación será externa y directa, mediante campañas de campo, pues la recogida de información se efectuará por observadores especializados, que percibirán las manifestaciones externas del objeto de estudio mediante el contacto inmediato con vistas a ofrecer una interpretación o explicación de su naturaleza interna. Será además una observación de equipo y estructurada.
- Medición: Se reflejará mediante la cuantificación de los factores y parámetros inherentes a la movilidad y accesibilidad, como los flujos de peatones y vehículos que circulan en el área, como de los que provienen de otros lugares fuera de la zona de emplazamiento en estudio, así como, los elementos básicos de la infraestructura vial, que pudieran establecer puntos de comparación ente la oferta y la demanda vial en la zona de estudio.
- Entrevista: Se realizarán entrevistas informativas estructuradas de carácter abierto, para facilitar al entrevistado dar cualquier respuesta que considere apropiada sobre el caso de estudio. Las mismas serán de tipo directiva centrada, pues tienen el objetivo de conocer las opiniones de diferentes personas con respecto al tema objeto de la investigación.
- Encuesta: Se aplicarán encuestas de tipo mixta-estructurada, con el objetivo de conocer el grado de satisfacción de los usuarios de la infraestructura vial de la ciudad y la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas en Matanzas, y con respecto a la seguridad en la interacción de los flujos vehiculares con los peatonales, y la comodidad y la seguridad en la circulación.

Los **valores** que destacan de la investigación son:

- Económico: Al analizar los flujos peatonales y vehiculares, así como las características que distinguen su correcto funcionamiento y planeamiento vial, se

logrará mejorar la movilidad y accesibilidad, por tanto se aminorará el congestionamiento en la infraestructura vial, la incomodidad de circulación y las demoras innecesarias, a la vez que se aumente la seguridad de circulación por la zona. Además, se espera una disminución en consumo de combustible.

- **Social:** la población residente en el área se beneficiará, puesto que los desplazamientos a efectuar, ofrecen evidentes ventajas en relación a la calidad del aire, el ruido, el consumo de recursos renovables. Existirá una correcta refuncionalización de las vías en cuanto a distribución de viajes y recorridos, que aumentará el confort y seguridad de circulación vehicular y peatonal.
- **Práctico:** Los organismos implicados en la renovación y restauración de la ciudad de Matanzas contarán con una herramienta que les permitirá tomar medidas en pos de la realización de tareas encausadas al logro de un mejoramiento de la infraestructura vial. A partir de los estudios, se podrán obtener parámetros que optimicen los recorridos y mejoren la accesibilidad y su movilidad- accesibilidad interna.
- **Metodológico:** La investigación define un proceder para la gestión de la infraestructura vial, particularizando en lograr mejorar la movilidad y accesibilidad. Esto puede constituir una herramienta a emplear por las autoridades pertinentes a los efectos en otras vías y ciudades de configuración similar a Matanzas, que presenten rasgos parecidos en el desarrollo de la vialidad y la actividad comercial. Este proceder puede ser empleado en universidades como base para nuevas investigaciones.

El Trabajo de Diploma se estructura de la siguiente forma:

- **Resumen / Abstract.**
- **Índice.**
- **Introducción.**

En ella se define la Situación Problemática y se formula el protocolo de la investigación, en el cual se precisan el problema científico, objetivo general, los objetivos específicos y la hipótesis, así como los métodos utilizados en la investigación.

- **Capítulo I: Estado del arte y la práctica**

Relacionado con la gestión de la infraestructura vial contextualizado en la red principal de vías urbanas y la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas en Matanzas; tanto a nivel internacional como nacional.

Mediante la conceptualización de referentes teóricos afines al tema de la investigación, se realiza una panorámica del estado del arte y la práctica actual del objeto de estudio, sus antecedentes y evolución. Se explica además la influencia sobre el caso en cuestión de los estudios de Ingeniería de Tránsito, lo que permite dar una descripción del desenvolvimiento del tráfico peatonal y vehicular en las infraestructuras que forman parte de la trama urbana de la ciudad de Matanzas, así como su relación con la Calzada General Betancourt en general y los parámetros normativos a revisar.

De esta forma, se analiza la necesidad de reordenamiento de los flujos para mejorar las condiciones de circulación en el área, las demandas que debe solventar y las disponibilidades reales de oferta para hacerlo.

- **Capítulo II: Materiales y métodos.**

Se estructura la implementación o realización de los estudios de movilidad y accesibilidad de la infraestructura vial urbana principal; y posteriormente describir y explicar la problemática de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, a partir de las etapas que resultan de la revisión bibliográfica, exponiendo los métodos para obtener la información que refleja la realidad del fenómeno en estudio y su procesamiento. Se definen indicadores básicos para el control de gestión de la infraestructura vial, los cuales definen los valores que aseguran tener bajo control los parámetros que la caracterizan en la zona de estudio.

- **Capítulo III: Análisis de los resultados.**

Se implementa el análisis de los resultados de los estudios para caracterizar sus causas y factores fundamentales, y contribuir al planeamiento de la red vial principal, teniendo como resultado final las propuestas de acciones y soluciones necesarias para revertir la creciente problemática de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita hasta Peñas Altas, siguiendo la estructura propuesta en el capítulo anterior, dando como resultado un reflejo puntual del fenómeno en estudio, cuya documentación servirá como punto de partida en la construcción de las soluciones y acciones propuestas necesarias para revertir la creciente problemática de la Calzada General Betancourt en su segmento La Panchita.

- **Conclusiones.**
- **Recomendaciones.**
- **Bibliografía.**
- **Anexos.**

## CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Al inicio de cada capítulo se incluirá un breve resumen de no más de 150 palabras, describiendo el objetivo del mismo.

### 1.1 Infraestructura vial

La densificación de las ciudades, el aumento del parque automotriz y de la población, hacen que el estudio de los proyectos de infraestructura vial urbana sean desafíos permanentes. El objetivo de mejorar la conectividad a través del fortalecimiento de ejes principales de las ciudades, con estándares de calidad que garanticen seguridad, economía, confort y fluidez en las rutas, busca mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y una mayor eficacia de la movilidad y accesibilidad (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2015).

La inadecuada capacidad vial existente en una infraestructura insuficiente para trasladar el tránsito actual y futuro da como resultados la congestión, la accidentalidad, el deterioro de la economía de la ciudad, el aumento del impacto ambiental (Archivos de Proyectos del Banco Mundial, 2000)

#### 1.1.1 Planeamiento Vial Urbano. Redes viales urbanas

La **red vial** está constituida por aquellos espacios de la ciudad denominados “vías públicas” dedicados a la circulación de personas, vehículos, al estacionamiento de estos últimos, así como a sus elementos funcionales (fajas de servidumbre).(Rolón, 2006, Vassallo Magro and Izquierdo de Bartolomé, 2010)

Según ((DPPF), 2011) el planeamiento es una serie de medidas para prever y organizar acciones con carácter anticipado y ordenado en función de un objetivo específico. La acción de planear también se lleva a cabo con la confección acreditada de los planes de desarrollo de los distintos organismos y de toda la economía de una ciudad para cierto período de tiempo.

El planeamiento de redes viales urbanas según (Ramírez Díaz, 2006, Castro Perdomo, 2015) es el conjunto de acciones y decisiones que toman instituciones autorizadas con carácter anticipado y ordenado que rigen la evolución del sistema de transportaciones; con el fin de prever la vialidad necesaria para satisfacer los requerimientos económicos, sociales y de la defensa de un territorio (urbano o rural) y por tanto la preservación del terreno destinado al desarrollo de la infraestructura viaria; estableciendo líneas de trabajo, requisitos según el papel de cada enlace en el sistema, planificando la evolución en el tiempo de esta y por ende de los recursos necesarios en función de la problemática actual y futura, repercutiendo en la vida socioeconómica y política de la ciudad, con el objetivo de mejorar el bienestar de la sociedad en general. Estas acciones y decisiones tienen como restricción las posibilidades financieras materiales del país o región.

### **1.1.2 Plan General de Ordenamiento Territorial**

Los sistemas viarios tienen como función garantizar la movilidad y accesibilidad de los flujos de tráfico generados entre los distintos componentes y sectores de una ciudad, garantizando las interconexiones necesarias; por lo que los sistemas viales tienen que estar estructurados en una compleja red con distintas funciones que se complementan entre sí y que respondan a las necesidades presentes y futuras de la ciudad, todo lo cual debe ser fundamentado mediante complejos estudios de ingeniería de tránsito e ingeniería vial..

En Cuba el Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU) constituye el instrumento rector de la actividad gubernamental del municipio y la ciudad, conformado por un conjunto de disposiciones que regulan la transformación del territorio y la programación de las acciones para su implementación, como resultado del análisis de la situación actual, en un Diagnóstico Integrado del Territorio ((DPPF), 2011).

Por tanto cualquier estudio o análisis de la infraestructura vial de una ciudad debe partir del PGOTU como premisa fundamental.

### **1.1.3 Clasificación funcional y categorización técnica de vías urbanas según Normativas cubanas e internacionales.**

La red vial urbana debe clasificarse en clases o sistemas de acuerdo al servicio que se espera que presten, de tal manera que se puedan fijar las funciones específicas y el papel de las diferentes arterias y calles para atender las necesidades de movilidad de las personas, los servicios y mercancías de una manera rápida, confortable y segura; acorde a las necesidades de movilidad y accesibilidad a las distintas propiedades o usos del área colindante (Cal y Mayor Reyes Spíndola and Cárdenas Grisales, 2010a).

La *clasificación funcional* es clave para el proceso de planeación de los sistemas de transporte y por ende de su infraestructura, contribuyendo a la solución de los más diversos problemas. Define parámetros funcionales que describen sus características más notables.

La *clasificación técnica* determina los requisitos técnicos del diseño, ya que estos responden a la clasificación funcional y a la vez estos requisitos caracterizan geoméricamente las vías.

De acuerdo con su relación con la movilidad (Rolón, 2006), distingue las siguientes clases de vías:

**I. *Red vial principal:*** aquella que por su condición funcional, sus características de diseño, su intensidad circulatoria o sus actividades asociadas sirve para posibilitar la movilidad y accesibilidad. Con Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) aproximadamente de 4.000 veh/día o mas (Rolón, 2006) . Se consideran los siguientes tipos:

- Red vial de Autopistas y Semiautopistas
- Red vial Multicarril
- Red vial Primaria Municipal

**II. Red vial secundaria:** aquella que tiene un carácter marcadamente local. Está compuesta por el resto de los elementos viales y su función primordial es el acceso a los usos situados en sus márgenes. Con Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) aproximadamente de 2.000 veh/día o menor (Rolón, 2006). Se consideran los siguientes tipos:

- Vías locales colectoras
- Vías locales de acceso

En el texto clásico en América Latina para la enseñanza de esta especialidad “Ingeniería de Transito. Principios y fundamentos” Cap.6, pag.108 (Cal y Mayor Reyes Spíndola and Cárdenas Grisales, 2010a), establece la siguiente clasificación funcional:

#### Autopistas y vías rápidas

Son las que facilitan el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas a través o alrededor de la ciudad o área urbana. Son divididas, con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos, en tanto que una vía rápida puede o no tener algunas intersecciones a desnivel, pero puede ser la etapa anterior de una autopista.

#### Calles principales

Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores de principales de tránsito, y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas. Con frecuencia son divididas y pueden tener control parcial de sus accesos. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que mueve el tránsito en toda la ciudad, en todas direcciones.

#### Calles colectoras

Son las que ligan las calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.

## Calles locales

Proporcionan acceso directo a las propiedades, sean estas residenciales, comerciales, industriales o de algún otro uso; además de facilitar el tránsito local. Se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales.

La clasificación técnica oficial de México que según expresa (Cal y Mayor Reyes Spíndola and Cárdenas Grisales, 2010a), permite distinguir de forma precisa la categoría física de la vía tomando en cuenta los volúmenes de tránsito para el horizonte de proyecto y las especificaciones geométricas, es la siguiente:

Tipo A4----para un TPDA de 5000 a 20000 vehículos

Tipo A2----para un TPDA de 3000 a 5000 vehículos

Tipo B-----para un TPDA de 1500 a 3000 vehículos

Tipo C-----para un TPDA de 500 a 1500 vehículos

Tipo D-----para un TPDA de 100 a 500 vehículos

Tipo E-----para un TPDA de hasta 100 vehículos

Según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2009) las principales características de los diferentes tipos de vías urbanas son:

### **a. Vía expresa:**

Su rol principal es establecer las relaciones intercomunales entre las diferentes áreas urbanas a nivel regional. Sus calzadas permiten desplazamientos a grandes distancias, con una recomendable continuidad funcional en una distancia mayor de 8 Km. Velocidad de Diseño entre 80 y 100 Km/h. Tiene muy alta capacidad de desplazamiento de flujos vehiculares, en ambos sentidos. Flujo predominante de automóviles, con presencia de locomoción colectiva y vehículos de carga. Prohibición de circulación para vehículos de

tracción animal y humana. Sus cruces con otras vías o con circulaciones peatonales preferentemente deberán ser a distintos niveles. Paradas de buses sólo en lugares especialmente diseñados y habilitados. Prohibición absoluta y permanente del estacionamiento y la detención de cualquier tipo de vehículo, sobre la calzada de circulación.

#### **b. Vía troncal:**

Su rol principal es establecer la conexión entre las diferentes zonas urbanas de una intercomunal. Sus calzadas permiten desplazamientos a grandes distancias, con una recomendable continuidad funcional en una distancia mayor de 6 Km. Velocidad de Diseño entre 50 y 80 Km/h. Tiene alta capacidad de desplazamiento de flujos vehiculares, considerando ambos sentidos. Flujo predominantemente de locomoción colectiva y automóviles, con prohibición para vehículos de tracción animal y humana. Sus cruces con otras vías o circulaciones peatonales pueden ser a cualquier nivel, manteniéndose la preferencia de esta vía sobre las demás, salvo que se trate de cruces con vías expresas. Prohibición absoluta y permanente del estacionamiento y la detención de cualquier tipo de vehículo en su calzada. Deberán existir aceras a ambos costados, cada una de ellas de 3,5 m de ancho mínimo, en su condición más desfavorable.

#### **c. Vía colectora:**

Su rol principal es de corredor de distribución entre la residencia y los centros de empleo y de servicios. Sus calzadas atienden desplazamientos a distancia media, con una recomendable continuidad funcional en una distancia mayor de 3 Km. Velocidad de Diseño entre 40 y 50 Km/h. Tiene capacidad media-alta de desplazamiento de flujos vehiculares, considerando ambos sentidos. Flujo predominante de automóviles. Restricciones para vehículos de tracción animal. Sus cruces con otras vías o circulaciones peatonales pueden ser a cualquier nivel, manteniéndose la preferencia de esta vía sobre las demás, salvo que se trate de cruces con vías expresas o troncales. No hay limitación para establecer el distanciamiento entre sus cruces con otras vías. Puede prohibirse el estacionamiento de cualquier tipo de vehículos en ella. Deberán existir aceras a ambos costados, cada una de ellas de 3 m de ancho mínimo.

#### **d. Vía de servicio:**

Vía central de centros o subcentros urbanos que tienen como rol permitir la accesibilidad a los servicios y al comercio emplazado en sus márgenes. Su calzada atiende desplazamientos a distancia media, con una recomendable continuidad funcional en una distancia mayor de 1 Km. Velocidad de Diseño entre 30 y 40 Km/h. Tiene capacidad media de desplazamiento de flujos vehiculares, considerando toda su calzada. Flujo predominante de locomoción colectiva. Restricción para vehículos de tracción animal. Sus cruces pueden ser a cualquier nivel, manteniéndose la preferencia de esta vía sólo respecto a las vías locales y pasajes, los cuales podrán ser controlados. No hay limitación para establecer el distanciamiento entre sus cruces con otras vías. La separación entre paraderos de locomoción colectiva preferentemente será mayor de 300 m. Permite estacionamiento de vehículos, para lo cual deberá contar con banda especial, la que tendrá un ancho consistente con la disposición de los vehículos que se adopte. Deberán existir aceras a ambos costados, cada una de ellas de 2,5 m de ancho mínimo, en su condición más desfavorable.

#### **e. Vía local:**

Su rol es establecer las relaciones entre las vías troncales, colectoras y de servicios y de acceso a la vivienda. Su calzada atiende desplazamientos a cortas distancias. Ausencia de continuidad funcional para servicios de transporte. Velocidad de Diseño entre 20 y 30 Km/h. Tiene capacidad media o baja de desplazamientos de flujos vehiculares. Sus cruces pueden ser a cualquier nivel, manteniéndose la preferencia de esta vía sólo respecto a los pasajes. No hay limitación para establecer el distanciamiento entre sus cruces con otras vías. Presenta alto grado de accesibilidad con su entorno. Permite estacionamiento de vehículos en su calzada. Deberán existir aceras a ambos costados, cada una de ellas de 2 m de ancho mínimo.

En Cuba las vías urbanas se clasifican funcionalmente según la NC 53-80-1987 en:

#### **Sistema superior:**

Vías expresas

Arterias principales

**Sistema inmediato inferior:**

Calles Arteriales menores

Calles Colectoras

Calles Locales

Como se observa estas tres últimas clasificaciones tienen muchos elementos en común, pues parten de las normativas norteamericanas de la AASHTO y se adecúan según sus Comités Técnicos Nacionales a las características y necesidades propias de cada país.

En el caso de Cuba no existe aprobada una norma de categorización técnica de vías urbanas.

Según la NC 53-80-1987 para aplicar esta clasificación, será necesario utilizar los estudios de los esquemas del Plan Director del núcleo urbano que contengan la siguiente información:

- *Datos de la población*
- *Determinación de los límites urbanos*
- *Estructura de zonificación del área urbana*
- *Localización de las instalaciones principales y de atracción de tránsito de la ciudad*
- *Las nuevas rutas propuestas*
- *Planos de flujogramas que muestren la relación del volumen de densidad del tránsito con la capacidad de la vía*

## **1.2 Estudios de infraestructura vial. Oferta Vial urbana.**

### **1.2.1 Parámetros que caracterizan a las vías urbanas.**

La evolución y desarrollo de las vías urbanas debido al progreso de las sociedades y los avances tecnológicos exige que la concepción y operación de los trazados tanto en planta como en perfil se adecue al parque vehicular de última generación, los que al ser más potentes y veloces, con mayor maniobrabilidad, requieren de vialidades que proporcionen una calidad de servicio superior, acorde a sus características, o sea vías urbanas más seguras, funcionales y cómodas o confortables; siendo este el objetivo perseguido por las imperiosas necesidades de actualización de los Planes Directores de cada ciudad periódicamente.

Los parámetros fundamentales que la mayoría de las normativas internacionales y también por supuesto la cubana contemplan para describir y fijar sus características geométricas del trazado son:

**Tipo de terreno:** Es un aspecto que define bajo cuales condiciones orográficas favorables o adversas se desarrollará el trazado de esa vía y por tanto tiene una influencia muy importante en los requisitos de su diseño. Pueden ser llanos, ondulados y montañosos.

**Velocidad de diseño:** Identifica la máxima velocidad segura que se puede circular en una vía bajo las condiciones normales imperantes de la propia vía, el tránsito y los dispositivos de control. Está condicionada para tipo de terreno.

**PAIDT o TPDA:** Representa el rango de volúmenes de tráfico diario promedio en el año para el horizonte de proyecto en que la vía puede operar.

**Ancho de carril:** Describe la dimensión transversal que tendrán los carriles de la vía para cada categoría y tipo de terreno.

**Ancho de calzada:** Describe la dimensión transversal que tendrán las calzadas que componen la vía, según el número de carriles que dispongan, para cada categoría y tipo de terreno.

**Ancho de paseos:** Algunas vías urbanas o suburbanas disponen de este espacio para el parqueo momentáneo de vehículos por diversas causas. También se le conoce como bermas

**Ancho de separador:** Muchas vías urbanas del sistema principal o superior contemplan en sus diseños de separadores para contribuir a mejorar la movilidad y la seguridad vial.

**Ancho de corona:** Es la dimensión total de la sección transversal de una vía urbana

Existen otros parámetros también importantes, que inciden en el diseño técnico de las vías, como son:

Grado de curvatura máxima horizontal, Radio de curvatura mínimo, inclinación máxima de la rasante, peralto, superelevación, galibo vertical, galibo dinámico, Kv mínimo deseable de curvas verticales, Vehículo de diseño, distancias de visibilidad seguras de parada o frenado, de vehículo contrario y de adelantamiento, etc.

Además para las vías urbanas en algunas normativas describen otros parámetros a tener en cuenta como son:

Aceras, parterres, fajas de servidumbres o de servicio laterales, espacios de estacionamientos en la vía pública, etc.

Todos estos aspectos definen las Secciones Típicas que uniforman bajo los requisitos técnicos de las normativas las vías por sistemas y categorías.

### **1.2.2 Inventarios viales para estimar la Oferta vial**

Según (Ministerio de Transporte, 2014) es importante la identificación de las condiciones geométricas y el estado o condición de una vía o conjunto de vías, puesto que de ellas dependen el tipo de intervención a realizar y su costo de construcción o reconstrucción y mantenimiento, así como también los costos de operación vehicular, diagnosticar la funcionalidad que puede esta brindar o determinar la Oferta Vial. Es por demás sustancial resaltar la influencia directa que existe entre unos y otros, es decir, las condiciones de la vía y los costos de operación vehicular.

De acuerdo a (Fundora Ayuso, 2014) todo sistema de gestión requiere de datos del inventario vial, al menos de forma rudimentaria. Estos contienen toda información acerca de: la extensión de la red vial o la vía, estación de inicio y final, tipos de pavimentos, su geometría horizontal y vertical, datos de la operacionalidad – funcionalidad (intensidades medias anuales de tráfico, velocidades de diseño y de operación, etc.), cruces FFCC, intersecciones a nivel y desnivel, obras de fábricas mayores y menores, datos de localización y situacionales, datos de los dispositivos de control, accidentalidad, condiciones ambientales, etcétera.

Los pasos básicos en un inventario vial incluyen la selección de los datos necesarios que serán comprendidos por la definición y referencia de las secciones de control, geometría, estructura del pavimento, condiciones ambientales y drenaje, costos y tráfico.

El equipamiento que se utiliza para la recopilación de información en carreteras según (Fundora Ayuso, 2014) puede dividirse en cinco grupos principales, de acuerdo con las características que pretendan evaluarse, como son equipamientos para medir: localización, geometría, servicialidad, seguridad y capacidad estructural. Cada grupo se puede subdividir a su vez, en tipos de equipos de acuerdo con la exactitud que posean, forma de trabajo y el tipo de información a recopilar. En dependencia de las posibilidades de las entidades asociadas a la gestión y conservación de las carreteras, así será la tecnología empleada para registrar los datos de interés, la que puede ir desde equipos elementales, de bajo rendimiento, hasta aquellos más modernos y de alto rendimiento.

La descripción de la red vial es de carácter cualitativo y cuantitativo, por lo que la información según (Ministerio de Transporte, 2014) se resume en tablas, gráficos, mapas, etc. describiendo las vías por categoría, superficie de rodadura, longitud en km, áreas de desarrollo, centros o distritos poblados que articula, etc. Es fundamental el proceso de recolección de la información y el procesamiento por cuanto la misma repercutirá como soporte del diagnóstico que se elabore, donde el señalamiento de las dificultades y limitaciones darán base para la estructuración de las medidas y acciones correctoras a implementar.

### **1.2.3 Oferta vial: Estudios de Capacidad vial y niveles de servicio en vías urbanas**

La definición más simple de capacidad de un elemento vial según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2009, Cal y Mayor Reyes Spíndola and Cárdenas Grisales, 2010b, NC 53-118, 1984) es la máxima cantidad de vehículos o personas que puede pasar por unidad de tiempo por una o más secciones de un elemento de infraestructura vial bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del elemento. Este máximo no puede ser superado si no se modifican dichas condiciones prevalecientes.

Los niveles de servicio se definen como la interpretación de las condiciones de operación en que el flujo de tráfico funciona, suponen una descripción subjetiva de las características generales del flujo (libre, estable, inestable y forzado) y de las demoras, también una definición de ciertas variables de tránsito.

Los estudios de capacidad vial y niveles de servicio se basan en múltiples criterios, de ahí los diversos métodos normativos creados a nivel internacional. Se acostumbra generalmente a diferenciarlos en vías con tráfico continuo o tráfico ininterrumpido y en vías con flujos interrumpido o discontinuo. Los más reconocidos son los norteamericanos, que han sido adoptados por la mayor parte de los países y adaptados a sus condiciones.

Su realización es necesaria ante la actuación de diferentes factores como los que presenta la ciudad, entre los que se distinguen la generación de viajes durante la hora de máxima demanda o durante el día, los problemas de congestión, las condiciones prevalecientes del tránsito y de las vías; siempre teniendo en cuenta que para acometer estos estudios es necesario conocer las características geométricas de la vía, así como los parámetros funcionales del tránsito.

Capacidad en vías con tráfico continuo o tráfico ininterrumpido.

El procedimiento a realizar será a través de la (NC 53-118, 1984), que representa aproximadamente las características propias de la zona de estudio por ser para el análisis de vías con flujo ininterrumpido.

Capacidad real en vías de múltiples carriles según (NC 53-118, 1984)

$$C = 2000 N W_c * T_c * B_c$$

Donde:

C: Capacidad real (vehículos por hora) en un sentido de circulación.

N: número de carriles para un sentido de circulación.

W<sub>c</sub>: Factor de corrección que toma en cuenta de anchura de carril y distancia a obstáculos laterales, (Ver Tabla 7, Anexo C de (NC 53-118, 1984)). Anexo 1

T<sub>c</sub>: Factor de corrección que toma en cuenta el por ciento de camiones en la corriente de vehículos, obtenido por medio de:

$$T_c = \frac{100}{(100 - P_t + E_t * P_t)}$$

Donde:

P<sub>t</sub>: Por ciento de camiones.

E<sub>t</sub>: Carros equivalentes de pasajeros para camiones, según se analice la vía en toda su longitud o en una pequeña sección de ella, (Ver Tablas 8 y 9, Anexo C de (NC 53-118, 1984)). Anexo 2

B<sub>c</sub>: Factor de corrección que toma en cuenta el porcentaje de ómnibus en la corriente de vehículos, obtenido por medio de:

$$B_c = \frac{100}{(100 - P_b + E_b * P_b)}$$

Donde:

P<sub>b</sub>: Por ciento de ómnibus.

E<sub>b</sub>: Carros equivalentes de pasajeros para ómnibus, según se analice la vía en toda su longitud o en una pequeña sección de ella, (Ver Tablas 8 y 10, Anexo C de (NC 53-118, 1984)). Anexo 3

Volúmenes de servicio en vías múltiples carriles según la (NC 53-118, 1984):

$$VS = 2000 N V/C * W1 * T1 * B1 \quad (2.4)$$

Donde:

VS: Volumen de servicio del nivel que se quiere brindar Km/h total para un sentido.

N: número de carriles en una dirección.

V/C: Relación volumen-capacidad real, (Ver Tabla 6, Anexo C de (NC 53-118, 1984)).

Anexo 4

Capacidad real y Volúmenes de servicio en vías con flujos interrumpido o discontinuo (NC 53-118, 1984). Método de cálculo de capacidades en intersecciones semafórizadas.

El máximo volumen de tráfico que puede ser atendido por una vía urbana está frecuentemente limitado a aquél que pueda fluir por una intersección aislada, si esta existe en el tramo de vía a analizar e interrumpe la marcha de la corriente vehicular, frecuentemente por la existencia de un dispositivo de control que regula el derecho de paso. El análisis de la capacidad de tramos de vías que incluyen intersecciones se realiza básicamente en dos etapas: Identificación de intersecciones cuello de botella y cálculo de sus capacidades y la determinación de la capacidad del tramo en conjunto.

Si se desea afinar el cálculo de la capacidad de una intersección, más allá de lo que arrojan los ábacos, se puede recurrir a numerosos métodos. Generalmente se aceptan los criterios contenidos en el Highway Capacity Manual 1965, USA. Existe también modelos computacionales que simulan el funcionamiento de intersecciones señalizadas con PARE o con CEDA EL PASO, pero por lo general estos casos no suelen ser los que condicionan la oferta si los criterios empleados para decidir tales controles son acertados.

En Cuba un estudio de volumen de servicio en vía urbana con intersección con semáforo utiliza el método propuesto en la (NC 53-148, 1985) que se corresponde con el Highway Capacity Manual 1965, USA (Buró de Investigación de carreteras, reporte especial 87, Manual de capacidad de carretera, USA, 1965 y Buro de Buró de Investigación de

carreteras, capacidad vial y calidad de servicio, USA, 1965) y en Cal y Mayor, Rafael, Ingeniería de Transito, México, 1974.

Para ello el cálculo de la Capacidad o el Volumen de Servicio se realiza a través de la siguiente expresión:

$$VS = Z * F1 * F2 * F3 * F4 * F5 * F6 * \frac{V}{C} \quad (2.5)$$

Donde:

VS: volumen de servicio

Z: vehículos por hora de luz verde. Este valor se obtiene con la anchura del acceso y el nivel de servicio fijado, el cual responde a un factor de carga dado.

F1: factor de ajuste que toma en cuenta el factor de hora pico y el tamaño de la población.

F2: factor que toma en cuenta la zona donde está ubicada la parada.

F3: factor que toma en cuenta el porcentaje de los camiones y ómnibus que no realizan parada en el acceso analizado.

F4: factor que toma en cuenta el porcentaje de los giros a la derecha.

F5: factor que toma en cuenta el porcentaje de los giros a la izquierda.

F6: factor que toma en cuenta el efecto de los ómnibus que realizan paradas en el acceso analizado.

V: tiempo de verde del acceso analizado.

C: duración del ciclo semafórico.

Nota: se utilizará el tiempo de verde de 60 segundos y la duración del ciclo semafórico de 60 segundos para igualar a las condiciones reales existentes en nuestras vías sin semáforo.

También el método permite definir el nivel de servicio que presta la intersección semaforizada calculando el F.C. (factor de Carga) y entrando a la tabla No 1 del Anexo A de la NC, anexo 5 donde:

Nivel de Servicio	Descripción del flujo	Factor de carga
A	Flujo Libre	0,0
B	Flujo Estable	< 0.1
C	Flujo Estable	< 0.3
D	Se aproxima al flujo inestable	< 0.7
E	Flujo inestable	< 1.0
F	Flujo Forzado	no aplicable

Otro método según el (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2009) los niveles de servicio en cuestión son los siguientes:

Nivel A: Velocidad promedio de 48 Km/h o más.

Nivel B: Velocidad promedio disminuye a 40 Km/h o más, debido a demoras razonables en intersecciones.

Nivel C: Velocidad promedio de aproximadamente 32 Km/h.

Nivel D: Velocidad promedio se reduce a 24 Km/h. El flujo se acerca a la inestabilidad.

Nivel E: Velocidad promedio variable, pero del orden de los 24 Km/h. Flujo inestable. Se forman colas en los accesos a las intersecciones.

Nivel F: Flujo forzado con velocidades promedio bajo 24 Km/h. Todas las intersecciones congestionadas y colas que se extienden incluso hasta la intersección semaforizada anterior.

## **1.3 Otros Estudios de infraestructura vial urbana**

### **1.3.1 Paradas de ómnibus de servicios públicos**

La existencia de paradas de ómnibus en la red vial es un elemento que influye negativamente en la movilidad de la infraestructura. Mientras más frecuentes sean estas (menos de 500m entre sí) mayores interacciones vehiculares generan los ómnibus del servicio público por sus detenciones e incorporaciones al carril derecho de las vías; si además estas no poseen bolsillos de resguardo o bahías de paradas fuera de la vía, con o sin carriles de desaceleración y aceleración su influencia negativa es mayor. No se han realizado estudios que permitan obtener factores de corrección a la capacidad y volúmenes de servicio por la existencia de este elemento en la infraestructura vial.

### **1.3.2 Estado del pavimento**

La evaluación del estado de conservación del pavimento es un aspecto que debe considerarse al evaluar la capacidad vial y los niveles de servicio que puede brindar una vía urbana por la influencia que puede tener sobre la movilidad. Debe evaluarse por cualquiera de los métodos reconocidos nacional e internacionalmente, generalmente mediante inspección visual.

### **1.3.3 Aceras y parterres**

La infraestructura peatonal tiene influencia sobre las corrientes vehiculares y por tanto las capacidades de las vías y sus niveles de servicio. En Vías de Primer Nivel o Sistema Superior la infraestructura peatonal facilita el movimiento de personas alejadas del borde del pavimento, con anchos suficientes para que no tengan estos que invadir los carriles de circulación. Generalmente en estos casos se acompañan de parterres que están colocados entre las aceras y los carriles de circulación. De no cumplirse los requisitos de la infraestructura peatonal, deben considerarse las filas de peatones como obstáculos en el cálculo de la capacidad y niveles de servicio.

#### **1.3.4 Dispositivos de control. (Semáforos y señalización)**

Como hemos mencionado anteriormente en el cálculo de vías con flujo interrumpido o discontinuo la existencia de dispositivos de control del tránsito que regulan el derecho de paso (semáforo, señal de ceda el Paso o Pare) tienen una influencia en la capacidad y niveles de servicio de las intersecciones y por tanto de las vías urbanas. Generalmente se dividen las vías en sectores de trazados rectos entre ellos para el análisis de la capacidad de estos y se estudia aparte la capacidad de las intersecciones, realizándose un análisis global de toda la vía con posterioridad. El resto de los dispositivos de control que cumplen otras funciones como: regulación, obligación, prohibición información, etc. de presentar deficiencias en su colocación o estar mal justificados técnicamente o inexistentes, afectan negativamente sobre la movilidad y accesibilidad. En todo caso son de las medidas y acciones más fáciles de aplicar y por tanto deben eliminarse de existir estos casos.

#### **1.3.5 Redes técnicas. (Drenaje pluvial, alumbrado público, transmisión eléctrica, transmisión telefónica, conductoras de agua, alcantarillado, cable coaxial, Fibra óptica, etc.)**

Cada una de estos componentes de la infraestructura técnica ingeniera de las ciudades, que necesariamente utilizan la mayoría de las veces las redes viales para su emplazamiento y desarrollo dentro de la trama urbana, tienen que cumplir con las normativas vigentes y estar en estado óptimo de funcionamiento. El diagnóstico de cada una de ellas posibilita identificar cuales elementos de estos presentan desviaciones técnicas y funcionales que afectan la movilidad de las vías y deben ser corregidas en un plazo adecuado. La afectación más generalizada corresponde a los sistemas de drenajes pluviales que por inexistentes u obstruccionados por falta de mantenimiento acarrear la inundación de carriles o calzadas completas en épocas de lluvias frecuentes e intensas, dificultando la circulación vehicular.

### **1.3.6 Estacionamientos sobre la vía pública**

El estacionamiento en la vía pública de por sí ocasiona la invalidez de un carril de circulación por ese uso, además de incrementar la fricción de la corriente vehicular con la fila de vehículos detenidos, los que aminoran su velocidad buscando un espacio para estacionar y las propias maniobras de parqueo o los que se incorporan a la circulación desde el estacionamiento. La capacidad vial calculada es ajustada mediante un coeficiente de corrección por esta causa.

### **1.3.7 Centros generadores de viajes**

Otro elemento de importancia en el análisis de la movilidad y accesibilidad de las vías son los centros generadores de tráfico, entre estos: centros recreativos, complejos de tiendas, garajes o servicentros, restaurantes, y otros más. Su influencia radica en la intensidad de maniobras que inducen sobre la vía en sus accesos los vehículos que entran y salen de estos centros. Estos casos deben analizarse desde la capacidad de intersecciones.

## **1.4 Accesibilidad y Movilidad. Relación Demanda de Movilidad- Accesibilidad y Oferta Vial**

### **1.4.1 Elementos que inciden en la accesibilidad y movilidad**

En este tema de “la ciudad accesible”, eminentemente político, se recoge con claro sentido humanista la idea de la ciudad como espacio para la convivencia, con unos equipamientos y servicios al alcance de todos. Así, ‘accesibilidad’, como ‘habitabilidad’, pueden convertirse en paradigmas del urbanismo: la ciudad fundamentalmente debe ser habitable, es decir, ha de contar con un ambiente favorable para una vida humana justa, en la consecución de la equidad social y el desarrollo sostenible, de forma que el acceso a los espacios y los servicios no sea discriminatorio. Algunos incluso han introducido el concepto del “derecho a la movilidad” (Vasconcellos, 2010).

Ha existido por largo tiempo una marcada relación entre movilidad y actividades, siendo muchas veces estas últimas las que condicionan a la primera. Este enfoque es más bien de

tipo funcionalista, ya que la movilidad es considerada como aquello que permite realizar un programa de actividades. Sin embargo, es evidente que existen otros factores: los valores, la cultura, el turismo, la recreación, el gusto por las salidas, las actitudes, la constitución de la ciudad misma, la oferta y la calidad del transporte, etc. que van a ir necesariamente modificando y determinando la movilidad de los individuos. Otros factores sociales como: la edad, sexo, así mismo el lugar de residencia, el nivel socio económico, la posición dentro del núcleo familiar, etc. van también a influir en el tipo, cantidad y calidad de los desplazamientos y por qué no, en la percepción que los individuos tendrán de estos.

Finalmente creemos que es posible comprender la movilidad como una problemática amplia, al entenderla como manifestación de la identidad social de los individuos, como condición de los modos de vida diversos. El acceso o la dificultad de experimentar los distintos territorios de la ciudad, nos permite comprender la movilidad atendiendo no solo a los factores que la condicionan, sino que a los espacios sociales y a los actores que la componen.(Corvalán, 2008)

La Movilidad y la Accesibilidad no dependen únicamente de sistemas de transportes adecuados a las demandas heterogéneas. También dependen de la diversidad y de la distribución de centralidades, de la calidad urbana y de las ofertas de servicios de las zonas menos atractivas, de la existencia en ellas de algunos elementos que les proporcionan personalidad e interés.(Borja, 2000)

En efecto, la Movilidad no es sino la suma de los desplazamientos. Pero en el concepto de Movilidad, los transportes son el objeto, no el sujeto, que es la ciudadanía. De ahí la importancia de las características de las personas que se mueven: edad, género, nivel de renta, calidad de vida, etc... así como de sus motivos, recorridos y modos. Los desplazamientos, como aspecto del funcionamiento urbano y de la calidad de vida, responden a sujetos con caracteres propios, que se mueven por distintos motivos, mediante recorridos diversos, con unos costes desiguales. Todo ello sin obviar que las condiciones de uso de los medios de transporte caracterizan los espacios urbanos.

El Libro Verde «Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana» expresa que: el reto supuesto por el desarrollo sostenible en las zonas urbanas es inmenso: reconciliar el desarrollo económico de las ciudades y su accesibilidad, por una parte, con la mejora de la calidad de vida y la protección del medio ambiente, por otra. Ante estas cuestiones con repercusiones numerosas y variadas, un esfuerzo común permitirá fomentar la búsqueda de soluciones innovadoras y ambiciosas en materia de transporte urbano con vistas a unas ciudades menos contaminantes y más accesibles y en las que la circulación sea más fluida. Debemos estudiar juntos cómo conseguir una mejor movilidad urbana y suburbana, una movilidad sostenible y en beneficio de todos los ciudadanos, facilitando al mismo tiempo que los agentes económicos desempeñen su papel en nuestras ciudades(SANZ, 2008).

#### **1.4.2 Demanda de movilidad-accesibilidad**

Para el término accesibilidad se ofrecen según la (NC 391-1, 2010) las definiciones siguientes:

- ✓ Una característica del entorno construido cuya cualidad es dependiente de la utilización de los medios de acceso a, dentro de, adentro o saliendo desde el mismo y que puede ser determinada por las mediciones u otros medios acordados. (Según 2do Anteproyecto ISO/DIS 21542)
- ✓ Calidad del medio físico cuyas condiciones facilitan acceso, desplazamiento y utilización del mismo de manera autónoma por todas las personas o grupo de personas con independencia de sus capacidades motoras, sensoriales o mentales; garantizando salud, bienestar y seguridad durante el curso de las tareas que realiza en dicho medio físico. (Según NC 391-1:2004)
- ✓ La accesibilidad (en forma genérica) es la condición que cumple un ambiente, objeto o instrumento para que pueda ser utilizado por todas las personas en forma segura y de la manera más equitativa, autónoma y cómoda posible. (Según Guía operativa de accesibilidad para proyectos de desarrollo urbano del BID)

La Movilidad según la (NC 391-1, 2010) es “capacidad de desplazamiento en el medio que rodea al individuo; resulta imprescindible para tener autonomía siendo un componente esencial en el hombre; es un indicador del nivel de salud y calidad de vida y determina su grado de independencia; depende de la interacción entre factores propios de cada individuo, como las habilidades y destrezas motoras, la capacidad cognoscitiva y sensorial, el grado de salud y autoconfianza y los recursos ambientales y personales externos (los meramente físicos o arquitectónicos y los vinculados a actitudes familiares y cuidadores)”.

Según (Litman and Victoria Transport Policy Institute, 2011, Duranton and Guerra, 2016) “el planeamiento urbanístico tiene una gran responsabilidad en la gestación de la demanda urbana de movilidad y condiciona de forma importante las posibles respuestas a la misma, en la medida en que define los modelos territoriales y urbanos, la densidad, la distribución espacial de los usos, se localiza y diseña los espacios públicos y la red viaria, favoreciendo a unos u otros medios de transporte; regula la cantidad y disposición de las plazas de aparcamiento. De ahí que, en la perspectiva de promover medios de transporte alternativos al vehículo privado, sea cada día más urgente introducir en la práctica de la planificación urbanística la reflexión sobre las consecuencias que las decisiones urbanísticas tienen en el ámbito de la movilidad y, por tanto, en el uso del automóvil y sus impactos.”

### **1.4.3 Relación entre capacidad vial, niveles de servicio y demanda de movilidad-accesibilidad.**

Según (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2009; Cal y Mayor Reyes Spíndola and Cárdenas Grisales, 2010; Bonett Peña and Yatto Grados, 2017) cuando el volumen de tránsito se acerca al máximo posible, las condiciones de operación son malas, aunque el elemento y su tránsito presentan condiciones ideales. Por esto es que normalmente se habla de capacidad de diseño, que corresponde a la demanda máxima que permite una cierta calidad o nivel de servicio a esa demanda o volumen de servicio. Los niveles de servicio son definidos para los distintos elementos que lo permiten, asociándose a ellos algunas condiciones de operación de los flujos en dichos elementos.

Según (Cal y Mayor Reyes Spíndola and Cárdenas Grisales, 2010) la medida en que brindar un servicio de transporte sea relevante, el factor capacidad se hace rector, cada vez más exclusivo, del diseño geométrico de un elemento de vialidad urbana. En el caso extremo, la evaluación económica manejará sólo los beneficios derivados de los mejoramientos de la función transporte y los costos de los recursos para proveer determinada capacidad y nivel de servicio.

## **1.5 Seguridad Vial. Accidentalidad.**

### **1.5.1 Análisis de accidentalidad. Campo de aplicación**

Las dos consecuencias principales del problema del tránsito lo constituyen la accidentalidad y el congestionamiento. De ellos, el primero es de orden vital y por eso de gran importancia, ya que significa grandes bajas entre la población, por el resultado en muertos y heridos, además de la pérdida económica (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2010). El impacto que tiene la accidentalidad en la Seguridad Pública, su forma de manifestarse, como gestionar este fenómeno, minimizar los recursos que deben erogarse por este concepto, y otros aspectos, es una de las esferas de trabajo más importante de diversas instituciones en todas las naciones constituyendo hoy en día una pandemia mundial, que se ha extendido a las naciones en desarrollo.

La accidentalidad no se manifiesta exactamente igual en toda la red vial, hay vías con una conjunción mayor de factores adversos que otras donde la accidentalidad tiene una fuerte presencia, también ocurre lo mismo en unas regiones más que en otras, incluso los tipos de accidentes se manifiestan con mayor impacto en sus consecuencias en unas regiones que en otras. El análisis de la accidentalidad es de vital importancia para corregir de cierta forma los problemas que trae consigo este fenómeno, y se resume a un procedimiento cualitativo de análisis de la información de un accidente de tránsito (Bastidas Espitia & Quintero Aycardi, 2012).

“Para realizar el análisis de accidentes es necesario llevar a cabo la estadística de accidentes, por la ubicación de los mismos y por las personas físicas y morales que intervienen en ellos. También interesa irlos acumulando de acuerdo con la ubicación para

que en cualquier momento se puedan analizar los accidentes de cierto lugar. Se hace necesario además conocer las causas “aparentes o reales” que los provocaron” (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2010).

Las estadísticas de accidentes, juegan un papel fundamental en el análisis de estos, pues de estas se deduce cuáles son las rutas que merecen mayor atención, las causas de accidentes que deben contrarrestarse y la magnitud del problema. Para conocer esta última es necesario realizar el cálculo de varios indicadores de accidentalidad que permiten relacionar el saldo de muertos y heridos proporcionalmente con la población, parque vehicular y kilometraje recorrido. Teniendo en cuenta que la sociedad cubana no se caracteriza por un alto índice de parque vehicular, este cálculo no se realiza en muchas ocasiones, es por ello que los indicadores más utilizados sean respecto a la población.

El análisis de la accidentalidad, conociendo los tipos y las causas de los accidentes, permitirá a las autoridades efectuar una labor preventiva. El estudio de la variación de la frecuencia de accidentes a través del año, permite conocer las épocas, horarios y días de la semana en los que se deben enfatizar labores de vigilancia y los lugares en los que se hace necesario un estudio técnico de la vía.

Si se realiza un adecuado análisis de los puntos más críticos del caso de estudio, se logra una disminución de la frecuencia de accidentes, lo que traería consigo no solo la disminución de pérdidas de vidas humanas y materiales, sino también reducir los daños morales a las personas participantes de este tipo de sucesos que no pierden su vida pero sí sufren daños físicos que los limitan el resto de su vida por las discapacidades físicas que les provocan, e impiden su desenvolvimiento en la sociedad.

### **1.5.2 Procesamiento de las estadísticas de accidentes de tránsito**

Como inevitable consecuencia de la movilidad, se produce un intercambio de energía cuando un vehículo que posee energía cinética, impacta a otro vehículo, un objeto lateral o un ser humano, en un tramo de vía, produciéndose así un accidente. Si bien es cierto que se pueden tomar medidas para minimizar estas consecuencias, o por lo menos la probabilidad de que un vehículo se vea envuelto en una situación peligrosa, también es

muy real que mientras haya movilidad es probablemente imposible erradicar los accidentes. Sin embargo, el objetivo no puede ser realmente eliminar el problema, sino reducirlo a proporciones aceptables y manejables (Mendoza Luna & Chamorro Fuertes, 2015).

Las estadísticas de accidentes tienen como base la intervención personal de la autoridad pública responsabilizada o agente de la Ley, en la carretera o calle, traducido en un informe escrito que debe contener todos los detalles del caso (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2010).

Estas estadísticas arrojan datos tales como: cantidad de accidentes de tránsito, cantidad de lesionados, fallecidos o daños materiales producto a estos accidentes, la frecuencia con que ocurren, ubicación, entre otros. Con el uso correcto de estos datos recopilados se pueden determinar las causas aparentes, la falla operacional y la magnitud del problema, los cuales serán de gran utilidad en el momento de realizar una labor preventiva. Estas estadísticas permiten además el cálculo de diversos indicadores de accidentalidad ya sea con respecto a la población, al kilometraje de viaje o al parque vehicular, entre ellos: el índice de accidentalidad, índice de morbilidad e índice de severidad o mortalidad.

#### **1.5.2.1 Cantidad de accidentes de tránsito**

La contabilización de los accidentes de tránsito puede arrojar varios indicadores, dentro de estos se hace énfasis en dos:

Índice de accidentalidad: Cuando se calcula respecto a la población, sirve para establecer comparaciones entre ciudades, entidades políticas o sistemas de carreteras y calles semejantes en la base económica. Se calcula de la siguiente manera:

$$I_{A/P} = \text{No. De accidentes en el año} \times 100\,000 / \text{No. De habitantes}$$

Este índice indica el número de accidentes en el año por cada 100 000 habitantes.

Cuando se calcula con respecto al kilometraje de viaje, se utiliza para comparar núcleos de población, entidades, países o carreteras individuales. Representa el número de accidentes por un millón de vehículos-kilómetros de viaje al año. Se calcula de la siguiente forma:

$I_{A/k}$  = No. De accidentes en el año  $\times$  1000 000/ VK

Donde: VK=TPDA (365) (L)

Siendo TPDA el tránsito promedio diario anual y L la longitud del viaje.

### **1.5.2.2 Lesionados en accidentes de tránsito**

El número de lesionados en accidentes de tránsito permiten obtener el índice de morbilidad, con respecto a la población se tiene que:

$I_{Morb/P}$  = No. de heridos en el año  $\times$  100 000/ No. De habitantes

### **1.5.2.3 Fallecidos en accidentes de tránsito**

El número de fallecidos en accidentes de tránsito permite determinar el índice de mortalidad de los accidentes de tránsito, respecto a la población se tiene que:

$I_{Mort/P}$  = No. de fallecidos en el año  $\times$  100 000/ No. De habitantes

## **1.6 Demanda de Movilidad. Estudios de tránsito en sistemas de vías urbanas**

El volumen y la intensidad son dos medidas que cuantifican la cantidad de circulación que pasa por un punto de la sección transversal, de un carril o de una vía en un intervalo de tiempo determinado. (Radelat 1996; Díaz, 2006; Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2010) Son las variables utilizadas para cuantificar la Demanda, o sea, el número de vehículos que desean usar una infraestructura vial, es decir la necesidad de Movilidad cuantitativa y cualitativamente.

### **1.6.1 Estudios de volúmenes de tránsito. Objetivos. Tipos**

Los estudios de volúmenes e intensidades de tránsito, también llamados Aforos, son procedimientos que tienen por objetivos conocer las magnitudes, composición, direccionalidad y otras variables que caracterizan las corrientes vehiculares requeridas para analizar desde las diferentes teorías de flujos como es su comportamiento, tendencias, variabilidad, patrones y otros aspectos de dichas corrientes.

. Es importante diferenciar los términos de *volumen e intensidad* de circulación vial.

***Volumen:*** Es el número total de vehículos que pasan por un punto, sección transversal, por un tramo de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo dado. Puede expresarse en términos anuales, diarios, horarios o en períodos inferiores a la hora. Es el número real de vehículos observados o previstos que pasan o van a pasar por la sección transversal en un período determinado de tiempo.

***Intensidad:*** Es la tasa horaria equivalente a un determinado volumen de vehículos que pasan por un punto, sección transversal, por un tramo de un carril o carretera durante un intervalo de tiempo dado inferior a la hora, usualmente 15 minutos. Representa el número de vehículos que pasan por la sección pero expresado como tasa horaria equivalente.

Las intensidades pico se relacionan con los volúmenes horarios a través de la utilización del factor hora pico (FHP).

Sus aplicaciones más comunes son las siguientes: medida de utilización vial y medida de demanda de tránsito y oferta vial

- **Medida de utilización vial.**

El volumen de tránsito que acostumbra a pasar por un sector de una vía es una medida directa de la utilización de ese sector, es decir, del número de usuarios que tiene. Así el volumen es importante para determinar la asignación de fondos viales entre distintos elementos de un sistema vial. En este caso se usa el volumen diario promedio durante un año o parte del mismo. Además se emplea para determinar índices referidos a la seguridad vial.

- **Medida de Demanda de tránsito y oferta vial.**

Se le llama Demanda de tránsito al número de vehículos por unidad de tiempo cuyos ocupantes quieren pasar por una sección transversal de una vía, calzada o carril durante cierto periodo de tiempo. Por otra parte, se denomina Oferta vial a la máxima frecuencia con que pueden pasar por esa sección los vehículos que llegan a ella en un momento y con circunstancias dadas. No es difícil ver que estos conceptos se cuantifican mediante el

volumen de tránsito. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2010). Tanto la demanda como la oferta varían con el tiempo y a lo largo de las vías. De la relación entre ellas depende, entre otros factores, la calidad del servicio que ofrece la vía. Esta calidad disminuye dramáticamente cuando la demanda es mayor que la oferta y ocurre la temida congestión. La demanda existente se mide por medio de estudios de volúmenes de tránsito, y la demanda futura mediante métodos de planeamiento, que van más allá de la Ingeniería de Tránsito.

### **Composición de los volúmenes de tránsito.**

En general los volúmenes de tránsito están compuestos de unidades muy heterogéneas y esta tendencia se acentúa a medida que aumenta el número de vehículos por unidad de longitud de vía. (SEDESOL, 1994; Radelat, 1996; Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2010). Por ello es necesario conocer la composición de estos volúmenes principalmente por las siguientes razones:

- 1-** Los efectos o la interacción vehicular que ejercen los vehículos entre sí, dependen de sus características. Por ejemplo, los vehículos de alta relación peso /potencia suelen limitar la velocidad de los que van detrás de ellos, y los que hacen paradas frecuentes entorpecen la circulación de todos.
- 2-** La proporción de vehículos de grandes dimensiones y radios de giro determinar las características geométricas que deben tener las vías, y el peso de los vehículos sus características estructurales.
- 3-** Los recursos que se pueden obtener de los usuarios de una vía dependen entre otras cosas, del por ciento de vehículos que circula por ella. Por lo general, a los efectos de la Ingeniería de Tránsito basta con conocer la composición de los volúmenes con los vehículos clasificados.

### **Tipos.**

Clasificación de los aforos según el método empleado:

*Aforos manuales:* Estos son utilizados para contabilizar volúmenes direccionales, contabilizar volúmenes clasificados. Su duración varía con el propósito de estudio, por lo general son cortos sobre todo para la hora pico, aunque pueden extenderse hasta 24 h. Se utilizan desde modelos impresos en papel hasta contadores electrónicos de tableros. Los modelos se ajustan al objetivo del estudio. Se prepara al personal en función de la magnitud del estudio

*Aforos automáticos:* Estos son portátiles, fijos. Tendrán larga duración. Algunos solo cuentan número de ejes. Además no contabilizan movimientos direccionales.

*Aforos por otros métodos:* Estos se realizan en forma de filmación y con ayuda de cámaras virtuales. Es posible obtener todos los movimientos direccionales que ocurran simultáneamente, por intensos que sean, utilizando un solo observador. Ofrece mayor confianza pues se puede comprobar datos que parezcan erróneos. Se trabaja más cómodamente y al abrigo de las inclemencias del tiempo. Permite obtener otros datos que interesen.

### **1.6.2 Variaciones y patrones**

Una vía debe diseñarse y operarse respondiendo a los criterios de seguridad, accesibilidad, movilidad y otros. La seguridad, accesibilidad y demás criterios exigen ciertas características geométricas mínimas en la vía que muchas veces satisfacen con creces el criterio de movilidad.

Denominamos volumen horario de diseño (VHD) al volumen horario total de tránsito en ambos sentidos que se emplea para proyectar geoméricamente una vía de modo que pueda satisfacer el criterio de movilidad. Es evidente que una vía debe ser proyectada con capacidad suficiente para acomodar en forma satisfactoria todo el tránsito que circule habitualmente por ella, pero si ya ha cumplido con los demás criterios, no resulta lógico ni económico proyectarla para un volumen horario máximo que se produzca por un breve tiempo, muy pocas veces al año. Este volumen se calcula para un año futuro partiendo de observaciones presentes.

Si presentamos como ordenadas en un sistema de coordenadas cartesianas, los volúmenes horarios que circulan por una vía rural durante un año (expresados en por cientos del TPDA) y como abscisas el número de volúmenes horarios iguales o superiores al valor de la ordenada correspondiendo, obtendremos una curva similar a la que aparece en la figura:

Volumen en la hora trigésima

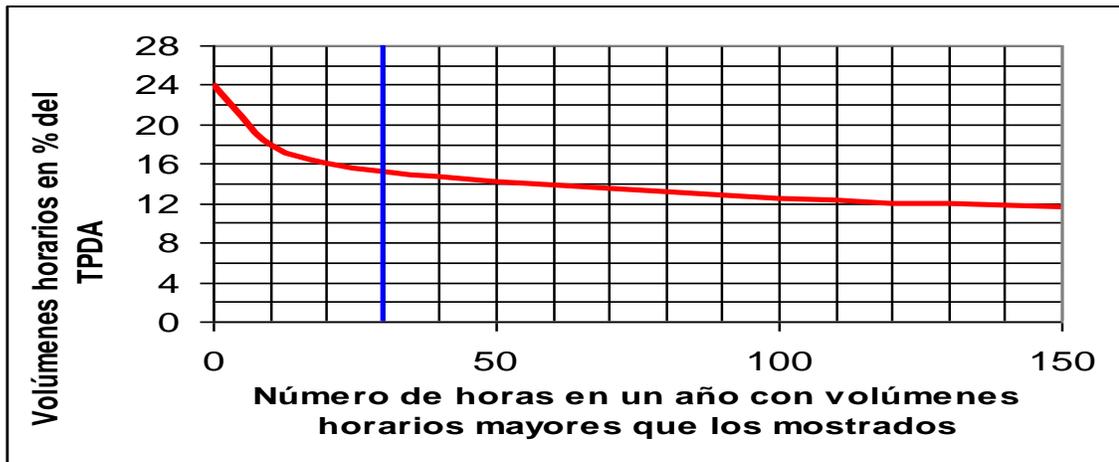


Figura Volumen en la hora trigésima Fuente: (Cal y Mayor, 2010)

Recomienda la AASHTO que, en general, se utilice el volumen trigésimo como VHD para vías tanto rurales como urbanas. Sin embargo, es común en la Ingeniería de Tránsito usar el volumen de la hora pico de un día entre semana como VHD, sobre todo en vías urbanas. En vías con bajos volúmenes muchas veces las especificaciones geométricas mínimas son las que gobiernan, lo que motiva que se diseñen para volúmenes superiores al trigésimo.

Se acostumbra a designar como *Factor K* a la relación entre el VHD y el TPDA. En general, los mayores valores *K* ocurren en vías rurales turística, los intermedios en las vías rurales ordinarias y los más bajos en vías urbanas usadas por viajeros cotidianos.

En Cuba a partir de investigaciones realizadas por especialistas de la Instituto Politécnico Superior José Antonio Echeverría IPSJAE durante la década de los 80 y 90, se obtuvo que  $k$  en vías rurales: 0.12-0.15 y en vías multicarril y autopistas hasta 0.18, vías urbanas: 0.8-0.12; suburbano valor frontera. En todo caso se debe realizar un análisis si no hay estudios especiales para un caso dado.

En los proyectos de vías es necesario conocer también la distribución del VHD por sentido, para satisfacer el mayor volumen que circule en cada sentido. A este volumen lo llamamos volumen horario de diseño por sentido (VHDS). El VHDS se obtiene multiplicando el VHD por el factor de distribución por sentido que denominamos  $D$ , que representa la máxima proporción de volumen total que circule en un sentido.

De forma tal que el Volumen Horario de Diseño por sentido puede calcularse como:

$$VHDS = TPDA * K * D$$

Donde:

TPDA=Tránsito Promedio Diario Anual (veh/día).

$K$ = Factor de relación.

$D$ = Factor de distribución por sentido.

### **1.6.3 Estadística inferencial y descriptiva**

El comportamiento de cualquier fenómeno o suceso estará naturalmente mucho mejor caracterizado cuando se analiza todo su universo. (SEDESOL 1994; Radelat 1996; Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2010). En este caso, el tamaño de su población está limitada en el espacio y en el tiempo por las variables asociadas al mismo.

Con respecto a volúmenes de tránsito, para obtener el tránsito promedio diario anual, TPDA, como se vio anteriormente es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante el año por el punto de referencia, mediante aforos continuos a lo largo de todo el año, ya sea en períodos horarios, diarios, semanales o mensuales. Muchas

veces, esta información anual es difícil de obtener, al menos en todas las vialidades, por los costos que ello implica. Sin embargo, se pueden conseguir datos en las casetas de cobro para las carreteras de cuota y mediante contadores automáticos instalados en estaciones maestras de la gran mayoría de las carreteras de la red vial primaria de la nación.

En estas situaciones, muestras de los datos sujetas a las mismas técnicas de análisis permiten generalizar el comportamiento de la población. No obstante, antes de que los resultados se puedan generalizar, se debe analizar la variabilidad de la muestra para así estar seguros, con cierto nivel de confiabilidad, que ésta se puede aplicar a otro número de casos no incluidos, y que forman parte de las características de la población.

Por lo anterior, en el análisis de volúmenes de tránsito, la media poblacional o tránsito promedio diario anual, TPDA, se estima con base en la media muestral o tránsito promedio diario semanal, TPDS, según la siguiente expresión:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

Donde:        A= máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS

Como se observa el valor de A sumado o restado del TPDS, define el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA. Para un determinado nivel de confiabilidad, el valor de A es:         $A = KE$

Donde:

K= número de desviaciones estándar correspondientes al nivel de confiabilidad deseado.

E= error estándar de la media

Estadísticamente se ha demostrado que las medias de diferentes muestras tomadas de la misma población, se distribuyen normalmente alrededor de la media poblacional con una desviación estándar equivalente al error estándar. Por lo tanto, también se puede escribir que:

$$E = \hat{\sigma}$$

Donde:  $\hat{\sigma}$  = estimador de la desviación estándar poblacional ( $\sigma$ )

Una expresión para determinar el valor estimado de la desviación estándar poblacional,  $\hat{\sigma}$ , es la siguiente:

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left( \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Donde:

S= desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral.

n= tamaño de la muestra en número de días del aforo.

N= tamaño de la población en número de días del aforo.

La desviación estándar muestral, S, se calcula como:  $(\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2) / (n - 1)$

$$S = \sqrt{\left( \sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2 \right) / (n - 1)}$$

Donde:  $TD_i$ = volumen de tránsito del día  $i$

Finalmente, la relación entre los volúmenes de tránsito promedio diario anual y semanal es:

$$TPDA = TPDS \pm A = TPDS \pm KE = TPDS \pm K\sigma$$

En la distribución normal, para niveles de confiabilidad del 90% y 95%.

En la distribución normal, para niveles de confiabilidad del 90% y 95% los valores de la constante K son 1.64 y 1.96, respectivamente. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2010)

Los aforos continuos proporcionan información muy importante con respecto a los patrones de variación horaria, diaria, periódica o anual del volumen de tránsito. El tránsito tiende a tener variaciones cíclicas predecibles, por lo que a través de una clasificación adecuada de las vialidades y los aforos, es posible establecer un patrón básico de variación del volumen de tránsito para cada tipo de carretera o calle. Más aún, si bien los valores de los volúmenes específicos para determinados períodos (minutos, horas, días) pueden llegar a ser bastante diferentes de un lugar a otro, su proporción en el tiempo con respecto a los totales o promedios, es en muchos casos, constante o consistente. Estas propiedades, son las que sustentan el uso de factores de expansión y ajuste en la estimación de volúmenes para otros lugares y otros períodos.

El ajuste que con mayor frecuencia se usa consiste en transformar un aforo de 24 horas de un día y mes específicos, volumen de tránsito diario,  $TD_i$ , a volumen de tránsito promedio diario,  $TPD_i$ , lo cual se consigue mediante la siguiente relación:

$$TPD_i = TD_i(F_m)(F_d)$$

Donde:

$F_m$ = factor de ajuste mensual.

$F_d$ = factor de ajuste diario.

#### **1.6.4 Modelos de Predicción al futuro**

El pronóstico del volumen de tránsito futuro, por ejemplo el TPDA del año de proyecto, (SEDESOL 1994; Radelat 1996; Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2010) en el mejoramiento de una carretera, deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino también en los incrementos del tránsito que se espera utilicen la nueva carretera.

Los volúmenes de tránsito futuro,  $TF$ , para efectos de proyecto se derivan a partir del tránsito actual,  $TA$ , y del incremento del tránsito,  $IT$ , esperado al final del período o año meta seleccionado. De acuerdo a esto, se puede plantear la siguiente expresión:

$$TF = TA + IT$$

El tránsito actual, TA, es el volumen de tránsito que usará la carretera mejorada o la nueva carretera en el momento de quedar completamente en servicio. En el mejoramiento de una carretera existente, el tránsito actual se compone del tránsito existente, TE, antes de la mejora, más que el tránsito atraído, TAt, a ella de otras carreteras una vez finalizada su reconstrucción total. En el caso de la apertura de una nueva carretera, el tránsito actual se compone con el tránsito atraído.

El tránsito actual, TA, se puede establecer a partir de aforos vehiculares sobre las vialidades de la región que influyan en la nueva carretera, estudios de origen y destino, o utilizando parámetros socioeconómicos que se identifiquen plenamente con la economía de la zona. En áreas rurales cuando no se dispone de estudios de origen y destino ni datos de tipo económico, para estudios preliminares es suficiente utilización de las series histórica de los aforos vehiculares en términos de los volúmenes de tránsito promedio diario anual, TPDA, representativos de cada año.

De esta manera, el tránsito actual, TA, se expresa como:  $TA = TF + TAt$

Para la estimación del tránsito atraído, TAt, se debe tener un conocimiento completo de las condiciones locales, de los orígenes y destinos vehiculares y del grado de atracción de todas las vialidades comprendidas. A su vez, la cantidad de tránsito atraído depende de la capacidad y de los volúmenes de las carreteras existentes, así por ejemplo, si están saturadas o congestionadas, la atracción será mucho más grande. Los usuarios, componentes del tránsito atraído a una nueva carretera, no cambian ni su origen, ni su destino, ni su modo de viaje, pero la eligen motivados por una mejora en los tiempos de recorrido, en la distancia, en las características geométricas, en la comodidad y en la seguridad. Como no se cambia su modo de viaje, a este volumen de tránsito también se le denomina tránsito desviado. La aplicación de este método pocas veces es factible pues no se pueden conocer las demás variables fuera de tránsito atraído.

Cuando se proyectan cambios en una vía, las proyecciones del VHD y VHDS (o el TPDA) hacia el futuro suelen ser más cortas, especialmente si las modificaciones no son costosas y son fáciles de alterar o los cambios son lentos, o de corta duración etc. es preferible aplicar otros métodos.

Conociendo el ritmo de crecimiento anual del tránsito para el periodo de diseño entonces se puede calcular el VHD futuro a partir de la “**ecuación del interés compuesto**”:

$$\mathbf{VHDn} = \mathbf{VHD}_0 (1+r)^{n-1}$$

Donde:

**VHDn** = VHD futuro para el año n (veh/d).

**VHD0** = VHD actual (veh/d).

**r** = Ritmo de crecimiento promedio anual del tránsito (tanto por uno).

**n** = Año tomado como horizonte para el cálculo.

Los incrementos del tránsito considerados en el ritmo de crecimiento promedio anual dependen fundamentalmente de los siguientes aspectos:

1. Tránsito actual.
2. Incrementos debido al crecimiento normal de tránsito.
3. Incremento por el tránsito generado por el desarrollo socioeconómico de la zona de emplazamiento y por el aumento de población.
4. Cambios significativos en la estructura económica-productiva de una región o ciudad.

En muchos países se utiliza más este último método. En Cuba es el más empleado y el recomendado por el Centro Nacional de Vialidad del Ministerio del Transporte.

### **1.6.5 Procedimientos para la ejecución. Procesamiento de los datos**

Con el objetivo de realizar un estudio de velocidades en el tramo de vía objeto de estudio será necesario la elaboración de una plantilla en la cual se establecen rangos de velocidades de 5 km/h y su conversión en millas por hora, ya que es la unidad de medida de la pistola láser, equipo que se utilizará para determinar la velocidad de los vehículos,

además la plantilla se dividirá en 11 tipo de vehículos para mejor organización y comprensión del trabajo. Para ello previamente se determinará el tamaño mínimo de la muestra utilizando la ecuación de la desviación estándar.

El horario que se seleccione por el equipo de trabajo debe contemplar las horas pico, donde se observe un aumento del flujo vehicular, por lo tanto se realizará de 3:00 – 3:30 pm en un sentido de circulación y de 3:30 – 4:00 pm, ya que en este horario ocurre un pico dentro de las 24 horas. Se tomarán las velocidades a los vehículos en ambos sentidos, en la dirección Peñas Altas - Matanzas y Matanzas - Peñas Altas. Posteriormente se debe realizar las mediciones correspondientes al ancho de calzada, faja de servidumbre, distancias del pavimento a los obstáculos, para tener conocimiento de las condiciones de la vía y con ello las posibles soluciones con el diagnóstico.

## **Conclusiones Parciales**

1. Dentro del Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano de la ciudad de Matanzas La Dirección Provincial de Planificación Física no contempla ninguna acción para solucionar la problemática creciente en la calzada General Betancourt en el tramo de la Panchita hasta Peñas Altas.
2. En la calzada General Betancourt en el tramo de la Panchita hasta Peñas Altas circulan flujos vehiculares de diferente composición que complejizan las condiciones de circulación.
3. La accesibilidad y movilidad en el segmento de vía analizado se encuentran en una situación desfavorable por la creciente demanda de tráfico y las características geométricas de la vía.

## CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Infraestructura vial. Plan General de Ordenamiento Territorial. Plan Vial Urbano

Expresa la DPPF que “el Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU) 2012 como instrumento rector de la actividad gubernamental del Municipio y la Ciudad está conformado por un conjunto de disposiciones que regulan la transformación del Territorio y la programación de las acciones para su implementación, como resultado del análisis de la situación actual, en un Diagnóstico Integrado del Territorio. Su esencia reside en su papel coordinador de las inversiones tanto estatales como privadas, supone de un enfoque integrador, compatibilizando no sólo los aspectos del Territorio, sino que va orientando a la coordinación de los diversos niveles de decisión que actúan sobre el Municipio y la Ciudad.”

“Esta actualización del PGOU-2011 parte del PGOTU del Municipio Matanzas elaborado en el 2003 que fue revisado y actualizado en el 2006, a partir del que se elaboró el Plan de Turismo de la Ciudad de Matanzas en este mismo año.”

En este PGOTU 2012 señala lo siguiente:

“Con respecto a la vialidad, uno de los problemas más acuciantes de la ciudad, se valida lo propuesto y se le añaden nuevas inversiones producto al desarrollo previsto.”

La ciudad posee una vialidad estructurada a partir de las vías principales existentes que se detallan a continuación:

-Vía Blanca – Habana y Paseo Martí en Versalles.

-Calles Ayllón, Contreras, Milanés, Dos de Mayo, América y Guachinango en el reparto Matanzas.

-Calles San Luis, Tirry y Calzada de Esteban en Pueblo Nuevo.

-Calzada del Naranjal.

-Calzada General Betancourt-Vía Blanca a Varadero y Carretera Central en dirección a Colón, en el Reparto Playa.

-Carretera Central Matanzas-Habana.

-Circunvalación, al Sur y Sureste de la ciudad.

A partir de las vías principales, actuales se reparte el tráfico hacia las vías de servicios y viceversa

“La Calzada General Betancourt, en el Reparto Playa, asimila los crecientes flujos vehiculares de Vía Blanca Habana – Varadero por concepto turístico y los de Carretera Central, *llegando hoy día a cifras muy altas del volumen vehicular*, que atraviesa la ciudad, viéndose afectada considerablemente por dicho tráfico toda esta zona residencial donde existen escuelas, círculos infantiles, playitas, universidad, servicentros, centros recreacionales, de gastronomía, etc.

Debido a que la vialidad regional penetra dentro de la trama urbana, la velocidad desarrollada por esos vehículos de paso, supera la permitida, lo que trae consigo serios problemas con respecto a la población, debido al cruce constante de peatones atravesando esas calles principales, que no poseen ni siquiera un separador central donde resguardar al peatón, lo que en muchas ocasiones provoca accidentes del tránsito y la demora en cruzarla.

El estado de los canales de drenaje de las vías tanto soterrados, como el superficial a través de los badenes, presenta serios problemas estructurales, donde el deterioro de los badenes y algunos canales, provoca la acumulación del agua pluvial y en lluvias acumulativas, sube el nivel del agua en la calle, en las zonas más bajas lo cual ayuda a deteriorar más su estado técnico, con la erosión que esto ha provocado a través del tiempo, sin mantenimiento en años.

La mayoría de las calles principales existentes, *poseen secciones transversales acordes a su función y capacidad para asimilar el tráfico actual de la ciudad, pero no para el tráfico de paso y menos el tráfico pesado.*”

Continúa expresando el PGOTU 2012 lo siguiente:

**“Dentro de los puntos y viales más conflictivos en la ciudad, se tienen:**

- ✓ *Calzada General Betancourt, (desde La Panchita, hasta Peñas Altas), tramo donde el viaducto no llegó y que asimila un volumen vehicular de paso fuerte en las direcciones Habana – Varadero y Matanzas - Colón, lo que trae conflictos con los peatones, buscando los servicios y con la circulación propia de la zona residencial, etc.*
- ✓ *Intersección en Peñas Altas, donde convergen en un ángulo demasiado agudo, dos flujos vehiculares importantes y de gran magnitud: Carretera Central y Vía Blanca Matanzas – Varadero. Hoy día funciona con dificultad con la ayuda de un semáforo sencillo, pero los frecuentes accidentes, el cruce constante de peatones de la zona en busca de servicios y el gran volumen vehicular que se mueve en esa zona hace de este punto, uno de los conflictos mayores que posee la ciudad actualmente*

- ✓ Existencia de puntos de conflicto vial dentro de la trama urbana, tales como: calles Ayllón, Contreras, Milanés y *la intersección de Peñas Altas, calle General Betancourt desde Playa El Tennis hasta Peñas Altas.*

En el análisis de las propuestas contempladas en el PGOTU 2012 sobre la infraestructura técnica indica:

#### **“Infraestructura Vial.**

- Basados en la problemática vial de la ciudad, se proponen diferentes acciones al mejoramiento de la trama urbana actual, en primer lugar con el objetivo de explotarla con mayor capacidad y tener las bases sólidas para emprender otras inversiones más complejas en el comportamiento de la red vial principal de la ciudad, de forma tal que pueda asumirse el desarrollo previsto en Matanzas, así como dar respuesta al impacto que recibirá del Polo Turístico Varadero y de otros desarrollos que se avecinan como el de Bacunayagua y el fortalecimiento de la Zona Industrial Portuaria con su respectivo impacto en las zonas residenciales, sus servicios y sus enlaces con la capital del país.
- Otra de las propuestas importantes con prioridad para la ciudad, *es la construcción del desvío de la Carretera Central, cuya propuesta está prevista por la traza que dejó el FFCC viejo al trasladarse éste hacia el Sur de la ciudad.* Esta obra cubre el recorrido desde La Jaiba (Intercambio vial sobre línea FFCC, aledaño a la Estación de Ferrocarril), pasando por el Reparto Camilo Cienfuegos hasta unirse con la Carretera Central a la altura del Estado Mayor, alejándose de las zonas residenciales y *separándolo del flujo vehicular de la Calzada General Betancourt, ya que ambas están sobresaturadas en los horarios picos con diferentes objetivos de sus flujos.*”

*Y expresa más adelante:*

“En general la vialidad principal propuesta de la ciudad quedará conformada de la siguiente forma, con su correspondiente clasificación vial:

#### **Arterias principales de ciudad (3ª Categoría Urbana).**

Son todas las vías regionales que entran a la ciudad y a su vez la vinculan con el exterior:

- Vía Blanca en zona de Versailles y en zona de Pastorita a Canímar.
- *Viaducto–Calzada General Betancourt en Playa.*

- *Carretera Central, incluyendo el tramo propuesto del desvío de Carretera Central por la traza dejada por ferrocarril viejo y Calzada de Esteban.*
- Circunvalación (propuesta para prolongarse hacia el Noroeste y Norte, enlazándose con la Vía Blanca y Zona Industrial Portuaria).

### **Propuesta de obras de nueva construcción:**

1. **Desvío de Carretera Central.** Vía propuesta en la franja dejada por el ferrocarril viejo, ya desactivado, que enlazará la Carretera Central a la altura del Estado Mayor, hasta la terminal de Ómnibus Interprovincial. (Tramo con doble sentido de circulación vehicular), desde aquí continuará, pasando por el Reparto Camilo Cienfuegos, hasta el nudo de la Circunvalante actual, con un solo sentido de circulación vehicular.
2. Estas dos vías funcionarán con la misma categoría, donde la segunda garantizará que la primera (General Betancourt y Calzada de Esteban), se descarguen de gran parte del flujo vehicular actual que ya es insostenible.
3. Esta propuesta será efectiva una vez que se construya el desvío de la carretera central, por el Sur de la ciudad.
4. Realizar estudios para ampliar la Calzada General Betancourt desde La Panchita, hasta Peñas Altas, con la incorporación de un separador central. Responsables: Centro Provincial de Vialidad, Dirección Provincial de Transporte. Etapa II.

### **2.2 Clasificación funcional y categorización técnica de la vía Calzada General Betancourt.**

El PGOTU 2012 clasifica la Calzada General Betancourt como una de las Arterias principales de ciudad (3ª Categoría Urbana).

De acuerdo a la NC 53-80:1987 “Proyectos de construcción. Vías urbanas. Clasificación funcional” vigente, establece:

“Epígrafe 3.2 Arterias Principales. Este sistema será el encargado de mover el tránsito en dirección hacia las vías expresas y el que proviene de ellas. Estas vías se encuentran en ciudades con más de 100000 habitantes (y hasta 500000).

Aunque este sistema sirva principalmente para mover el tránsito que entra y sale del área urbana, así como los movimientos transversales que rodean el centro de la ciudad actúan normalmente dándole servicios secundarios a las zonas pobladas a los lados.

En estas vías se concentran los viajes de paso.

El parqueo, la carga y descarga pueden haber sido limitados o prohibidos en ella para mejorar su capacidad.

La longitud del viaje principal será mayor d 1,5 km Su uso por el medio de transporte colectivo será normal o semiexpreso.

Permitirá la comunicación entre los diferentes distritos de la ciudad o zonas industriales, comerciales y residenciales con el centro a altas velocidades. Su diseño permitirá un volumen de transito intenso.”

“Epígrafe 3.1 Vías expresas. Conducen el flujo vehicular rápido de los distritos de vivienda a zonas industriales periféricas del núcleo urbano. Permite además la comunicación del núcleo urbano con la red externa.

Estas vías estarán localizadas en poblaciones mayores que 500 mil habitantes. Da un poco o ningún servicio a las zonas urbanas a cada lado de su trayectoria.

3.1.1 Las vías expresas se encargarán en una ciudad de aliviar la congestión del tránsito que no va dirigido a la misma.

3.1.2 Las vías expresas estarán divididas en multicarriles con poca o ninguna intersección a nivel y podrán acomodar viajes de paso.

3.1.3 Las vías expresas están diseñadas para grandes intensidades de tránsito a alta velocidad y son principalmente propuesta para dar servicio a los viajes largos.

“Epígrafe 3.3 Calle arterial menor. Este sistema interconecta con el sistema arterial principal urbano, aumentándolo y proporcionando servicio a viajes de longitud menor de 1.5 Km.

Son las encargadas de comunicación de las zonas de viviendas o industrias entre sí y con los lugares de descanso, en zonas de viviendas son periféricas a los distritos.

3.3.1. Estas vías se encuentran en ciudades mayores de 20 000 habitantes.

3.3.2. Su diseño permitirá una velocidad y un tráfico vehicular menos intenso que el sistema arterial principal.

3.3.3. Conecta un área o zona del perímetro urbano con el sistema arterial principal.

3.3.4. Este sistema no se utilizará para viajes de paso por la ciudad, ni tendrá que ser continuo necesariamente.

3.3.5. Se diferencia del sistema arterial principal, por la longitud del viaje que ellos pueden acomodar.

3.3.6. Podrá ser utilizado por ómnibus y camiones para penetrar a un área y dar servicio directo a dicha área.

3.3.7. Podrá conectar vías rurales de menor importancia con el sistema arterial principal.

El Anteproyecto de norma 1990 “Elaboración de proyectos de construcción. Diseño geométrico de vías urbanas. Especificaciones de proyectos.” presentado al Comité Técnico de Normalización NC/CTN 21 Carreteras del ININ/ONN por Micons, ISPJAE y Mitrans, atemperado a las normativas norteamericanas y europeas, sometido a debate durante los años 90’s, exponía como requisitos los siguientes:

Tipos de vías urbanas.

- Calles locales (industrial, comercial y residencial)
- Calles colectoras
- Calles arteriales
- Calles arteriales menores
- Arterias principales (avenidas)
- Vías expresas.

“Avenidas. La velocidad de diseño para las arterias principales o avenidas son 50; 60 y 70 Km. /h; si la vía en el futuro pasará a ser vía expresa la velocidad de diseño será igual a 80 Km. /h. Las arterias principales o avenidas siempre tendrán doble sentido de circulación todos los accesos son a nivel; las características y dimensiones (mínimas y recomendables) de la sección transversal de las venidas sin calle de servicio lateral y con calle de servicio lateral en caso de ser obras nuevas se establecen respectivamente.

1. “Parámetros fundamentales del diseño”

1.1 Velocidades de diseño. Las velocidades de diseño para las vías urbanas según las características de éstas son: 30; 40; 50; 60; 70; 80 y 100 Km. /h

1.2 Anchura de la senda. La anchura de las sendas de las vías urbanas son las siguientes: 3.00; 3.25; 3.50 y 3.75 m.

La anchura mínima de la senda para calles en zonas residenciales y de desarrollo poblacional limitado es de 3.00 m y en zonas comerciales es de 3.25 m. Las vías con cuatro sendas como mínimo y sin separador central tendrán una anchura mínima igual a 3.25 m, se recomienda 3.50 m.

La anchura de las sendas en vías expresas son 3.50 y 3.75 m.

1.3 Separador central. Todas las vías urbanas con dos sendas como mínimo por cada sentido de circulación y con velocidades de diseño igual o mayor que 60 Km. /h tendrán separador central.

La dimensión de éstos es variable, en el caso que se limiten a una separación física se encontrarán a no menos de 0.50 m del borde de la senda al borde del separador central y tendrán una altura de 0.60 a 0.80 m. Existen otro tipo de separador central el cual es el más adecuado para colocar luminarias sobre él y cuya anchura mínima es de 1.2 m.

Nota. Los valores de la pendiente (%) del separador central son los siguientes:

- En hormigón hidráulico 1%
- En hormigón bituminoso 2%
- En tierra recubierta con césped 3%

1.6 Parterre. La anchura mínima del parterre será de 1.5 m en obras nuevas, en el caso de remodelación o reconstrucciones los parterres se concebirán siempre que sea posible.

1.7 Aceras. La anchura mínima de las aceras en zonas de desarrollo limitado es de 1.0 m y en ciudades a poblados importantes es 1.5 m; éste valor se incrementa con el aumento de la densidad de población.

1.8 Radio de giro mínimo para revueltas de esquina. El valor de éste será 6.0 m.”

Resumiendo, se considera que la vía es una Arteria Principal de ciudad según la NC 53-80:1987 pues cumple con las funciones que establece esa norma para esa clase de vía del sistema primario, y por tanto sus parámetros de diseño deben atemperarse a los criterios de proyecto que indica el “Anteproyecto de norma 1990 “Elaboración de proyectos de construcción. Diseño geométrico de vías urbanas. Especificaciones de proyectos.” pues recoge los aspectos más modernos del diseño vial urbano, de acuerdo a la AASHTO y demás referencias consultadas por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 21 Carreteras del ININ/ON

## **2.3 Estudios de infraestructura vial. Oferta de Vías urbanas**

Como resultado del estudio de campo se pudo determinar los anchos de carril, calzada, separación de la calzada a los obstáculos entre otras mediciones que se consideraron pertinentes para realizar el diagnóstico final. Los resultados se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Ancho de carriles	Ancho de calzada	Separación de obstáculos
2.70 y 2.90 metros	11.20 metros	0.90 y 2.30 metros

Al realizarse el cálculo de la capacidad de la vía se pudo determinar que la misma es de 1859 vehículos por hora utilizando la ecuación que se describe en el capítulo 1. Al determinarse el nivel de servicio en que se encuentra la vía en este momento se determinó según la norma que se encuentra prestando un nivel de servicio E en transición al F por lo que la vía presenta un flujo forzado y bajas velocidades de circulación.

## 2.4 Otros Estudios de la infraestructura vial.

Solo se detectaron afectaciones en los sistemas de drenaje pluvial por destrucción de registros y rejillas, falta de limpieza en los mismos, algunos obstruidos por completo, pozos de absorción sin funcionamiento. La situación más crítica es desde el 12 planta hasta Peñas Altas, según entrevistas a vecinos y trabajadores de la zona.

También se encuentran emplazados al norte de la arteria centros generadores tales como: servicentro, centros comerciales, restaurantes, etc. que generan circulación vehicular apreciable los fines de semana y con más intensidad en el verano. Debe estudiarse diferenciadamente para aplicar medidas de regulación operativas.

## 2.5 Seguridad Vial. Accidentalidad

### 2.5.1 Análisis de accidentalidad

La actual situación nacional de la accidentalidad está determinada, sin duda alguna por las distorsiones de la accesibilidad y movilidad urbana o rural. Si las condiciones en que se genera la movilidad y accesibilidad estuviera en un correcto equilibrio de funcionamiento de ello dependerán en gran medida la disminución de los siniestros del tránsito y sus consecuencias.

Como hemos expuesto en el Cap. 1, según (Santos & Rivas, 2008) se entiende por **Accesibilidad** la “capacidad de llegar en condiciones adecuadas a los lugares de residencia, trabajo, formación, asistencia sanitaria, interés social, prestación de servicios

u ocio, desde el punto de vista de la calidad y disponibilidad de las infraestructuras, redes de movilidad y servicios de transporte”. Mientras que la **Movilidad** es el “conjunto de desplazamientos que las personas y los bienes deben hacer por motivo laboral, formativo, sanitario, social, cultural o de ocio”.

De acuerdo con (Libeisy Sánchez, 2018) es necesario destacar que el análisis de la accidentalidad se realiza siempre posterior al accidente, de manera que ya no puede ser evitado, esto ocurre por la falta de un procedimiento o programa que permita actuar a tiempo. Lo ideal sería realizar acciones proactivas que permitan reducir en gran medida el número de accidentes de tránsito de la ciudad, o sea trabajar de forma preventiva

En este aspecto hay que señalar que no se encontraron investigaciones anteriores de las causales que desde el punto de vista de los factores humanos, vehiculares, dispositivos de control y de las condiciones de los parámetros del diseño de la arteria principal Czda. Gral. Betancourt estaría en la génesis de su accidentalidad

### **2.5.3 Procesamiento de las estadísticas de accidentes de tránsito. Índices de accidentalidad**

Según (Libeisy Sánchez, 2018), dentro de los 4 tramos de vías en la provincia con mayor peligrosidad identificados en el primer cuatrimestre del año 2018, estaba en el municipio de Matanzas la Calzada General Betancourt desde la Panchita hasta Peñas Altas con:

- 13 accidentes
- 1 fallecido
- y 16 lesionados

Es preciso aclarar que en la ciudad de Matanzas no existe otro sector vial con concentración de accidentalidad como en la Calzada General Betancourt desde la Panchita hasta Peñas Altas y que en el verano es el periodo con mayor prevalencia por la alta Movilidad que se genera en esa estación del año. Las cifras anteriores solamente en un cuatrimestre indican un foco negro de conflictos que debe dársele mayor seguimiento

y realizar estudios específicos de seguridad vial que profundicen en las causales e integren al análisis presente y futuro de esa Arteria Principal de la ciudad, clave en el corredor turístico Habana-Varadero.

Entre las causas aparentes más significativas de ocurrencia de accidentes de tránsito en la provincia prevalecen las siguientes: no respetar el derecho de la vía, no atender al control del vehículo, ingestión de bebidas alcohólicas, participación de ciclos, y animales sueltos en la vía.

Por otro lado, se reporta que los horarios de mayor ocurrencia de siniestros están entre las 8:00 de la mañana y las 3:00 de la tarde

Los días de mayor ocurrencia de siniestros son los lunes, martes, viernes y sábados, que en general representan el 62 % de los hechos, el 30 % de las muertes y el 47,8 % de las lesiones. Entre estos los días más peligrosos son martes y viernes.

Los datos anteriores evidencian las causas aparentes de la ocurrencia de accidentes de tránsito, a partir de las cuales se deduce que la falla operacional dependió en todos los casos de los usuarios de las vías. Una vez obtenido los datos anteriores es necesario determinar la magnitud del problema. Para ello, utilizando las ecuaciones 1.1, 1.3 y 1.4, se calcularon los índices de accidentalidad, morbilidad y mortalidad respecto a la población para cada uno de los municipios de la provincia. El cálculo de estos indicadores debe realizarse para el período de un año, teniendo en cuenta que los datos facilitados solamente contemplan el primer cuatrimestre de este año, se realizó un pronóstico conservador estimando los valores para el año completo multiplicando dichos valores por 3 (debido a que el año tiene 3 cuatrimestres), sin tener en cuenta que este cuatrimestre no es el más crítico.

También según (Libeisy Sánchez, 2018) de los datos obtenidos y procesados por ella se seleccionaron los de mayor interés para el estudio: la provincia de Matanzas de manera global, el triángulo Matanzas-Varadero-Cárdenas, y específicamente la ciudad de Matanzas; los resultados se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 3.1. Indicadores respecto a la población de la provincia de Matanzas.*

	<b>Accidentes</b>	<b>Fallecidos</b>	<b>Lesionados</b>	<b>Población</b>	<b>Índice de accidentalidad</b>	<b>Índice de morbilidad</b>	<b>Índice de mortalidad</b>
<b>Ciudad Matanzas</b>	141	3	66	142024	99,28	46,47	2,11
<b>Matanzas-Varadero-Cárdenas</b>	327	18	216	296063	110,45	72,96	6,08
<b>Provincia</b>	543	39	420	719621	75,46	58,36	5,42

*Fuente: (Libeisy Sánchez, 2018).*

Si se analiza el triángulo Matanzas-Varadero-Cárdenas se ve que el **índice de accidentalidad** es mayor que el de la provincia en su conjunto, lo que se traduce en que el 60 % de accidentes, o sea, más de la mitad de los siniestros de la provincia, ocurren en esta zona; y dentro de este triángulo la ciudad de Matanzas en particular, tiene un peso bastante fuerte, pues el número de accidentes ocurridos en la ciudad representa el 43 % del total ocurridos en esta zona.

En el caso del **índice de morbilidad** del triángulo Matanzas-Varadero-Cárdenas es mayor que el de la provincia, lo que se traduce a que el 51 % de los lesionados están en esta zona, y dentro de este porcentaje solamente la ciudad de Matanzas tiene el 31 %.

La mayor cantidad de fallecidos se encuentra en el triángulo Matanzas-Varadero-Cárdenas, que representan el 46 % del total, y dentro de este, los fallecidos en la ciudad de Matanzas representan el 17 %, lo que quiere decir que en el índice menos crítico de la ciudad es este y por lo tanto el índice de severidad de los accidentes no es tan elevado.

Todo lo anteriormente señalado demuestra la alta prioridad de la necesidad de concretar los estudios que posibiliten refuncionalizar y gestionar con mayor certeza la Movilidad y Accesibilidad que presenta hoy este vial.

## **2.6 Demanda de Movilidad. Estudios de tránsito en la Czda. Gral. Betancourt**

### **2.6.1 Estudios de volúmenes de tránsito**

Consultando a (*Diana R. Piad 2011*) que realizó su investigación sobre la vialidad de la ciudad de Matanzas, basándose en estudios realizados para la fundamentación de la construcción de la tercera etapa del Viaducto de Matanzas - “FUNDAMENTOS del VIADUCTO MATANZAS. Etapa III, Fase I y Fase II.”, realizados por: Centro Provincial de Vialidad, EMPAI, DPPF (Instituto de planificación física) y Patrimonio, Estudios de ingeniería de tránsito en el nudo de la calle Ayllón, realizado por Departamento Provincial de Ingeniería de Tránsito y estudios realizados en el nudo de Peñas Altas por la UMCC en el 2010, se obtuvieron los datos del aforo realizado en el año 2010. Ver anexo 6 conteo actual.

*Nota:* En la tabla 2 del documento “FUNDAMENTOS del VIADUCTO MATANZAS. Etapa III, Fase I y Fase II”, se observa error en los datos de la columna de camiones que debe ser objeto de comprobación con los datos originales obtenidos en el trabajo de campo según (*Diana R. Piad 2011*). Comprobados en esta investigación se realizó el ajuste debido.

Del análisis de estos estudios de la Calzada General Betancourt le tributan tráfico de vehículos de las arterias principales y expresas:

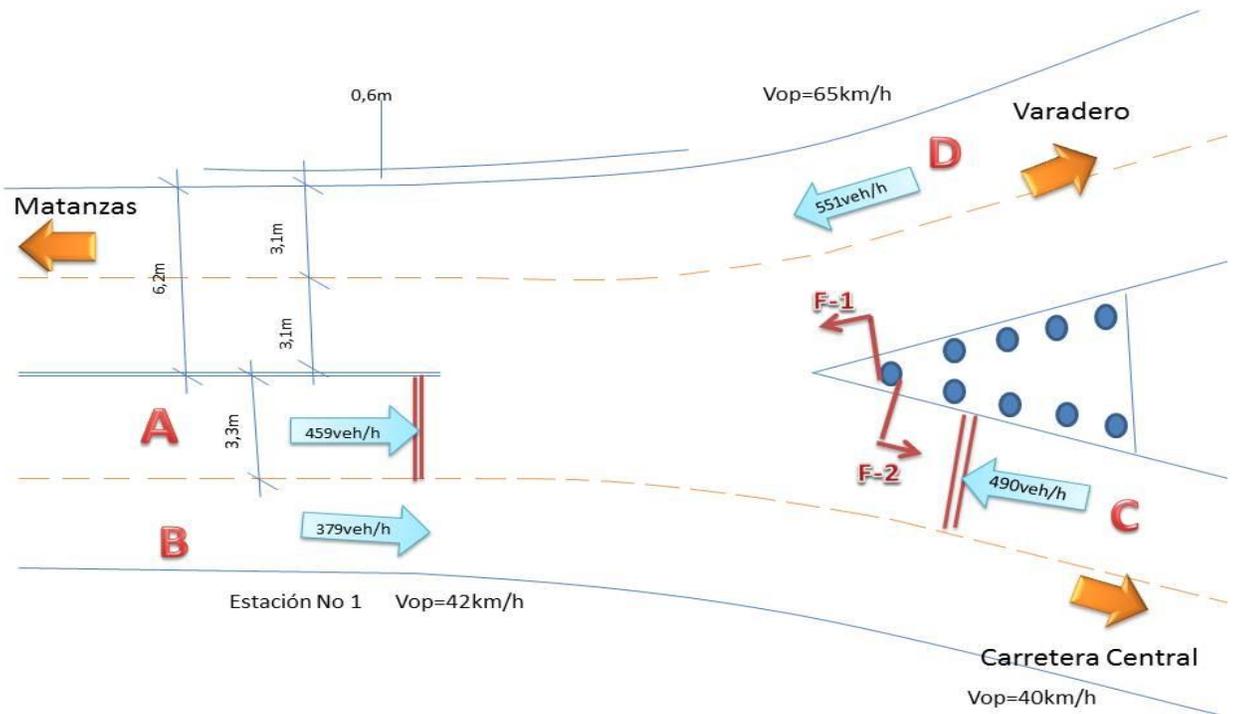
- ✓ La Autopista Matanzas- Varadero con un total de 10872 veh./día, de ellos 5205 veh./día entrando a la ciudad y 5667 veh./día saliendo hacia Varadero.
- ✓ La C. Central con un total de 5423 veh./día, de ellos 2738 veh./día entrando a la ciudad y 2685 veh./día saliendo hacia Limonar
- ✓ El Viaducto de Matanzas con un total de 16447 veh./día, de ellos 7542 veh./día entrando al centro de la ciudad y 8905 veh./día saliendo hacia Peñas Altas.

Lo cual explica por sí solo la alta densidad vehicular que se observa en horas pico, los síntomas de congestión que presenta y una alta interacción vehicular presente en sus corrientes de tráfico.

Para este estudio se prefirió utilizar los datos de la investigación que realizaron en el 2010 al nudo de Peñas Altas, en el mes de julio, la UMCC con estudiantes de 3er año de la carrera de Ingeniería Civil tutorados por el profesor Ing. Homero Morciego Esquivel que ha servido de base estadística para otras tesis de diploma.

**Datos de tráfico en Peñas Altas**

	A	B	C	D
motos	57	62	80	77
Autos lig.	297	203	228	404
ómnibus	62	58	47	33
camiones	35	44	104	28
rastras	8	12	31	9
Total sin Convertir				
Total convertidas las motos				



## 2.6.2 Variaciones y patrones

Del análisis de estas fuentes especializadas y oficiales mencionadas anteriormente se pudo comprobar que el tráfico interno de la ciudad, del cual es representativo el que transita por el Viaducto Matanzas, presenta un *patrón estructural de comportamiento* de la conformación del tráfico diferente al que circula en las vías periféricas fuera de la ciudad. Este patrón está muy relacionado con la dinámica diaria de la ciudad, por tanto los factores de ajustes y expansión que se obtengan de él pueden representar perfectamente lo que sucede a la red vial principal de la ciudad, por cuanto esta trama vial principal funciona como un grupo de control que refleja la movilidad de la misma ciudad; sobre todo y en particular aquellas vías muy vinculadas directamente al viaducto porque reciben su tráfico y le entregan el suyo a este importante vial. De ello se deduce que la base de datos con los coeficientes obtenidos por el Centro Provincial de Vialidad del CNV- Mitrans en el 2004 son confiables para análisis de comportamiento de la Calzada General Betancourt.

Estos coeficientes de ajustes definidos por el C P Vialidad son para nuestra Arteria Principal:

Coeficiente de expansión de volumen de 12 horas a 24 hrs.----- 1.37 para el mes de Julio

Coeficiente de expansión de volumen de 24 horas a TPDA o PAVDT.----- 0.93 para el mes de Julio 2.5.3 Procesamiento de los datos, Predicción al futuro y expansión de los resultados.

### **2.6.3 Procesamiento de los datos, Predicción al futuro y expansión de los resultados**

Cálculo del tráfico para el período de diseño (n años)

$$TPDn = TPDAo(1+r)^{n-1}$$

Donde:

- TPDAn: Trafico Promedio Diario anual para 20 años
- TPDAo: Trafico Promedio Diario anual en el año cero
- r: razón de crecimiento del transito
- n: período de diseño

## **Conclusiones Parciales**

1. La accesibilidad y movilidad en el segmento de vía analizado se encuentran en una situación desfavorable por la creciente demanda de tráfico y las características geométricas de la vía.
2. El estudio de campo arrojó como resultado que el segmento de vía no cumple con los niveles de servicio que corresponde a una vía de su categoría.
3. Se hace necesario tomar medidas para satisfacer la creciente demanda de tráfico en el segmento de vía objeto de estudio.

## **CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

En este capítulo se realiza el diagnóstico de la situación actual de la Calzada General Betancourt tramo La Panchita hasta Peñas Altas a partir de los resultados obtenidos en el capítulo 2 mediante las campañas de campo y las investigaciones realizadas y precedentes, desde la Ingeniería de Transito y Vial, por diversos organismos e instituciones especializadas.

Además, se analizan y recomiendan las medidas a implementar a corto, mediano y largo plazo partiendo de lo contenido en el Plan General de Ordenamiento Territorial de la ciudad elaborado por Planificación Física provincial.

### **3.1 Diagnóstico de la situación actual de la Calzada General Betancourt tramo La Panchita hasta Peñas Altas**

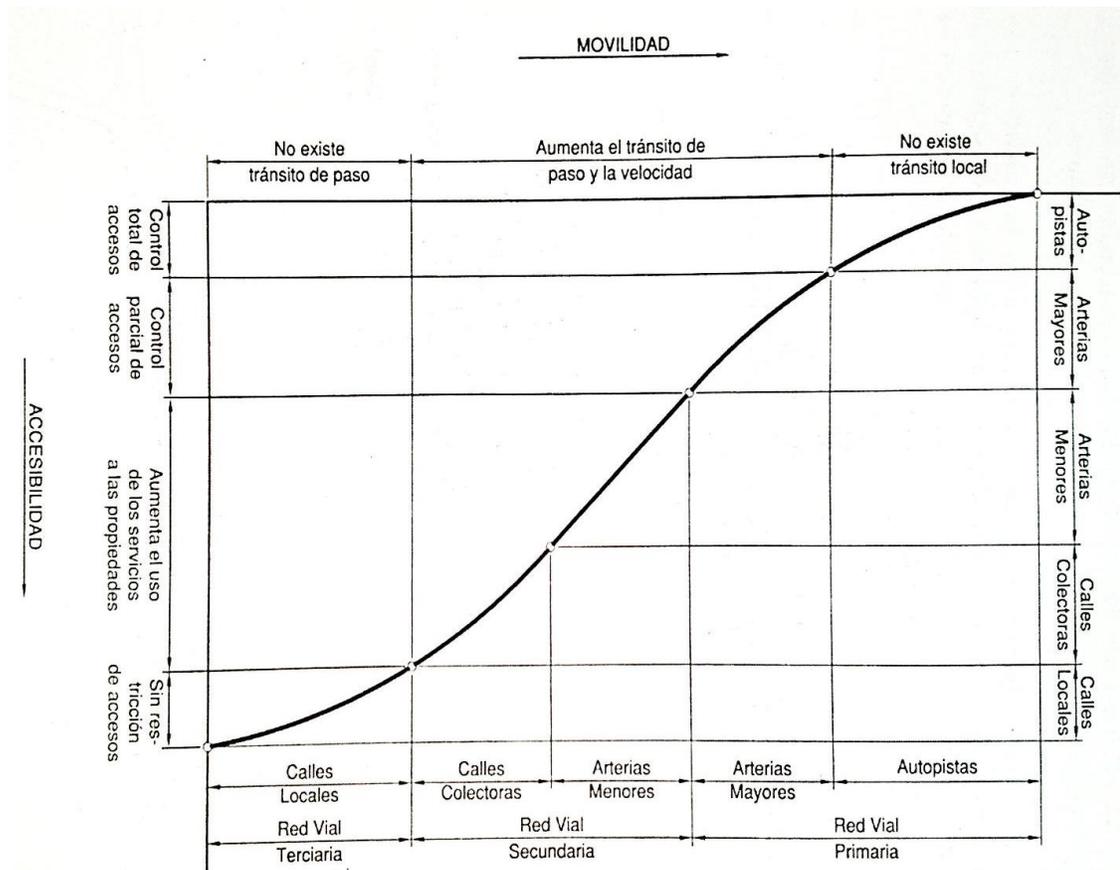
#### **3.1.1 Análisis de la Movilidad y Accesibilidad de la Calzada General Betancourt tramo La Panchita hasta Peñas Altas**

El estar enclavada esta vía en el corredor turístico más importante del país, el Habana-Varadero, y además ser declarada recientemente Matanzas como Ciudad Turística, mas su excepcional situación geográfica provincial donde están presentes recursos de primer nivel para el desarrollo del país, como son los turísticos, petroleros, recursos hídricos y las tierras más fértiles del país, una zona industrial con un puerto de aguas profundas donde está enclavado el puerto de súper tanqueros y en la cual se prevén macros inversiones como una refinería de petróleo, terminal de cruceros, potenciación de un desarrollo industrial en el triángulo Matanzas- Varadero- Cárdenas y otros aspectos más, todo ello acrecienta la necesidad de una alta prioridad en la atención de la problemática de su red vial principal por todas las autoridades.

Según (el Autor: Ing. Orlando Santos Pérez) en “Modelo y procedimientos para la gestión integrada de accesibilidad y movilidad en centros históricos. Aplicación a la Ciudad de Matanzas.” Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas; Tutoras: Dr.C Ing. Maylín Marqués León y Dr.C Ing. Dianelys Nogueira

Rivera, cito: “el Incremento o no de accesibilidad y movilidad urbana depende entre otros factores del Tráfico vehicular, el Tráfico peatonal, la Infraestructura vial, la Señalización y los Estacionamientos, reflejándose estos en las variables siguientes: Nivel de servicio, Accesos peatonales, La Capacidad vial, las Condiciones técnicas de vías, la Seguridad vial, y la Oferta de estacionamientos

En el siguiente gráfico no.---- se expresa mejor la relación entre Movilidad y Accesibilidad.



Como se observa en el segmento de las arterias (menores y mayores) se produce un repunte de la pendiente en la relación entre ambas variables, con predominio de la movilidad, lo cual debe ser la característica predominante de la Calzada General Betancourt tramo La Panchita hasta Peñas Altas, por su papel fundamental en la articulación de los ejes principales de la red vial de la ciudad y su protagonismo único en el corredor turístico más importante del país, el Habana-Varadero.

Actualmente esta vía no responde a esta relación inversamente proporcional en su expresión de su funcionalidad, de acuerdo a los estudios realizados en el capítulo 2, predominado más la accesibilidad, que además se acrecienta con la polarización de diversas instalaciones de servicios recreativos, comerciales, turísticos, etc. que ha predominado en los últimos años, en detrimento de su papel movilizador del tráfico de paso turístico, de los grandes volúmenes generados por la propia ciudad y los que atrae del resto de la provincia o el triángulo Matanzas- Varadero- Cárdenas.

### **3.1.2 Análisis del Plan General de Ordenamiento Territorial y el Plan Vial Urbano de la ciudad de Matanzas.**

En el epígrafe 2.1 encontramos, cito:

- “Otra de las propuestas importantes con prioridad para la ciudad, es la construcción del desvío de la Carretera Central, cuya propuesta está prevista por la traza que dejó el FFCC viejo al trasladarse éste hacia el Sur de la ciudad. Esta obra cubre el recorrido desde La Jaiba (Intercambio vial sobre línea FFCC, aledaño a la Estación de Ferrocarril), pasando por el Reparto Camilo Cienfuegos hasta unirse con la Carretera Central a la altura del Estado Mayor, alejándose de las zonas residenciales y separándolo del flujo vehicular de la Calzada General Betancourt, ya que ambas están sobrecargadas en los horarios picos con diferentes objetivos de sus flujos.”

Propuesta de obras de nueva construcción:

.- Desvío de Carretera Central. Vía propuesta en la franja dejada por el ferrocarril viejo, ya desactivado, que enlazará la Carretera Central a la altura del Estado Mayor, hasta la terminal de Ómnibus Interprovincial. (Tramo con doble sentido de circulación vehicular),

.- Estas dos vías funcionarán con la misma categoría, donde la segunda garantizará que la primera (General Betancourt y Calzada de Esteban), se descarguen de gran parte del flujo vehicular actual que ya es insostenible.

.- Esta propuesta será efectiva una vez que se construya el desvío de la carretera central, por el Sur de la ciudad.

.- Realizar estudios para ampliar la Calzada General Betancourt desde La Panchita, hasta Peñas Altas, con la incorporación de un separador central. Responsables: Centro Provincial de Vialidad, Dirección Provincial de Transporte. Etapa II.”, fin de la cita.

Del estudio de campo realizado del trazado del desvío de la Carretera Central por la franja dejada por el ferrocarril viejo, referido por el PGOT, se obtuvo que:

Primero: Desde la Terminal de Ómnibus Interprovincial no está preservada la faja de vía para interconectar el sector del Reparto Camilo Cienfuegos con el que viene desde la Carretera Central.

Segundo: Detrás del Cocal, desde el cruce de la vía hacia las Cuevas de Bellamar por debajo del paso superior del FFCC central nuevo hasta la antigua entrada a las Cuevas de Bellamar, no está preservada la faja del ferrocarril viejo para la construcción de una arteria principal de ciudad. Este sector está muy comprometido por irregularidades en el ordenamiento urbanístico y descontrol en la parcelación, quedando muy poco espacio para la construcción de la nueva arteria de ciudad, pues la faja dejada oscila por debajo de los 15 a 20m. No podrá incorporarse el tráfico de la Calzada General Betancourt a partir de este tramo.

Tercero: Desde el cruce de la antigua vía de acceso a las Cuevas de Bellamar hasta Peñas Altas, por la franja dejada por el ferrocarril viejo, se encuentran en la misma vía de acceso desde la Calzada General Betancourt a la altura de la playa El Tennis, que se han construido casas encima de la faja y cunetas de esta vía de acceso y en el propio corredor del ferrocarril viejo el espacio dejado por la construcción del nuevo presenta los mismos problemas del sector anterior, pues la faja dejada oscila por debajo de los 15 a 20m. No podrá incorporarse el tráfico de la Calzada General Betancourt a partir de este tramo.

Cuarto: Desde Peñas Altas, por la franja dejada por el ferrocarril viejo, solo encuentra posibilidad de acceso desde la Calzada General Betancourt, bordeando la cerca Este de la base de almacenes del CEATM en el reparto Iglesias, que presenta un cruce con el FFCC viejo hacia los repartos construidos al sur de la línea y que es por donde pasa la ruta de ómnibus urbanos 24. Hay que señalar se observó en algunos tramos que se han construido

casas encima de la faja y cunetas del propio corredor del ferrocarril viejo, lo cual se convertirá en afectaciones inducidas de la obra vial. El corredor de la faja del ferrocarril viejo posibilita la construcción de la arteria principal propuesta, salvo en sus 500m finales hacia la Carretera Central donde la construcción desordenada de viviendas y la irregularidad de la trama vial urbana de esa zona imposibilita la conexión con la Carretera Central a la altura de la entrada con el Estado Mayor del Ejército Central, lo cual implica una rectificación del trazado hacia el sur y probables afectaciones inducidas.

A partir de aquí en general el corredor del Ferrocarril Central realiza una curvatura hacia la derecha buscando el cruce con la Carretera Central por el paso superior construido a la altura de Helpi.

Ver en los Anexos 7 las fotos, mediciones realizadas en campo y los planos del levantamiento actualizado 1: 1500 de cada sector de todo el trazado del FFCC viejo.

Como se desprende de todo lo señalado el tráfico que utilizaría este vial solo podrá construirse desde Peñas Altas hasta la Carretera Central, por lo cual no resuelve la problemática de la Calzada General Betancourt al no posibilitar descongestionar la misma extrayéndole parte del tráfico que la utiliza.

### **3.1.3 Análisis de la clasificación funcional y categorización técnica de la vía Calzada General Betancourt**

Como quedó demostrado en 2.2 es una Arteria Principal multicarril, pero cuya velocidad debe estar entre 50 a 70 Km. /h; con ancho de carril de 3.25 a 3.50m sin separador central, con Radio de giro mínimo para revueltas de esquina de 6.0 m, y para velocidades mayores de 60 km/h debiera tener separador central.

En 2.3 “Estudios de Infraestructura vial” de la campaña de campo realizando las mediciones necesarias se obtuvo que:

Ancho de carriles	Ancho de calzada	Radio de giro en las intersecciones	Separación de obstáculos
2.70 y 2.90 metros	11.20 metros	1,0 metros	0.90 y 2.30 metros

Es decir, la arteria actual no cumple con las normativas vigentes y sus parámetros del diseño vial son muy precarios para el papel que debe desempeñar desde su categoría funcional como Arteria principal de ciudad y su categoría técnica.

Ampliar la vía a sus parámetros normativos y colocarle un separador central mínimo de 1.00m implicaría afectar las líneas de propiedades desde un valor de 2.80m a 3.80m a partir del límite de acera y además correr las redes técnicas, como el drenaje pluvial, redes eléctricas, comunicaciones, alumbrado público, señalización vertical, etc.

### **3.1.3.1 Análisis de la Oferta Vial a partir de la Capacidad Vial y los Niveles de Servicio**

A continuación, se realiza el análisis de la Oferta Vial capaz de brindar la vía a partir de la Capacidad Vial y los Niveles de Servicio que se alcanzan actualmente y los que se prevén en un futuro cercano.

Generalmente se subdividen las vías en sectores de trazados rectos entre intersecciones semaforizadas, para el análisis de la capacidad de estos y se estudia aparte la capacidad de las intersecciones con dispositivos de control (semáforo, señal de Pare o Ceda el paso), realizándose un análisis global de toda la vía con posterioridad.

En nuestro caso desestimamos el semáforo peatonal ubicado frente a Versailles y las 13 plantas norte, pues simplemente no se cumplen los requerimientos técnicos y normativos para su colocación (ver en Anexo 8) fotos tomadas del estudio peatonal realizado en horarios picos donde se observa que es muy pobre el flujo de peatones.

Al realizarse el cálculo de la capacidad de la vía se pudo determinar que la misma es de 1859 vehículos por hora en una dirección, utilizando la ecuación que se describe en el capítulo 1. Al determinarse el nivel de servicio en que se encuentra la vía en este

momento se definió según la norma que se encuentra prestando un nivel de servicio E, ya en transición al F, y en el futuro pasará al F, por lo que la vía presenta un flujo forzado y de bajas velocidades de circulación como se demostró en el estudio de velocidad espacial y temporal por tipo de vehículos y total general para cada sentido de circulación.

Del epígrafe 2.6 tenemos que los Volúmenes Horarios de Máxima Demanda (VHMD) para cada uno de esos años son:

Para el año 2020:  $VHMD_{20} = TPDA_{20} \times K = 13244 \times 0.12 = 1589 \text{ veh/hr}$

Para el año 2025:  $VHMD_{25} = TPDA_{25} \times K = 14336 \times 0.12 = 1720 \text{ veh/hr}$

Para el año 2030:  $VHMD_{30} = TPDA_{30} \times K = 15824 \times 0.12 = 1899 \text{ veh/hr}$

Como se observa las tazas de flujos direccionales para la corriente vehicular más cargada estarán con valores superiores a los 1500 veh/hr.

#### **3.1.4 Análisis de accidentalidad**

Según (Libeisy Sánchez, 2018) dentro de la ciudad de Matanzas se identificó como **tramo de alta peligrosidad:** desde la Panchita por Calzada General Betancourt hasta Peñas Altas, donde ocurrieron 13 accidentes con 1 fallecido y 16 lesionados durante el primer cuatrimestre del año 2018; lo que se traduce, según nuestro estudio que, manteniendo un pronóstico reservado, en 39 accidentes con 3 fallecidos y 48 lesionados por año con tendencia al incremento.

En este tramo de vía, al igual que en resto de la provincia, se identifican como causas aparentes o subjetivas: no respetar el derecho de la vía, no atender al control del vehículo e ingestión de bebidas alcohólicas; pero la realidad demuestra que además existen otras causas reales u objetivas, como son las siguientes:

- *Muy alta composición del tráfico vehicular;* ya que el problema radica en que la mayor cantidad de vehículos que circulan por este tramo son pesados, generalmente camiones y ómnibus, además de una fuerte taza de motos.

- *Los insuficientes parámetros técnicos de la calzada*; el principal problema está en que esta no reúne los requisitos para su función de vía multicarril urbana como Arteria Principal. Está compuesta por cuatro carriles de circulación muy estrechos, no sobrepasan los 2.8 metros y no tiene separador central, los carriles extremos tienen un ancho efectivo muy reducido y están afectados por el mal funcionamiento de los colectores pluviales, desperfectos en el pavimento y otros los días en que las condiciones climáticas son extremas, lo que provoca que estos se inunden y los vehículos no puedan transitar por ellos, cargando los carriles centrales.
- *Los postes de electricidad y alumbrado público*, se encuentran al borde del contén, en la mayoría de los casos la separación entre estos y el contén integral es menor de 70 centímetros, por lo que se convierten en un obstáculo para los peatones.

Estos problemas provocan mucho roce entre los vehículos y disfuncionalidad de la vía; además este tramo divide una zona residencial sur y una zona residencial al norte con densidad creciente de instalaciones de servicios comerciales, recreativos, etc.; que se produce un tráfico de muchos vehículos ejecutando maniobras peligrosas y un creciente flujo de peatones que necesitan cruzar la calzada para acceder al transporte público y estos servicios mencionados. Este conjunto de factores crea fuerte inseguridad vial que se convierte en accidentalidad.

### **3.2 Recomendación de medidas a implementar a corto, mediano y largo plazo.**

#### **3.2.1 Medidas a corto plazo o de bajo costo.**

En un primer enfoque, generalmente la experiencia internacional determina que las medidas de corto plazo o conocidas también como de bajo costo son acciones preferidas en primera instancia pues ayudan a solventar algunos de los problemas que presentan las vías cuando se observan impactos negativos en la movilidad como son: congestión, bajas velocidades de circulación, incrementos de la accidentalidad, muy bajo nivel de confort y seguridad vial, y otros aspectos que deterioran su capacidad de servicio.

En este caso un conjunto de medidas a considerar a través de ordenanzas públicas por la autoridad competente, estarían dirigidas a:

- • Eliminar las detenciones instantáneas de los vehículos fuera de las paradas de ómnibus establecidas, todo ello mediante las regulaciones que se pueden establecer con señalizaciones adecuadas y regulación operativa.
- • Estudiar y establecer un nuevo ordenamiento de la circulación en la vialidad secundaria que brinda servicio y accesibilidad al reparto Playa e instalaciones de servicios adyacentes, reduciendo los giros de izquierda sobre la vía en demasía; Ej. La ruta 9 antes del Servi Cimex sobre la calzada principal en horarios picos.
- • Eliminar totalmente la circulación de ciclos, carretones, etc. que todavía se observan en la Czda. Gral. Betancourt, creando las debidas condiciones en las calles Larga de Escoto-Pilar.
- • Limpieza de los registros y conductos del sistema del drenaje pluvial.
- • Mejorar la señalización horizontal y colocación de señalizadores reflectorizantes en el separador central.
- • Prohibir la circulación de camiones en los horarios picos para redirigirlos hacia otros horarios menos conflictivos anteriores o posteriores a los picos.
- • Realizar campañas de educación vial pública y formación de una conciencia ciudadana sobre la situación que presenta esta arteria principal, pues es inexistente y se desconoce por la ciudadanía los índices de accidentalidad existentes.
- • Potenciar acciones de conservación vial más eficaces y sistemáticas.
- • Estudiar nuevos cruces peatonales señalizados en accesos a zonas de playas en el verano.

### **3.2.2 Medidas a mediano plazo o de costo moderado.**

En este caso es menester la instrumentación de un plan con un conjunto de medidas a mediano plazo o también conocidas como soluciones incrementales, que requiriendo marcos financieros moderados tienen un alto impacto en la solución de diferentes

problemáticas que inciden negativamente sobre el sistema viario; y que enfocadas como un sistema de soluciones concatenadas aportan en conjunto a mediano plazo beneficios palpables, siendo factible, como su nombre indica, ordenarlas progresivamente o incrementales en el tiempo.

Entre estas medidas y soluciones tendríamos:

Mejoras de los radios de giros de las esquinas de las intersecciones según normativas vigentes.

Completamiento y ampliación del sistema de drenaje pluvial con nuevos elementos de captación, canales soterrados de deposición final con cámaras de rejillas y decantadores de sólidos y basuras productos de los arrastres.

Redistribución de las paradas de ómnibus actualmente sobre la vía, hacia espacios donde se pueden completar con sus bolsillos de estacionamientos o bahías y paradas- casetas protectoras del interperismo. Posibilita una reducción de estas y por tanto mejorar la eficiencia de la transportación pública.

Traslación de obstáculos (postes eléctricos, pedestales de señales, iluminación pública, etc. a distancias mayor de 1.80m para eliminar su efecto sobre los conductores.

Reconstruir los pavimentos rígidos de las paradas de bolsillos existentes con deterioros progresivos según normativas vigentes.

Realizar bacheos profundos donde se presentan fallos en la losa de hormigón del pavimento.

Reordenamiento del tráfico pesado y de paso por esa ruta, reorientándolo hacia otros derroteros acondicionados para ese fin y que se autoricen mediante las hojas de rutas.

Estudio y construcción de pasos peatonales a desnivel (soterrados o elevados).

Redefinir la política del uso de suelo de ese corredor turístico, posibilitando la no localización de nuevas instalaciones y el retiro o traslado de instalaciones no compatibles

con ese papel, destinando posteriormente esos espacios e instalaciones a otros fines propios de una zona con vocación turística- recreativa.

### **3.2.3 Medidas a largo plazo o inversiones finales.**

Por último es necesario la elaboración de una estrategia inversionista con visión local y nacional, mediante un programa de inversiones que contemple un conjunto de soluciones a largo plazo, que requerirán marcos financieros más amplios y que cubran desde los estudios preliminares e ingenieros aplicados hasta cada una de las interfaces de la documentación técnica de las inversiones según el Proceso Inversionista establecido por la legislación vigente en nuestro país; y que por tanto tendrán el más alto impacto en la solución definitiva de las diferentes problemáticas que no son cubiertas por las etapas a corto y mediano plazo.

Entre estas medidas y soluciones tendríamos:

- Desplazamiento definitivo del tráfico pesado que hoy circula por esa arteria, mediante el estudio de la Solucione Conceptual para el posible corrimiento de la faja del Ferrocarril Nacional; que posibilite liberar la faja necesaria del ferrocarril viejo para el diseño y construcción de una arteria de ciudad paralela a la Calzada General Betancourt, enlazando la Carretera Central con el Intercambio de la Jaiba de manera paulatina y progresiva, complementando los ejes Este –Oeste de la ciudad.
- De no ser posible la solución anterior, estudiar una faja vial que a partir del cruce por debajo del Ferrocarril Nacional en el elevado en el Cocal y que actualmente utiliza la carreta a las Cuevas de Bellamar, transite por el Sur del mismo hasta salir a la Carretera Central.
- Diseño y construcción de la solución definitiva del nudo de Peñas Altas.

## CONCLUSIONES

1. Fue resaltado el papel del Plan General de Ordenamiento Territorial identificándose normativas internacionales y nacionales para la clasificación funcional y categorización técnica de vías urbanas. Además se estudió el concepto Demanda de Movilidad-Accesibilidad y la relación entre Oferta vial y Demanda de movilidad-accesibilidad, y se logró describir tanto los Estudios de infraestructura vial como fue necesario abordar los Estudios de Tránsito en sistemas de vías urbanas tales como: Estudios de volúmenes de tránsito, sus variaciones y patrones, así como los Modelos de Predicción al futuro; los Estudios de velocidad de los flujos vehiculares y los Análisis de accidentalidad y el procesamiento de las estadísticas de accidentes de tránsito.
2. Se demuestra que el Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano de la ciudad de Matanzas de la DPPF no incluye los resultados de investigaciones que soporten los planteamientos teóricos ni las propuestas realizadas, que en general son inviables e imposibles de implementar. En este sentido los estudios de campo arrojaron que la vía no cumple ni con los niveles de servicio, ni las velocidades medias espaciales, ni las deficientes características geométricas se corresponde a una vía de su categoría.
3. Fue demostrado que circulan altos flujos vehiculares de diferente composición que complejizan las condiciones de circulación, por lo que la accesibilidad y movilidad en el segmento de vía analizado se encuentran en una situación desfavorable, comprometida por la creciente demanda de tráfico presente y futura, agravándose la accidentalidad de la vía y su alta interacción vehicular presente en sus corrientes de tráfico.
4. Por último, se muestran una relación de Medidas a corto plazo o de bajo costo, Medidas a mediano plazo o de costo moderado y Medidas a largo plazo o inversiones finales que estarían enfocadas a los problemas más complejos de esa vía. Este conjunto de medidas a considerar a través de ordenanzas públicas por la autoridad competente

y el Proceso Inversionista, pueden ser contempladas en un Programa Estratégico de Desarrollo de la red vial urbana.

## RECOMENDACIONES

1. Deberán realizarse por las entidades pertinentes estudios más profundos para el análisis de la faja de emplazamiento de los ferrocarriles nuevo y viejo, de manera que evalúen si es posible desplazar el primero más al Sur desde el Cocal hasta Peñas Altas, de forma que posibilite un corredor suficiente para el diseño de una Arteria Principal de ciudad que asuma el tráfico pesado y de paso de la Calzada General Betancourt, desde la Carretera Central hasta el Reparto Camilo Cienfuegos, tal como propone el PGOTU de Matanzas.
2. Realización de no ser factible la variante anterior, de los estudios de planeamiento de un corredor de faja vial para dicha Arteria Principal al Sur del ferrocarril nuevo, a partir del paso de la carretera de las Cuevas de Bellamar por debajo del paso superior ferroviario en el Cocal hasta salir a la Carretera Central.
3. Elaboración por las autoridades de un programa general que organice en tiempo y espacio los recursos financieros y materiales necesarios para implementar las medidas recomendadas por esta tesis para la situación de la Calzad General Betancourt a corto, mediano y largo plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. (AASHTO), A. A. O. S. H. A. T. O. 2011. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
2. (DPPF), D. P. D. P. F. 2011. Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU) de Matanzas.
3. (PCC), P. C. D. C. 2016. Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.
4. AGOSTA, R. & PAPA ZIAN, A. 2006. Diseño Geométrico de la Infraestructura de Transporte Terrestre.
5. ANAYA PERLA, G. M., PALACIOS ESCOBAR, A. R. & ROMERO REINA, I. 2004. *Conflictos entre el gobierno central contra la autonomía municipal por la construcción del tramo del anillo periférico en el municipio de Soyapango.*
6. ARENCIBIA FUNDORA, A. 2016. *Propuesta de solución vial a desnivel en la intersección de Peñas Altas.*
7. AUNTA PEÑA, A. M. 2014. Análisis territorial y dinámicas regionales en el noroccidente de Caldas a partir de la conectividad, las centralidades y las capacidades municipales
8. BATISTA HERNÁNDEZ, H. J. 2010. Estudio del trazado vial para un anillo periférico norte a la Ciudad de Matanzas.
9. BENABENT FERNÁNDEZ, M. 2017. Ground public transport and accessibility, instruments for the functional analysis of the settlements system: the case of Ecuador. *Estoa N°11*, Vol. 6.
10. CAL Y MAYOR REYES SPÍNDOLA, R. & CÁRDENAS GRISALES, J. 2010. *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones.*
11. CONSEJO DE MINISTROS 2015. REGLAMENTO DEL PROCESO INVERSIONISTA.
12. CUBA DÍAZ, J. M. 2012. Expediente de la Ciudad de Matanzas.
13. CUERVO, H. 1985. La planificación de las ciudades en Cuba. *Arquitectura y Urbanismo*, VI No. 1.
14. DÁVILA, J. D., BRAND, P., JIRÓN, P., VARGAS CAICEDO, H., COUPÉ, F., CÓRDOBA, J. E., MEJÍA G., M. Á., AGUDELO V., L., CARDONA, J. G., SARMIENTO O., I., GAKENHEIMER, R., RUEDA G., N., SÁENZ G., L. H., ACEVEDO, J., VELÁSQUEZ, J. M., BOCAREJO, J. P., ALVAREZ R., M. J., BOCAREJO, D., DASTE, D., NARANJO, N., KOCH, F. & AMORIM DA SILVA, V. R. 2012. *Movilidad urbana y pobreza: Aprendizajes de Medellín y Soacha.*
15. DÍAZ DE LA ESPINA, L. Z. 2015. *Accesibilidad en el transporte público colectivo urbano: una mejor comprensión de la experiencia de discapacidad.* doctorado.
16. DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO 2005. Manual de Diseño Geométrico de Vialidades.
17. DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS 2016. Manual de proyecto geométrico de carreteras.
18. ELVIK, R. 2013. El Manual de Medidas de Seguridad Vial. Fundación MAPFRE.
19. FERNÁNDEZ, E. 1986. Clima urbano. *Arquitectura y Urbanismo*, VII No. 3. 71

20. FERREIRA, R. V. & DA GRAÇA RAFFO, J. 2013. Visualização cartográfica da acessibilidade de geográfica aos postos de saúde da região rural de Registro (SP).
21. GARCÍA SANTANA, A. 2009. *Matanzas. La Atenas de Cuba.*
22. GONZÁLEZ GARCÍA, C. 2017. *Procedimiento para la planificación y control de flujos vehiculares en la Zona Priorizada para la Conservación del Centro Histórico de la Ciudad de Matanzas.*
23. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, L. 2017. *Procedimiento para la planificación y control de flujos peatonales en la Zona Priorizada para la Conservación del Centro Histórico de la ciudad de Matanzas.* Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil, Universidad de Matanzas Sede "Camilo Cienfuegos".
24. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA 2008. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.
25. LANDON C., P. 2013. Movilidad cotidiana y exclusión social: anverso y reverso de la instalación de la autopista acceso sur en la periferia pobre de la metrópolis de Santiago de Chile.
26. LORÍA SALAZAR, L. G., MATAMOROS KIKUT, I. & ALPÍZAR GUTIÉRREZ, D. 2011. Planificación del Transporte. *Pitra*, Vol 2. N° 19.
27. MAPFRE, A. E. D. L. C. Y. Á. D. P. Y. S. V. D. F. 2015. Contribución de la carretera a la mejora de la seguridad vial en España.
28. MARTÍNEZ GÓMEZ, A. 2000. Análisis económico, costo - beneficio, para estudios y proyectos de carreteras. *In: CENTRO NACIONAL DE VIALIDAD, M. (ed.).*
29. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 1984. NC 53 - 118 Vías con flujo ininterrumpido. Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio.
30. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 1987. NC 53.080.1987 Vías urbanas.
31. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 2010a. NC 753.2010 Carreteras. Vías rurales. Clasificación funcional.
32. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 2010b. NC 754: 2010 Carreteras. Requisitos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales.
33. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 2012. NC 853: 2012 Carreteras rurales. Categorización técnica y características geométricas del trazado directo.
34. PÁEZ, A., SCOTT, D. M. & MORENCY, C. 2012. Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators. *Journal of Transport Geography*, vol. 25, 141-153.
35. PERESBARBOSA GARZA, L. 2013. *Diagnóstico de las prácticas de movilidad y accesibilidad en ciudad universitaria (uanl) para lograr una movilidad sustentable.* maestría.
36. PEREYRA, G., VALIENTE, M. B., LUNA, M. & VÁSQUEZ, M. J. 2014. Internal connectivity of department Chimbas (San Juan). Analysis of public transport passenger. *Contribuciones Científicas*, Vol. 26.
37. PIAD ALDAZÁBAL, D. R. 2011. *Evaluación de Circunvalante Norte de la Ciudad de Matanzas.*
38. RADELAT EGÜES, G. 1964. *Manual de Ingeniería de Tránsito.*
39. RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J. C. 2016. *Propuesta de solución a nivel tipo rotonda de la intersección vial Peñas Altas.*

40. (DPPF), D. P. D. P. F. 2011. Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU) de Matanzas.
41. ALCALDIA DISTRITAL DE BARRANQUILLA. 2017. Gestión de Infraestructura Vial y cierre de vías. [Online]. Colombia. Available: [atencionalciudadano@barranquilla.gov.co](mailto:atencionalciudadano@barranquilla.gov.co)
42. [www.barranquilla.gov.co/transito/](http://www.barranquilla.gov.co/transito/).
43. ARCHIVOS DE PROYECTOS DEL BANCO MUNDIAL 2000. Ciudades en movimiento: Revisión de la estrategia de transporte urbano del banco mundial., 112.
44. BORJA, J. 2000. La ciudad del siglo XXI. El desafío del espacio público.
45. CAL Y MAYOR REYES SPÍNDOLA, R. & CÁRDENAS GRISALES, J. 2010a. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones.
46. CAL Y MAYOR REYES SPÍNDOLA, R. & CÁRDENAS GRISALES, J. 2010b. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones., México, D.F.
47. CASTRO PERDOMO, N. A. 2015. Modelo de ordenamiento de las actividades de interfaces para la gestión integrada de la ciencia, tecnología, innovación y medioambiente a nivel territorial. Científico Doctoral, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas.
48. CORVALÁN, A. L. 2008. Transporte, movilidad y exclusión. El caso de Transantiago de Chile. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias, vol. XII.
49. DURANTON, G. & GUERRA, E. 2016. Urban accessibility: Balancing land use and transportation., 53.
50. FUNDORA AYUSO, G. 2014. Conservación de carreteras., La Habana.
51. LITMAN, T. & VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE 2011. Measuring Transportation. Traffic, Mobility and Accessibility., 17.
52. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS DE CHILE 2015. Infraestructura vial urbana e interurbana., 42.
53. MINISTERIO DE TRANSPORTE 2014. Metodología para la elaboración de planes viales municipales.
54. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO 2009. Manual de vialidad urbana. Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana., 331.
55. NC 53-118 1984. Vías con flujo interrumpido. Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio. In: NORMALIZACIÓN, C. E. D. (ed.) Norma Cubana. Habana Vieja.
56. NC 53-148 1985. Vías con flujo interrumpido. In: NORMALIZACIÓN, C. E. D. (ed.). Egido No. 610 e/ Gloria y Apodaca. Habana Vieja.
57. NC 391-1 2010. Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas. Parte 1: Elementos generales. In: (NC), O. N. D. N. (ed.). Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana. Cuba.
58. OFICINA DEL CONSERVADOR DE LA CIUDAD DE MATANZAS 2016. Propuesta para transformar la Plaza de la Vigía en un área peatonal. La Nueva Aurora.
59. RAMÍREZ DÍAZ, J. 2006. Texto de Diseño Geométrico de Carreteras en Formato Digital. Trabajo de Diploma, CUJAE.

60. ROLÓN, R. 2006. Diseño geométrico de vías urbanas., Universidad Tecnológica Nacional.
61. SANZ, L. S. Y. G. Y. J. L. D. L. R. 2008. CIUDADES CON ATRIBUTOS: CONECTIVIDAD, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD. Ciudades 11, 20.
62. VASCONCELLOS, E. A. 2010. Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad.
63. VASSALLO MAGRO, J. M. & IZQUIERDO DE BARTOLOMÉ, R. 2010. Infraestructura Pública y Participación Privada Conceptos y experiencias en América y España.

## ANEXOS

### Anexo 1

*Efecto combinado de anchura de carril y distancia a obstáculos laterales sobre la capacidad real y volúmenes de servicio en carreteras de múltiples carriles para flujo ininterrumpido.*

<b>Tabla 7 EFECTO COMBINADO DE ANCHURA DE CARRIL Y DISTANCIA A OBSTACULO LATERAL SOBRE LA CAPACIDAD REAL Y VOLUMENES DE SERVICIO EN CARRETERAS DE MULTIPLES CARRILES PARA FLUJO ININTERRUMPIDO</b>								
Distancia desde el borde del pavimento a la obstrucción (m)	Factor de ajuste para anchura de carril y distancia A OBSTACULO LATERAL							
	Anchura Carril 3,6 m	Anchura Carril 3,3 m	Anchura Carril 3,0 m	Anchura Carril 2,7 m	Anchura Carril 3,6 m	Anchura Carril 3,3 m	Anchura Carril 3,0 m	Anchura Carril 2,7 m
<b>a) Carretera de cuatro carriles no divididas en un sentido</b>								
1,8	1,00	0,95	0,89	0,77	NA	NA	NA	NA
1,20	0,98	0,94	0,68	0,76	NA	NA	NA	NA
0,6	0,95	0,92	0,86	0,75	0,94	0,91	0,86	NA
0	0,88	0,85	0,80	0,70	0,81	0,79	0,74	0,66
<b>b) Carretera de seis carriles no divididas en un sentido</b>								
1,8	1,00	0,95	0,89	0,77	NA	NA	NA	NA
1,2	0,99	0,94	0,88	0,76	NA	NA	NA	NA
0,6	0,97	0,93	0,86	0,75	0,96	0,92	0,85	NA
0	0,94	0,90	0,83	0,72	0,91	0,87	0,81	0,70
N.A. No aplicable, usar el factor de ajuste para el lado derecho								
1 Toma en cuenta los efectos del tránsito opuesto								
2 Aprobada para usar solamente en carretera de cuatro carriles, no divididas, que temporalmente son divididas en dos vías, por obstrucciones tales como puentes, barreras, separadores, elementos estructurales, y otros.								

*Fuente: Oficina Nacional de Normalización, 1984)*

### Anexo 2

*Carros equivalentes de pasajeros para camiones y ómnibus en carreteras de múltiples carriles sobre una sección de longitud considerable.*

Tabla 8 CARROS EQUIVALENTES PROMEDIO DE PASAJEROS PARA CAMIONES Y OMNIBUS EN CARRETERAS DE MULTIPLES CARRILES SOBRE UNA SECCION DE LONGITUD CONSIDERABLE. (Incluye pendientes, rampas y secciones a nivel).				
NIVEL DE SERVICIO		EQUIVALENCIA E Para		
		Terreno a Nivel	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso
A		Variable, uno o más camiones tienen el mismo efecto (no existen equivalencias)		
Desde el B hasta el E	E <sub>t</sub> para camiones	2	4	8
	E <sub>b</sub> para ómnibus <sup>1</sup>	1,6	3	5

1 - Usar solamente cuando los volúmenes de ómnibus sean  $\geq 3\%$

Fuente: Oficina Nacional de Normalización, 1984)

Carros equivalentes de pasajeros para camiones en carreteras de múltiples carriles para subsecciones individuales con pendientes.

**Tabla 9 CARROS EQUIVALENTES DE PASAJEROS PARA CAMIONES EN CARRETERAS DE MÚLTIPLES CARRILES PARA SUBSECCIONES INDIVIDUALES CON PENDIENTES**

Pendiente %	Longitud de pendiente	CARROS EQUIVALENTES DE PASAJEROS E <sub>c</sub>									
		Del Nivel de Servicio A al C					Niveles de Servicio D y E				
		Camiones					Camiones				
		3%	5%	10%	15%	≥20%	3%	5%	10%	15%	≥20%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0 a 1	Todos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	0,4 a	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3
	1,2 a	7	5	5	4	4	7	5	5	4	4
	2,4 a	7	6	6	6	6	7	6	6	6	6
	3,2 a	7	7	8	8	8	7	7	8	8	8
	4,8 a	7	7	8	8	8	7	7	8	8	8
3	0,4	10	8	5	4	3	10	8	5	4	3
	0,8	10	8	5	4	4	10	8	5	4	4
	1,2	10	8	6	5	5	10	8	5	4	5
	1,6	10	8	6	5	6	10	8	6	5	6
	2,4	10	9	7	7	7	10	9	7	7	7
	3,2	10	9	8	8	8	10	9	8	8	8
	4,8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6,4	10	10	11	11	11	10	10	11	11	11	
4	0,4	12	9	5	4	3	13	9	5	4	3
	0,8	12	9	5	5	5	13	9	5	5	5
	1,2	12	9	7	7	7	13	9	7	7	7
	1,6	12	10	8	8	8	13	10	8	8	8
	2,4	12	11	10	10	10	13	11	10	10	10
	3,2	12	11	11	11	11	13	12	11	11	11
	4,8	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14
6,4	12	13	15	15	14	13	14	16	16	15	
	0,4	13	10	6	4	3	14	10	6	4	3
	0,8	13	11	7	7	7	14	11	7	7	7
5	1,2	13	11	9	8	8	14	11	9	8	8
	1,6	13	12	10	10	10	14	13	10	10	10
	2,4	13	13	12	12	12	14	14	13	13	13
	3,2	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15
	4,8	13	15	16	16	16	14	17	17	17	17
6,4	13	17	19	19	17	16	19	22	21	19	
6	0,4	14	10	6	4	3	15	10	6	4	3
	0,8	14	11	8	8	8	15	11	8	8	8
	1,2	14	12	10	10	10	15	12	10	10	10
	1,6	14	13	12	12	12	15	14	13	13	11
	2,4	14	14	14	14	14	15	16	14	15	14
	3,2	14	15	16	16	16	15	18	18	18	16
	4,8	14	16	18	18	18	15	20	20	20	19
6,4	19	19	20	20	20	20	23	23	23	23	

Fuente: Oficina Nacional de Normalización, 1984)

**Anexo 3**

Carros equivalentes para ómnibus interprovinciales en carreteras de múltiples carriles para subsecciones individuales con pendientes.

**Tabla 10 CARROS EQUIVALENTES DE PASAJEROS PARA OMNIBUS INTER-PROVINCIALES EN CARRETERAS DE MULTIPLES CARRILES PARA SUBSECCIONES INDIVIDUALES CON PENDIENTES**

CARROS INDIVIDUALES DE PASAJEROS E <sub>b</sub>		
PENDIENTE <sup>1</sup> %	Niveles de Servicios desde el A hasta el C	Nivel de Servicio D y E
0 a 4	1,6	1,6
5 <sup>2</sup>	4	2
6 <sup>2</sup>	7	4
7 <sup>2</sup>	12	10

1 - Para todas las longitudes

2 - Uso generalmente restringido para pendientes de 800 m de longitud o mayor

Fuente: Oficina Nacional de Normalización, 1984)

#### Anexo 4

*Nivel y volúmenes máximos de servicio en carreteras de múltiples carriles para flujo ininterrumpido.*

Tabla 6 NIVELES Y VOLÚMENES MÁXIMOS DE SERVICIO EN CARRETERAS DE MULTIPLES CARRILES PARA FLOJO ININTERRUMPIDO								
NIVEL DE SERVICIO	Condiciones del flujo del tránsito		Relación V/C (Volumen de servicio/capacidad real)			Máximo volumen de servicio para condiciones ideales, velocidad de diseño* de 112 km/h (Veh. por hora)		
	Descripción	Velocidad de operación km/h	Veloc. de diseño* lim. 112 km/h	Valores de trabajo para una velocidad de diseño* restringida		Carret. de cuatro carriles (2 carriles un sentido)	Carret. de ocho carriles (3 carriles un sentido)	Por cada carril adicional
				96 km/h	80 km/h			
A	Flujo libre	≥96	≤0,30	a	a	1 200	1 000	600
B	Flujo estable (alta velocidad)	≥80	≤0,50	≤0,20	a	2 000	3 000	1 000
C	Flujo estable	≥64	≤0,75	≤0,50	≤0,25	3 000	4 500	1 500
D	Se aproxima al flujo inestable	≥56	≤0,90	≤0,85	≤0,70	3 600	5 400	1 800
E	Flujo inestable	Aproxim. 48		≤1,00		4 000	6 000	2 000
F	Flujo forzado	Aproxim. <48	No tiene sentido o significado				Muy variable	

a - La velocidad de operación requerida para estos niveles no se pueden alcanzar, aún para bajos volúmenes

\* - Velocidad promedio de diseño.

Fuente: Oficina Nacional de Normalización, 1984)

## Anexo 5

### Capacidad para condiciones ideales

Tipo de Carretera	Capacidad ideal (vehículo de pasajeros por hora)	
Carriles múltiples .....	2 000	por carril
Dos carriles y dos sentidos...	2 000	total para los dos sentidos
Tres carriles y dos sentidos..	4 000	total para los dos sentidos

Fuente: Oficina Nacional de Normalización, 1984)

## Anexo 6

Sentido Matanzas - Peñas Altas										
velocidades	tipo 1		tipo 2		tipo 3+4+8		tipo 5+6+9		tipo 10+11	
	frecuencia	f*V	frecuencia	f*V	frecuencia	f*V	frecuencia	f*V	frecuencia	f*V
18	6	108	29	522	3	54	1	18	0	0
23	37	851	139	3197	26	598	24	552	5	115
28	18	504	41	1148	11	308	9	252	0	0
33	1	33	13	429	3	99	2	66	0	0
Σ	62	1496	222	5296	43	1059	36	888	5	115
Vt (mph)	24,12903226		23,85585586		24,62790698		24,66666667		23	
Vt (km/h)	38,60645161		38,16936937		39,40465116		39,46666667		36,8	

Sentido Peñas Altas - Matanzas										
velocidades	tipo 1		tipo 2		tipo 3+4+8		tipo 5+6+9		tipo 10+11	
	frecuencia	f*V	frecuencia	f*V	frecuencia	f*V	frecuencia	f*V	frecuencia	f*V
18	10	180	13	234	0	0	2	36	0	0
23	49	1127	120	2760	11	253	15	345	6	138
28	27	756	61	1708	16	448	23	644	0	0
33	2	66	7	231	1	33	1	33	0	0
38	0	0	1	38	0	0	0	0	0	0
Σ	88	2129	202	4971	28	734	41	1058	6	138
Vt (mph)	24,19318182		24,60891089		26,21428571		25,80487805		23	
Vt (km/h)	38,70909091		39,37425743		41,94285714		41,28780488		36,8	

**Anexo 7**



**Anexo 8**



