



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

279  
113

CARACTERISTICAS, VOLUMEN Y TRANSITO EN CARRETERAS

T R A B A J O      E S C R I T O

Que para obtener el Título de  
I N G E N I E R O      C I V I L  
P r e s e n t a

J A I M E      L O P E Z      P I N E D A

México, D. F.

1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**CARACTERISTICAS, VOLUMEN Y TRANSITO EN CARRETERAS**

**I N D I C E**

**I N T R O D U C C I O N**

**1. - ACCIDENTES DE TRANSITO**

**1.1. - Información de los Registros de Tránsito**

**A. - Procedimiento para dar parte**

**B. - Archivo de los Informes**

**1.2. - Ordenación y Análisis de la Información  
sobre Accidentes de Tránsito**

**A. - Organización Técnica de los datos sobre  
Accidentes**

**B. - Mapas de Ubicación de Accidentes**

**C. - Lugares dónde se concentran los Accidentes  
Diagramas de Colisión y de Condiciones**

**D. - Causas de los Accidentes**

**E. - Estadística en México**

**1.3. - Características de los Accidentes de Tránsito**

**A. - Magnitud del Problema, Indices**

- B. - Distribución y Peculiaridades Habituales  
de los Accidentes de Tránsito

1.4. - Medidas para Evitar Accidentes de Tránsito

- A. - Distintos Tipos de Medidas
- B. - Relación de los Accidentes con las  
características de las Vías
- C. - Estudios antes y después de tomar Medidas  
para evitar Accidentes

2. - CARACTERISTICAS DE TRANSITO

2.1. - Composición del Tránsito por la clase de vehículos

2.2. - Factores que afectan la Velocidad del Tránsito

- A. - La Velocidad y el Conductor
- B. - La Velocidad y el Vehículo
- C. - La Velocidad y la Carretera
- D. - La Velocidad y el Medio Ambiente

2.3. - Las Velocidades que se observan en el Tránsito

- A. - Disponibilidad de Información acerca de la  
Velocidad
- B. - Distribución de las Velocidades de un  
Vehículo
- C. - Velocidad y tiempo de Viaje de Camiones

2.4. - Cambios de Velocidad de los Vehículos

- A. - Aceleración y Desaceleración de Autos de

**Pasajeros**

- B. - Cambios de Velocidad en Autos de Pasajeros
- C. - Definición e Identificación de Cambios de Velocidad

**3. - ESTIMACIONES Y VOLUMEN DE TRANSITO**

**3.1. - Componentes del Tránsito Total**

- A. - Tránsito Existente
- B. - Tránsito Desviado
- C. - Transferencia de Tránsito
- D. - Generación de Tránsito
- E. - Desarrollo de Tránsito
- F. - Crecimiento de Tránsito Normal
- G. - Tránsito Público

**3.2. - Discusión acerca de las siete clasificaciones de Tránsito**

**3.3. - La Previsión de Tránsito**

- A. - Previsión para la base de Tránsito
- B. - Volumen de Tránsito Futuro contra Costo corriente
- C. - Gradiente y Exponencial del Crecimiento del Tránsito
- D. - Base anual de la Previsión de Tránsito

**3.4. - Resumen de Estimación del Volumen de Tránsito**

**C O N C L U S I O N E S**

## I N T R O D U C C I O N

Para el estudio de los caminos, se pretende presentar más que un trabajo de carácter técnico, un análisis de procedimientos acerca de las fuentes de información, que son fundamentales en la formulación de una guía práctica por medio de la cual el ingeniero, una vez que haya determinado los hechos esenciales, puede proyectar un nuevo camino o efectuar la reconstrucción de uno viejo con la seguridad real resultante que será como la calculada.

Se presentan algunos estudios de accidentes de tránsito que tratan de describir algunas técnicas de la ingeniería para usar los datos sobre accidentes de tránsito como un instrumento en la prevención de accidentes en las carreteras. En la determinación de algunas causas de accidentes se habla de, situaciones y controles de tránsito diferentes, dada la suficiente evidencia e interpretación de los datos de accidentes por utilizar, ya que un analista puede utilizar los hechos para dictar medidas correctivas.

Considerando la estructura y superestructura como parte de un sistema de transporte terrestre, se presentan los principales elementos del tránsito en las carreteras como son: el usuario, el vehículo y el camino. Se describen algunos comportamientos así como la interrelación de estos elementos con sus

características dentro de una corriente de tránsito en secciones específicas de carreteras.

Algunas de las definiciones que aquí se dan se piensa que son las mas descriptivas y de uso mas amplio en la práctica de la ingeniería.

Algunas de estas definiciones pueden llegar a tener variaciones a fin de uniformizar criterios.

Como una razón de dar servicio al tránsito se da la construcción de caminos, en los que se busca la efectividad de la conducción de vehículos y la capacidad de las carreteras, dado que en distintas obras viales que servirán al tránsito se involucran numerosos elementos de proyecto y caminos, características del comportamiento de los vehículos y usuarios, y las medidas para el control del tránsito que directamente influyen en el movimiento de los vehículos.

Para ser de valor en el sentido económico y de proyecto funcional de los nuevos caminos, o en la adaptación de las necesidades presentes de muchos de los caminos existentes, que deberán continuar en uso por largos periodos en el futuro, el criterio de capacidad debe incluir la medición de factores tales como velocidad y la interferencia relativa entre vehículos que pueden pasar por un punto de un camino, dado un periodo específico de tiempo. Es de muy poco valor conocer la medida cuantitativa sin conocer la calidad de servicios proporcionados.

Como un principio fundamental para la capacidad de las carreteras se tiene, que no todos los conductores manejan sus velocidades de idéntica manera o reaccionan exactamente igual bajo condiciones semejantes.

Por consiguiente es imposible predecir el efecto de distintas condiciones de carretera y tránsito sobre un conductor individual, sin embargo, el efecto combinado del tránsito como un todo, se puede predecir con una precisión razonable. Para la circulación continua se presentan conceptos sobre operación de caminos incluyendo la habilidad para subir pendientes y las distancias de parada y frenado; estudios de las características de manejo de varias clases de conductores de vehículos.

En estudios económicos y de ingeniería para propósitos de nuevos diseños, se tratan los volúmenes de tránsito, con el objeto de definir la composición del tránsito discutiendo sus componentes y basándose en el análisis y origen del tránsito en las carreteras.

Con objeto de conocer el desarrollo de las estimaciones del tránsito en las carreteras, se presentan algunos procedimientos de predicción en cuanto a una mejor aproximación de las estimaciones del tránsito futuro.

Por lo que el ingeniero en base a incrementos del tránsito actuales y futuros podrá realizar convenientemente las combinaciones y clasificaciones según el tiempo y el espacio, dada la



información y habilidades propias. En el estudio de estas pre  
dicciones del tránsito futuro generalmente se toman como base  
la información de origen y destino, es posible obtener resul-  
tados que conduzcan a inducir o deducir índices que pueden in  
tervenir en el proyecto de carreteras importantes y autopis -  
tas.

## I. - ACCIDENTES DE TRANSITO

Se llama accidente a un suceso eventual o acción en -  
que involuntariamente resulta daño para las personas o las co  
sas.

Cuando uno de los factores contribuye a producir un - -  
accidente en la circulación de al menos un vehículo por vía, -  
entonces se dice que el accidente es de tránsito.

Estos accidentes son el resultado de una falla en uno o  
varios elementos fundamentales del tránsito. El conductor, el  
peatón, el vehículo y la vía.

En línea general los accidentes de tránsito se pueden -  
clasificar, de acuerdo con los daños que causen, en accidentes  
mortales, accidentes con heridos y accidentes con daños mate -  
riales.

Uno de los fines primordiales de la ingeniería de trán-  
sito es crear las condiciones para que pueda efectuarse el - -  
transporte de personas y cosas con seguridad; por lo que inte-  
resa todo lo referente a los accidentes de tránsito para tra -  
tar de evitarlos. La mayoría de los factores que causan los -  
accidentes de tránsito, se deben a falla humana, cuyo remedio-  
se encuentra fuera del alcance del ingeniero de tránsito. Hay  
muchos accidentes que involucran una o más situaciones peligroo

sas, tales como pavimento resbaloso, nieve o niebla, conductores ebrios, frenos defectuosos, velocidad excesiva e inadecuado control del tránsito.

La acción del Ingeniero ante el accidente de Tránsito puede seguir los siguientes pasos fundamentales:

- 1). - Obtención de datos adecuados sobre los accidentes. Para ello es preciso que exista un organismo que pueda copilar esos datos en forma completa y eficaz formando un registro de accidentes que tome toda la información que necesita el Ingeniero de Tránsito y que la transmita a éste regularmente.
- 2). - Ordenación y análisis de los datos sobre accidentes de Tránsito, a fin de determinar las causas principales.
- 3). - Estudio sobre las características de los accidentes de Tránsito, para conocer los factores de carácter general que contribuyen a producirlos.
- 4). - Selección y aplicación de las medidas de Ingeniería de Tránsito encaminadas a evitar accidentes. Realizando estudios antes y después de

la aplicación de esas medidas se puede evaluar su efi  
cacia.

## 1.1. - INFORMACION DE LOS REGISTROS DE TRANSITO

### A. - PROCEDIMIENTO PARA DAR PARTE

La formación y mantenimiento de registros adecuados -  
de accidentes de Tránsito es de necesidad imperiosa para - -  
orientar a los organismos encargados de la administración -  
del Tránsito, y la base de esos registros son los procedi -  
mientos para dar parte o informar sobre los accidentes. Los  
accidentes con daños leves tienen menor probabilidad de ser  
informados que los que ocasionan daños graves, por lo tanto-  
si se halla la relación aproximada que existe entre los acci-  
dentes mortales y los demás accidentes es posible tener una  
idea sobre la cantidad de accidentes que faltan por informar  
suponiendo que se conocen los accidentes mortales. En E. E.  
U.U. por cada accidente de Tránsito mortal que tiene lugar -  
unos 30 ó 40 son heridos y 200 con daños materiales.

### B. - ARCHIVO DE LOS INFORMES

La oficina donde se archivan los informes sobre acci -  
dentes de Tránsito está a cargo de la policía. Para facilitar  
el uso de los informes se archivan por orden geográfico o de

ubicación. En ciudades el archivo por ubicación se organiza generalmente de acuerdo con las intersecciones donde ocurren los accidentes o los que resultan más aproximados al sitio - donde tienen lugar los mismos. En las vías rurales los accidentes se pueden clasificar por la subdivisión política donde ocurren y luego por el camino y kilómetro del mismo donde tienen lugar. Para lo cual se usan guías primarias y secundarias con nombres en orden alfabético.

Otro archivo ordenado por los nombres de los conductores y referido al archivo por ubicación, completa el registro de los accidentes de Tránsito.

De acuerdo a los estudios e informes se tienen 3 datos importantes:

- a). - Causa aparente de los accidentes
- b). - Falla operacional
- c). - Magnitud del problema

Es necesario relacionar los accidentes con las causas aparentes y reales, los tipos de accidentes, la frecuencia, la ubicación, etc.

1.2. - ORDENACION Y ANALISIS DE LA INFORMACION  
SOBRE ACCIDENTES DE TRANSITO

A. - ORGANIZACION TECNICA DE LOS DATOS SOBRE  
ACCIDENTES

Los registros de accidentes formados con los informes o partes de los conductores y agentes de la policia constituyen la base de la información que necesita el Ingeniero de Tránsito para estudiar los accidentes. El organismo encargado de llevar los registros de accidentes ( que es habitualmente la policia de tránsito ) proporciona los datos necesarios al departamento de Ingenieria de Tránsito. Los datos que se necesitan pueden indicarse en tarjeta o fichas perforadas para facilitar los trabajos estadísticos.

Tratándose del procedimiento de análisis de accidentes de tránsito se tienen seis pasos básicos en un estudio de accidentes y la selección de lugares en una comunidad.

1. - Obtener datos adecuados de los accidentes
2. - Seleccionar los lugares de alta frecuencia de accidentes, en orden de importancia
3. - Preparar diagramas de colisiones y algunas veces, diagramas de condiciones físicas para cada lugar seleccionado

4. - Hacer un resumen de los hechos
5. - Reunir datos complementarios con observaciones de campo durante las horas cuando la mayoría-- de los accidentes han ocurrido
6. - Analizar el resumen de los hechos y los datos-- de campo y proponer el tratamiento correctivo

La clasificación principal de los accidentes es con respecto a los daños que causan; con heridos y con daños materiales, otra clasificación es por la causa real o la que se presume como real después de haberse hecho el análisis del accidente. Esta causa real puede coincidir o no con la causa aparente-- que se anota primero en los informes.

#### B. - MAPAS DE UBICACION DE ACCIDENTES

Un mapa de ubicación de accidentes proporciona un medio rápido de determinar la distribución de los mismos. Este mapa-- puede ser de una región rural donde se indique con alfileres o por otros medios la situación de los accidentes. Las indicaciones en el mapa se hacen al recibirse los informes sobre accidentes y se suelen emplear diferentes símbolos para representar las distintas clases de accidentes.

La policía local usualmente ordena y complementa su ar--

chivo de accidentes con mapas locales en los cuales los accidentes son localizados con alfileres de diferentes tamaños y colores. Si están a la vista dan evidencia inmediata de los lugares peligrosos.

Para ubicar accidentes en carreteras se usan mapas a escala 1:50,000, o cuando se trata de lugares cerca de ciudades escala 1:25,000.

Las indicaciones en los mapas de ubicación de accidentes, se suelen acumular durante un año al cabo del cual, se fotografía el mapa y se retiran las indicaciones para empezar a ponerlas de nuevo. Las fotografías en el mapa permiten comparar las distribuciones de los accidentes de un año para otro.

Sobre la base de la información de los archivos de - accidentes, los lugares con más alta frecuencia de accidentes deben ser listados.

C. - LUGARES DONDE SE CONCENTRAN LOS ACCIDENTES  
DIAGRAMAS DE COLISION Y DE CONDICIONES

Con la ayuda de los mapas de ubicación de accidentes - y de los registros de los mismos, es posible determinar los



lugares donde se concentran los accidentes. La concentración de accidentes puede indicar condiciones anormales en la vía que es preciso corregir.

En los Estados Unidos se considera que de 3 a 5- accidentes anuales en una intersección urbana, justifican una investigación de esa intersección. En vías rurales se siguen normas equivalentes para establecer los lugares considerados como críticos, para lo cual se dibujan diagramas de colisión y de condiciones.

En el diagrama de colisiones se ilustra por medio de flechas direccionales y símbolos de cada vehículo y peatón-involucrado. El punto exacto del impacto no necesita estar-referido a escala ya que puede agregarse un número clave a cada flecha para proporcionar una referencia al reporte original del accidente.

La fecha y hora del accidente deberán ser anotados a lo largo de cada flecha. Si hubo condiciones poco usuales en el estudio del tiempo, condiciones de pavimento o acciones-del conductor, deberán ser también indicadas si han tenido una relación importante en el accidente. Si la visibilidad es un factor importante en el estudio del accidente, los

accidentes nocturnos pueden ser marcados con un círculo para proporcionar una comparación entre colisiones nocturnas y - de día. Esta misma puede ser aplicada a cualquier factor causante digno de especial conocimiento.

El diagrama de colisiones es particularmente útil en accidentes reveladores que caen dentro de una o más clasifi-caciones siguientes, en las cuales resultan los remedios necesarios.

1. - Colisiones en ángulo recto entre vehículos que se entrecruzan
2. - Colisiones de vueltas izquierdas contra vehículos que se aproximan en dirección contraria
3. - Alcances de vehículos
4. - Colisiones de vehículos contra peatones
5. - Colisiones entre vehículos viajando en la misma dirección involucrando vueltas, cambios de carril o golpes laterales
6. - Colisiones de frente
7. - Vehículos que se salen del camino en curvas o cambios de sección transversal
8. - Colisiones con objetos fijos cercanos al acotamiento del camino o cerca de la intersección

## 9. - Colisiones contra vehículos estacionados

El diagrama de colisiones puede también revelar ciertos meses, días u horas cuando tiendan a ocurrir la mayoría de los accidentes, así como el efecto de las condiciones del tiempo.

Un diagrama de condiciones físicas en un dibujo a escala que muestra las características físicas más importantes del lugar que se estudia, debe de acompañar al diagrama de colisión y se hace generalmente a escalas de 1:250 a 1:100.

Como una alternativa al diagrama de condiciones físicas, muchos ingenieros están de acuerdo en que las fotografías del lugar, tomadas durante horas en las que suceden la mayoría de los accidentes, son más útiles que los diagramas en planta. Además es reconocido por el personal que visita los lugares con alta incidencia de accidentes que son mucho más reveladoras y valiosas en el análisis final de las causas de accidentes.

En un diagrama de condiciones los detalles que pueden afectar el movimiento del tránsito son:

- 1) - Bordos de calzadas
- 2) - Linderos
- 3) - Aceras y entradas
- 4) - Obstrucciones visuales
- 5) - Obstrucciones físicas en la calzada
- 6) - Cunetas
- 7) - Puentes, paso a desnivel y alcantarillas, señales de tránsito y marcas en el pavimento, iluminación.
- 8) - Rampas y pendientes
- 9) - Tipos de pavimentos
- 10) - Clases de propiedades que bordean la vía
- 11) - Denominaciones de las vías
- 12) - Irregularidad en el pavimento

D. - CAUSAS DE LOS ACCIDENTES

Uno de los aspectos más importantes en el análisis de los accidentes de tránsito es la determinación de su causa real. Sin embargo los accidentes dependen de las leyes de la naturaleza, de las limitaciones y complejidades del ser humano y de sus obras y de las relaciones de convivencia; de manera que cuando ocurre un accidente rara vez se debe a una-

simple causa, sino a una cadena de circunstancias tanto físicas como humanas que contribuyen a provocarlo.

Por lo anterior se comprende la dificultad de hallar una causa real para los accidentes de tránsito de los datos que contienen los informes.

Muchas veces se interpreta como causa de accidentes - las infracciones de las reglas de tránsito, lo que no es - - completamente cierto. Sin embargo cuando se puede comprobar que un conductor que ha intervenido en un accidente, ha - contravenido alguna de las reglas del tránsito, muchas veces se llega a la conclusión que de no haber ocurrido la contravención no se hubiera producido el accidente.

Como consecuencia del desarrollo de la velocidad en - los modernos vehículos y el estancamiento del camino, la causa más frecuente de accidentes de tránsito en el mundo entero es el EXCESO DE VELOCIDAD. En orden de importancia sigue la causa catalogada como INVASION DE CIRCULACION CONTRARIA., se sigue la causa clasificada genéricamente como IMPRUDENCIA PARA MANEJAR. Estas tres causas dependen principalmente del conductor del vehículo.

En 1952; los Estados Unidos registraron aproximadamente 37,800 muertos y 2,000,000 de heridos por accidentes de tránsito, las causas principales fueron:

#### CAUSAS DE ACCIDENTES EN LOS ESTADOS UNIDOS

---

Exceso de Velocidad	46.8 %
Invasión de Circulación contraria	19.2 %
Imprudencia para manejar	12.4 %
Otras causas	21.6 %

---

Según los registros de la Dirección Nacional de Caminos, la estadística de siete años sobre 9,000 Km. de carreteras Federales de la República Mexicana indica las siguientes causas de accidentes:

#### CAUSAS DE ACCIDENTES EN CAMINOS FEDERALES DE MEXICO

---

Exceso de velocidad	26 %
Imprudencia del conductor	18 %
Invasión de circulación opuesta	12 %
Desperfecto del vehículo	11 %
Imprudencia de peatones	8 %

Dormirse manejando	7	%
Por estacionarse sin protección	4	%
Estado alcohólico	4	%
Falla del camino	2	%
Deslumbramiento	2	%
Otras causas	6	%

---

Como puede verse de 2/3 a 3/4 partes de los accidentes son motivados por actos del usuario, conductor o peatón.

#### E - ESTADISTICA EN MEXICO

De acuerdo con la estadística oficial, entre 1946 y 1972 murieron cerca de 80,000 mexicanos en accidentes de tránsito y aproximadamente 750,000 han resultado lesionados, muchos de ellos quedaron lisiados para siempre.

En la estadística de tránsito en la República Mexicana, destacan las siguientes cifras: de 1960 a 1970 el total de accidentes registrados en el país, subió de 34,144 a 90,629, lo que significa que casi se triplicó.

En el mismo periodo el número de muertos de 2,831 a 5,575

INDICE DE MORTALIDAD

$$1960: I = \frac{2,831 \times 10,000}{827\ 040} = 34.2 \text{ muertes por cada } 10,000 \text{ veh}$$

$$1970: I = \frac{5,575 \times 10,000}{1\ 910\ 816} = 29.2 \text{ muertes por cada } 10,000 \text{ veh}$$

Se presenta la estadística de los accidentes ocurridos en fechas más recientes, en algunos caminos de cuota.

ESTADISTICA DE ACCIDENTES EN LOS CAMINOS  
AÑO 1983

Nombre del Camino	Núm. de Accidentes
MEXICO-CUERNAVACA	358
MEXICO-PUEBLA	503
PUEBLA ORIZABA	568
ENTRONQUE PIRAMIDES TEOTIHUACAN	21
MEXICO TECAMAC	69
MEXICO PALMILLAS	366
PERA CUAUTLA	53
TIJUANA ENSENADA	268
CUERNAVACA IGUALA	73
CHAPALILLA COMPOSTELA	16
GUADALAJARA ZAPOTLANEJO	66
APASEO IRAPUATO	27

MEXICO PUEBLA DE ENERO HASTA AGOSTO SE HA REGISTRADO 600  
AÑO 1984

1.3. CARACTERISTICAS DE LOS ACCIDENTES DE TRANSITO

A. MAGNITUD DEL PROBLEMA. INDICES.

Para dar una idea de la magnitud del problema de los accidentes de tránsito no basta expresar su número total ni la cantidad de víctimas que producen, sino relacionar estos datos con los factores que pueden producir esos accidentes. Esto ha dado lugar a la creación de distintos índices de accidentes, que sirven para comparar su gravedad en lugares distintos durante el mismo periodo de tiempo o en el mismo lugar pero en distintas épocas.



Indice de accidentes basado en la población. Es la relación que existe entre el número de accidentes que ocurren en una ciudad, región o país y el número de habitantes de la unidad geográfica considerada expresada en centenares de millares.

$$\text{Indice} = \frac{\text{Núm. de Accidentes} \times 100,000}{\text{Número de habitantes}}$$

Este índice es solamente útil para comparar los accidentes de tránsito con las unidades geográficas con el nivel socio-económico semejante; pues se funda en el número de personas expuestas a los accidentes y no tiene en cuenta los vehículos que son los agentes provocadores de esos accidentes, y cuyo número varía con las diferentes esferas socio-económicas.

Indice de accidentes basado en el número de vehículos. Es una relación semejante a la anterior, pero en vez de usar la población, emplea el número de vehículos registrados en la unidad geográfica considerada en decenas de millares como puede verse a continuación:

$$\text{Indice} = \frac{\text{Núm. de Accidentes} \times 10,000}{\text{Núm. de vehículos registrados}}$$

Este índice relaciona el agente provocador de los accidentes ( el vehículo ) y sirve por lo tanto para comparar las unidades geográficas de distintos niveles socio-económicos.

Indice de accidentes basado en el tránsito. Es quizá la medida más exacta de la magnitud del problema de los accidentes. Es la relación entre el número de accidentes en una comunidad geográfica y el tránsito en esa unidad expresado en centenares de millones de vehículos-Km. Es decir:

$$\text{Indice} = \frac{\text{Núm. de vehículos- Kilómetros}}{\text{Núm. de accidentes} \times 100,000.000}$$

Este índice se puede emplear también para comparar los accidentes que ocurren en unidades geográficas de distinto nivel socio-económico y se funda en la magnitud total de las corrientes vehiculares donde tienen lugar los accidentes.

En ciudades es generalmente difícil si no imposible, averiguar los vehículos - kilómetros de tránsito, pero en países o regiones de los mismos es posible obtener este dato multiplicando el consumo total de combustible por el rendimiento promedio de los vehículos, o bien por la suma de los productos de volúmenes de tránsito registrados por el largo de las secciones respectivas de las líneas de vías donde se registraron esos volúmenes.

En los Estados Unidos este rendimiento se encuentra alrededor de 5.5. Km. de recorrido por litro de gasolina.

Como la manera de dar parte de los accidentes varía de un lugar a otro y la evidencia de la información no es igual se prefiere trabajar con índices basados en el número de muertes causadas por accidentes que son más difíciles de conocer. Estos índices se denominan de mortalidad por accidentes de tránsito y se obtienen empleando las fórmulas anteriores, pero substituyendo el número de accidentes por las de muertes provocadas por estos accidentes.

En los Estados Unidos suele haber anualmente de 20 a 25 muertes en accidentes de tránsito por cada 10,000 habitantes de 5 a 8 por cada 10,000 vehículos registrados y de 3 a 5 por cada 100 000 000 de vehículos-kilómetros de tránsito.

**B. - DISTRIBUCION Y PECULIARIDADES  
HABITUALES DE LOS ACCIDENTES  
DE TRANSITO**

En vías rurales los accidentes de tránsito tienden a

concentrarse y en los caminos donde circulan mayores volúmenes de tránsito, en las vías urbanas y en las intersecciones. En los Estados Unidos, se han podido comprobar las siguientes características de los accidentes de tránsito.

En la mitad de los accidentes urbanos mortales mueren peatones, pero este tipo de víctima solo existe un poco más del 10% de los accidentes mortales rurales.

La proporción de peatones muertos en accidentes, que no saben manejar o cuya edad rebasa los 65 años, es mucho mayor que la correspondiente a la población general.

La proporción de accidentes es mayor en los fines de semana, días festivos, meses propios de vacaciones y cuando el movimiento, vehicular queda fuera de lo habitual.

Las mortalidades relativas a los accidentes nocturnos son como el doble de las que corresponden a accidentes diurnos.

En las vías rurales los accidentes mortales más frecuentes solo interviene un vehículo.

La proporción de accidentes en vías rurales es mucho más alta a bajas velocidades, disminuye a velocidades moderadas.

damente altas y vuelve a aumentar a velocidades muy altas.

La severidad de los accidentes aumenta con la velocidad

Mientras más aumenta la diferencia entre velocidades de los vehículos de una corriente de tránsito, mayor es el riesgo de accidentes, especialmente los choques por detrás.

Las infracciones a las reglas de tránsito o a las normas de procedencia que más contribuyen a provocar accidentes mortales son: En primer lugar conducir a velocidades excesivas para las condiciones imperantes y en segundo lugar la invasión de la parte de la calzada reservada para la circulación contra ria.

#### 1.4. - MEDIDAS PARA EVITAR ACCIDENTES DE TRANSITO

##### A. - DISTINTOS TIPOS DE MEDIDAS

Las medidas están dirigidas al conductor, al peatón, al vehículo y a la vía.

La acción contra el conductor puede consistir en medidas restrictivas que aumentan la seguridad de la circulación, tales como las leyes y reglamentos de tránsito y limitaciones más específicas de paso, velocidad, giros, estacionamientos, las

vías de sentido único. Otras medidas pueden ser de tipo educativo encaminadas a conducir en forma más segura y a respetar los reglamentos del tránsito.

Sobre el peatón también es posible ejercer ciertas medidas orientadas primordialmente hacia su protección. Estas pueden ser de carácter técnico, educativo o coercitivo. Muchas de estas medidas se aplican a los conductores con naturalidad análoga pero con distinta orientación.

Es posible disminuir la contribución de los vehículos a los accidentes incorporando a las leyes o reglamentos de tránsito ciertas disposiciones que establezcan las condiciones mínimas de seguridad que deben reunir los vehículos para que se permita su circulación en la vía pública y haciéndose cumplir estas disposiciones.

Las vías pueden hacerse más seguras para el tránsito mejorando los dispositivos para regular la circulación (señales de tránsito, marcas en las vías y sus inmediaciones). Incorporando las modificaciones destinadas a evitar los peligros (como aumento de distancias visibles, iluminación de cruces peligrosos) o proyectando nuevas vías con características que hagan segura la circulación.

B - RELACION DE LOS ACCIDENTES CON LAS  
CARACTERISTICAS DE LAS VIAS

Aunque no se tengan bien definidas las influencias de las características de las vías en la producción de accidentes de tránsito, influye el tipo de calzada y el volumen de tránsito en los índices de accidentes, ya que tiende a disminuir el índice con el ancho de la calzada y aumenta según decrece el radio de curvatura y disminuye con la frecuencia de las curvas siendo las curvas fuertes aisladas las más peligrosas. En vías rurales las rectas largas resultan peligrosas por su monotonía, siendo recomendable curvas suaves a ciertos intervalos.

C - ESTUDIOS ANTES Y DESPUES DE TOMAR MEDIDAS  
PARA EVITAR ACCIDENTES

En una vía o en un sistema de vías mediante el análisis de los informes de accidentes y las condiciones que pueden provocar esos accidentes se seleccionan las medidas que se deben aplicar para reducir el número de accidentes. Para llevar a cabo los estudios correctivos mediante comparaciones se podrá saber si las medidas han sido acertadas o si deberán buscarse otras soluciones al problema.

En el caso de la concentración de accidentes en intersec

ciones, lo indicado es preparar diagramas de condiciones antes y después de la acción del Ingeniero de Tránsito y compararlos para ver si ha habido reducción en el número de accidentes. En caso afirmativo se debe determinar el tipo de accidentes que se han evitado para relacionarlo con los cambios efectuados en la intersección.



## 2. - CARACTERISTICAS DE TRANSITO

En el análisis económico del propósito de los caminos -- y el costo de la transportación, el comportamiento o funcionamiento es un factor muy importante. Los dos elementos de mayor interés son la velocidad y el volúmen del tránsito, que están interrelacionados. El costo de la capacidad de los vehículos -- es afectado en gran parte, por la velocidad y los cambios de la misma. La velocidad es especialmente importante, porque uno de los objetivos de muchos adelantos es dar a un viaje rápido-- un incremento en la velocidad operativa, es decir, elevar el -- promedio de velocidad.

### 2.1. - COMPOSICION DEL TRANSITO POR LA CLASE DE VEHICULOS

La composición del tránsito en relación al número de camiones y sus clases es importante en el diseño estructural y -- geométrico de las carreteras. En el análisis económico y estudios financieros, los camiones grandes afectan el volumen en -- los caminos, la potencia de la velocidad y los cambios de la -- misma.

En algunos Estados que ven congestionados sus caminos, -- registran información de carga y clase de vehículos de acuerdo

al eje de sus ruedas. Para dar la base de expansión de los vehículos pesados, son contados y clasificados. Las cifras y clasificaciones son usadas en los análisis, estudios del uso de las carreteras, trabajos administrativos y de planeación. Usualmente cada Estado publica un resumen de resultados obtenidos en el ejercicio del año.

## 2.2. - FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DEL TRANSITO

La velocidad motora del vehículo y el promedio de la velocidad en un viaje son afectados por muchos factores. Una discusión de los factores que afectan la velocidad motora, ayudarán al entendimiento de la velocidad del tránsito y el porque de la variación en la velocidad del tránsito de cada vehículo.

Estos factores serán representados por los siguientes títulos;-

(1) Tripulante, (2) Vehículo, (3) Carretera y (4) Medio Ambiente

### A. - LA VELOCIDAD Y EL CONDUCTOR

El conductor de un vehículo motor posee el control de la velocidad del mismo, pero no todos los conductores escogen manejar a igual velocidad y no todos los conductores manejan a la misma velocidad todo el tiempo, ya que intervienen muchos factores.

Algunas de las características que afectan la selección de la velocidad por parte del conductor son:

1. - Edad
2. - Confianza en sí mismo
3. - Destreza al manejar
4. - Actitud mental
5. - Condición física
6. - Distancia del viaje
7. - Familiaridad con el área
8. - Conocimiento de la ruta en particular
9. - Propósito del viaje
10. - Disponibilidad del tiempo para el viaje

Las primeras cinco características son independientes.- La edad del conductor es generalmente un índice de actitud, condición física, destreza y confianza. En general los conductores de edad avanzada manejan más prudentemente que los jóvenes. La actitud mental debe ser considerada desde dos puntos de visita; en uno generalmente predomina la actitud al conducir, en el límite legal permitido, con otros conductores, y el grado de desensación; y por el otro lado, una actitud inmediata afecta la velocidad al conducir.

Un conductor con prisa o n6, puede sentirse exaltado o deprimido, y anticipar una protecci6n, o tal vez, se trate de una persona que se dirige a alg6n evento al cual realmente no desea acudir. Conciente o Inconcientemente esto afectar6 la velocidad que lleve el conductor. El conocimiento del camino - permitir6 tambi6n, el que una persona conduzca con mayor facilidad. Este conocimiento permitir6 al conductor saber de - una mejor manera, el como llegar a determinado lugar. Conductores con mayor destreza y confianza son los que m6s existen en los caminos.

#### B. - LA VELOCIDAD Y EL VEHICULO

Considerando tanto los veh6culos particulares como los caminos, las siguientes caracter6sticas afectan las velocidades al conducir.

- Radio y ancho del camino, de acuerdo al peso neto y caballos de fuerza
- Condici6n mec6nica
- Estado general del veh6culo, uso y antiguedad
- Factores aereodin6micas de dise1o

El veh6culo posee el l6mite permitido de velocidad en - relaci6n a la menor velocidad controlada por el volumen de - -

tránsito o las restricciones locales. La velocidad máxima es un factor de su diseño aereodinámico, su peso y caballos de fuerza. Los camiones no corren a más de 50 a 55 m.p.h. (80 a 85 Km/h), un auto de pasajeros corre hasta 100 m.p.h. (160 - Km/h). La resistencia al aire varía de acuerdo a la velocidad. Debido al factor de confort en el manejar, un conductor podrá manejar un vehículo a tanta velocidad como le produzca mayor-satisfacción física y mental. Un vehículo con muchas vibraciones y mal sistema de suspensión y ruido, será conducido a una velocidad menor que aquel cuyos componentes marchan en óptimas condiciones. La condición mecánica de un vehículo está ca si siempre relacionada con la antigüedad del mismo.

Según las características de la velocidad de los vehículos, la velocidad depende de sus propias características, de su conductor, de las vías por donde circulan y de otros factores tales como el tránsito, la visibilidad y el estado del tiempo. A medida que aumenta el volumen de tránsito, disminuye la velocidad de los vehículos, debido a la mayor dificultad para efectuar maniobras de adelantamiento. Otros factores que afectan la velocidad del vehículo son las restricciones para regular el tránsito y la eficacia de los medios para hacerlas

cumplir, el carácter de la zona donde está la vía, la composición del tránsito, la circulación de los peatones y muchos otros.

El promedio nacional de velocidad para vías rurales era alrededor de 75 Km/h antes de la segunda guerra mundial, y en plena guerra descendió a 60 Km/h. Después de la guerra aumentó rápidamente, alcanzando el nivel de preguerra en 1947; pero más tarde el aumento ha sido más lento, pues 10 años después, en 1957, la velocidad media apenas rebasaba 80 Km/h.

#### C - LA VELOCIDAD Y LA CARRETERA

Uno de los factores que más afecta la velocidad es el de diseño de las carreteras, este factor puede ser controlado por el ingeniero ya que afecta el costo de construcción y el costo del uso del mismo.

Los principales factores de carreteras que afectan la velocidad de los vehículos son:

1. - Control de acceso
2. - Ancho geométrico
3. - Pendiente
4. - Sistema de alumbrado
5. - Curvatura horizontal

6. - Arreglos de los caminos y señales de tránsito
7. - Límites legales de velocidad
8. - Superficie de vía
9. - Objetos al borde del camino
10. - Panorama en relación con la velocidad
11. - Distancia de visibilidad
12. - Señalamiento
13. - Controles de tránsito
14. - Cambios con número de camino
15. - Cambios en sentido horizontal y vertical
16. - Cambios en calidad del pavimento
17. - Cambios en borde ancho
18. - Cambios en movimiento de tránsito

El alineamiento vertical de una carretera es un factor de la velocidad del vehículo por su efecto en relación con la fuerza requerida. El movimiento descendente de tránsito es afectado por el aumento de seguridad, relacionada con la distancia de frenado y de visibilidad de las curvas horizontales.

El alineamiento horizontal controla la velocidad entre el radio de curvatura y la sobreelevación. El correr en forma segura y confortable en curvas horizontales se lleva a cabo sosteniendo la menor velocidad posible para tomar la fuerza cen-

trífuga en un límite de confort y seguridad.

Tanto el alineamiento vertical como horizontal afectan la velocidad de tránsito en combinación con la distancia de visibilidad. Un camión a baja velocidad yendo hacia arriba o hacia abajo incurrirá en otro problema de tránsito, cuando los vehículos no pueden pasar por la escasa visibilidad. Correctas señales en lugares claros y con buena visibilidad permitirán la prevención de un posible accidente.

La superficie de la carretera afecta al conducir en lo que se refiere a confort y seguridad. Es causa de disminución de velocidad encontrarse con objetos cercanos al camino, curvas, entradas de drenaje, alcantarillas, puente, muro de descarga, vigas y árboles cerca del pavimento. Se propicia velocidad lenta en lugares atractivos como son: los paisajes naturales o algunas otras cosas interesantes. Con ausencia de puntos conflictivos habrá velocidad alta.

Los controles de tránsito incluyen los señalamientos de velocidades máximas. Estos controles afectan tanto a la velocidad como a los cambios de velocidad, los señalamientos que se colocan en lugares visibles en la carretera, generalmente están relacionados con las velocidades permitidas para cada camino y con el diseño mismo de la carretera.

Existen variaciones en el diseño que provocan cambios



en la velocidad para disminuirla o aumentarla, estas variaciones podrían ser; el ancho del camino, ancho del acatamiento, número de caminos adyacentes y calidad del pavimento.

#### D. - LA VELOCIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

En el medio ambiente se incluyen: (1) maniobras necesarias para el trayecto, (2) densidad del tránsito, (3) combinación del tránsito debido a las clases de vehículos, (4) velocidad en el tránsito, (5) ángulo de la luz solar, (6) hora del día, (7) la vista o paisaje de la carretera, (8) acción que debe tomarse en cada caso y (9) el clima (lluvia, niebla, etc.).

El conductor debe actuar de acuerdo con lo que se presente al conducir ya que está regido por la velocidad según el diseño del camino, el tránsito y lo que está sucediendo a su alrededor. Los elementos del clima como nieve, viento, ángulo del sol afectan primeramente la velocidad debido a la distancia de visibilidad.

Algunas veces las tormentas causan que el tránsito sea más lento, que se cambie de ruta o se vea forzado a efectuar cambios no planeados. El aire también afecta en gran parte, tanto por la presión que produce en el vehículo como por la fuerza del mismo en la tierra y en los objetos que afectan la

visibilidad. Todo lo que hay alrededor del conductor afecta - para determinar la velocidad a seguir en su trayecto.

### 2.3. - LAS VELOCIDADES QUE SE OBSERVAN EN EL TRANSITO

Los costos durante el trayecto y el tiempo que se tome en el mismo, están relacionados con los cambios de velocidad. En un análisis económico de un trayecto de una carretera es necesario usar específicas velocidades de tránsito para cada alternativa. Velocidades específicas no implican promedio de velocidad o promedio del tiempo de viaje, sino la distribución de la velocidad y, el número y rango de todos los cambios y clases de vehículos.

#### A. - DISPONIBILIDAD DE INFORMACION ACERCA DE LA VELOCIDAD

La velocidad de los vehículos en el tránsito es un factor importante para el diseñador, ingeniero y planeador de una carretera. En estudios económicos es necesario conocer la distribución de velocidades así como el número de cambios y el total de cambios en cada velocidad inicial. Para determinar costos se utiliza la distribución de velocidad ya sea para aumentos de combustible o estudios de transportación. Las tendencias de velocidad son tomadas cada año por el departamento de carreteras de cada estado y brindan una información del -

promedio de velocidades en el trayecto de áreas rurales, en un día de viaje. Sin embargo, no dan la información de la velocidad del tránsito local, solo de las horas observadas y ciertamente no de las 24 horas del día o de la semana. Los costos de un motor resultan de los cambios de velocidad que pueda soportar. A velocidades de 16 a 32 Km/h. el rendimiento aumenta y tiende a disminuir al seguir aumentando la velocidad.

General Motors encontró los siguientes valores de la velocidad probando diferentes marcas y modelos.

Velocidad Km/h	Rendimiento Km/l	Velocidad Km/h	Rendimiento Km/l
32	9.0	80	7.2
48	8.7	96	6.4
64	8.0	112	5.4

#### B. - DISTRIBUCION DE LAS VELOCIDADES EN UN VEHICULO

La mayoría de los factores que intervienen para que un conductor escoja determinada velocidad varía según el camino, puntos extremos y la hora. Se puede asumir que la distribución de la velocidad observada en una punta de ruta es un índice aceptable de la distribución de la velocidad de toda la ruta, excepto en los efectos específicos, en curvas horizontales, verticales, y en controles y acciones de tránsito. Para localidades y condiciones específicas la velocidad de tránsito debe ser observada suficientemente para que produzca la in

formación necesaria para cada operación.

& VELOCIDADES EN PUNTOS DE RUTA LIBRE. - Para determinar - tendencias de velocidad se toman observaciones periódicas de - velocidad de tránsito en sitios específicos de sus extremos ca - rreteros, estas observaciones son de vehículos y conductores - que escojan la velocidad libremente.

Las autopistas y carreteras urbanas son caminos que so - portan grandes cantidades de vehículos a altas velocidades y - regularmente en grandes volúmenes, por lo que se da una dife - rencia de la velocidad de tránsito con el cambio de volumen de vehículos durante las 24 horas del día. Los patrones de veloci - dad varían los sábados y domingos del resto de la semana.

#### METODO DEL AUTOMOVIL EN MOVIMIENTO

Este método consiste en viajar por un tramo del camino - en estudio, en un vehículo, con un operador y un observador. - Mientras el vehículo se mueve a lo largo del tramo en estudio, el observador registra los vehículos que transitan en sentido - opuesto y que son encontrados por su vehículo. Asimismo toma - nota de los vehículos que lo rebasan y de las que él rebasa. Es - tas observaciones son la base para la estimación del volumen - de tránsito y de las velocidades en el tramo del camino que se está estudiando.

La técnica fundamental del método del automóvil en movimiento requiere que el vehículo de prueba recorra de un lado a otro la zona en estudio, un determinado número de veces, se recomienda que en las principales arterias de una ciudad la duración del estudio sea de 20 minutos por cada Km y en calles secundarias 6 min. por cada Km.

El vehículo de prueba debe circular a una velocidad media con respecto a los vehículos que se muevan con él. Cuando el tránsito es escaso o nulo, el coche de prueba deberá viajar, aproximadamente, a la velocidad estipulada en las señales.

Haciendo uso de los datos reunidos puede determinarse el volumen de tránsito en una hora, en una dirección, por medio de la siguiente fórmula:

$$V_H = \frac{60 [M_e + (R - A)ms]}{T_c + T_{ms}}$$

En la que

$V_H$  = Volumen de tránsito en una hora y en una dirección

$M_e$  = Número de vehículos encontrados mientras circulan en sentido contrario al flujo que se está estudiando

$(R-A) ms$  = Número de vehículos que lo rebasan, menos el número de vehículos alcanzados mientras se circula en el mismo sentido del flujo en estudio

$T_c$  = Tiempo o duración del viaje (en minutos) circulando en sentido contrario al flujo en estudio

$T_{ms}$  = Tiempo de duración del viaje (en minutos) circulando en el sentido del flujo en estudio

60 = Constante (minutos/hora)

Se establecen estaciones donde por medio de registros se lleva a cabo un registro continuo de volumen de tránsito.

Estos registros continuos aportan información relativa a las variaciones, horarias, diarias y estacionales del tránsito, proporcionando datos útiles en la predicción de las tendencias del tránsito, tanto en el nivel local como nacional.

Según la clasificación y recuento en caminos es posible establecer modelos básicos de tránsito para cada tipo de camino, estos modelos pueden ser de variación mensual, variación diaria y variación horaria. Los modelos de variación diaria y horaria también reflejan el carácter y uso de la ruta.

Las rutas radiales y largas tienden a presentar máximos agudos en periodos horarios, mientras que en grandes zonas urbanas las calles tendrán una variación horaria relativamente baja. Es importante seleccionar estaciones permanentes de tal forma que se obtengan diferentes modelos como reflejo del uso y carácter del camino. También es muy deseable hacer estudio del índice de ocupación y recuentos clasificados en las estaciones permanentes. Estos estudios deben llevarse a cabo un día de la semana (las 24 Hrs), un sábado y un domingo en cada estación del año.

VELOCIDAD EN CURVAS HORIZONTALES. - Esta velocidad depende de 2 factores, su sentido de seguridad seguido por la distancia de lantera y por el efecto que haga la fuerza contrífuga. La velocidad segura y confortable está regida por el radio de curvatura de la ruta que se siga, la sobreelevación del pavimento y el coeficiente de fricción entre los neumáticos y el pavimento.

Requisitos de proyecto en curvas circulares. Cuando se proyecta una curva circular, debe satisfacerse la condición de visibilidad de acuerdo a la velocidad de proyecto y el grado de curvatura.

Velocidad de proyecto: es la velocidad escogida para gobernar y correlacionar las características y proyecto geométrico del camino, en su aspecto operacional.

Grado de curvatura: se llama grado de curvatura al ángulo que en una curva subtiende un arco de 20 m.

Visibilidad de parada: es la mínima distancia de seguridad que se requiere para que un conductor de un vehículo a la velocidad de proyecto empiece a distinguir un objeto de 10 cms. colocado sobre el camino y pueda parar antes de llegar a él.

Visibilidad de rebase: es la mínima distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que va a rebasar a otro - distinga a un tercero que viene a una velocidad igual que a la del proyecto, en sentido contrario y que pueda ejecutar la maniobra de rebase con seguridad.

Las curvas circulares se proyectan en tal forma que satisfagan el requisito principalmente de la distancia de visibilidad de parada. La fórmula empleada para calcular la distancia de visibilidad de parada es la siguiente:

$$D_{vp} = \frac{V}{3.6} T \text{ (p.r.)} + \frac{V}{254.58} f$$

Donde;  $D_{vp}$  = Distancia de visibilidad de parada en m.

$V$  = Velocidad de proyecto en K.P.H.

$T$  (p.r.) = Tiempo de percepción-reacción (de 2 a 3 seg.)

$f$  = Coeficiente de fricción

En la siguiente tabla se anotan los valores del coeficiente de fricción y el tiempo de percepción-reacción, para distintas velocidades.

VELOCIDAD	K.P.H.	COEF. DE FRICCIÓN	T. p. r.	seg.
25		0.536	3.000	
30		0.528	3.000	
35		0.520	3.000	
40		0.514	3.000	
45		0.504	3.000	
50		0.496	3.000	
60		0.480	2.833	
70		0.464	2.663	
80		0.448	2.502	
90		0.432	2.333	
100		0.416	2.167	
110		0.400	2.000	

Curvatura: el radio mínimo de una curva, aplicable a un camino, depende de la sobre-elevación máxima, que a su vez está ligada a la adherencia de los vehículos y que varía con la velocidad.



Para caminos vecinales de tercer orden está considerada -  
ción tiene poca importancia ya que las curvas se reducen a ver  
daderas vueltas sin más límite que el necesario para que un ca  
mión de la vuelta sin necesidad de efectuar maniobras.

Como la mayor o menor curvatura está ligada a la veloci-  
dad, debe tenerse presente que las curvas adecuadas a determina  
das velocidades, son seguras únicamente si tienen la debida so  
breelevación y sus correspondientes transiciones.

Radio y sobreelevación de curvas. Un vehículo que se des  
plaza a lo largo de unacurva ejerce una fuerza conocida como -  
FUERZA CIENTRIFUGA. De las leyes de la dinámica en movimiento -  
uniforme, sabemos que la fuerza es igual a la masa del cuerpo -  
multiplicada por la aceleración;

$$F = m a$$

Sabemos también que la masa de un cuerpo es igual al pe  
so del mismo dividido entre la aceleración de la tierra, que -  
equivale a  $9.81 \text{ m/seg}^2$ . La aceleración en el movimiento circular  
es igual a  $\frac{v^2}{R}$

Cuando un vehículo pasa de una tangente a una curva, al  
correr en la curva la fuerza centrífuga tiende a arrojarlo hacia  
afuera. Esta fuerza se calcula mediante la fórmula:

$$F = \frac{W v^2}{g R} \quad \text{En la cual}$$

W = Peso de vehículo  
 V = Velocidad  
 g = Aceleración de la gravedad  
 R = Radio de la curva

Si el vehículo se mueve en tangente, en un plano inclinado con respecto a la horizontal un ángulo  $-\theta$ , se presenta entonces una fuerza que tiende a arrojarlo hacia adentro, por el plano inclinado, deslizándose, esta fuerza es  $f = W \tan \theta$

Tanto cuando el vehículo corre en una curva horizontal - como cuando corre en tangente en un plano inclinado la fricción entre las llantas y el piso impide en el primer caso que sea arrojado hacia afuera de la curva y en el segundo que se deslice por el plano inclinado.

Sin considerar la fricción se puede dar al camino una inclinación tal, que proporcione la sobreelevación teórica necesaria; principalmente cuando las dos fuerzas  $F$  y  $f$  sean iguales, es decir, cuando  $\tan \theta = \frac{v^2}{g R}$

Esta fórmula teórica nos daría sobreelevaciones muy altas, en las cuales la fricción no sería suficiente para impedir que el vehículo se deslizara hacia adentro de la curva, en caso de que la curva se tomara a menor velocidad de la proyectada, situación que empeora en el pavimento mojado y que se vuelve grave cuando se forma hielo en la superficie. Además, las sobreelevaciones muy altas pueden provocar que un camión de carga se voltee hacia adentro de la curva cuando obligado por su propia

carga o por cualquier otra circunstancia transite a baja velocidad.

Considerando diversos coeficientes de fricción se puede calcular la sobreelevación para determinada velocidad. Un gran número de pruebas verificadas indican que la resistencia antiderrapante que debe desarrollar un vehículo al tomar una curva dentro de un margen de seguridad, está representada por los coeficientes de fricción de 0.16 a velocidades de 50 a 95 - - Km/h y de 0.14 a una velocidad de 110 Km/h.

La sobreelevación se calcula en función del radio de la curva y de la velocidad del vehículo mediante la fórmula.

$$S = \frac{v^2}{127.14 R} - f$$

Donde: S = Sobreelevación de la curva en %  
V = Velocidad en K.P.H.  
R = Radio de la curva  
f = Coeficiente que varía de 0.14 a 0.16

La sobreelevación máxima recomendada es del 12 %, para evitar el peligro del volteamiento.

A continuación se anotan los valores de la sobreelevación, para distintos grados de curvatura:

Grado	Sobre elevación %	Grado	Sobre elevación %
1° 00'	2	10° 30'	6.3
1° 30'	2	11° 00'	6.6
2° 00'	2	11° 30'	6.9
2° 30'	2	12° 00'	7.2
3° 00'	2	12° 30'	7.5
3° 30'	2.1	13° 00'	7.8
4° 00'	2.4	13° 30'	8.1
4° 30'	2.7	14° 00'	8.4
5° 00'	3.0	14° 30'	8.7
5° 30'	3.3	15° 00'	9.0
6° 00'	3.6	15° 30'	9.3
6° 30'	3.9	16° 00'	9.6
7° 00'	4.2	16° 30'	9.9
7° 30'	4.5	17° 00'	10.2
8° 00'	4.8	17° 30'	10.5
8° 30'	5.1	18° 00'	10.8
9° 00'	5.4	18° 30'	11.1
9° 30'	5.7	19° 00'	11.4
10° 00'	6.0	19° 30'	11.7
		20° 00'	12.0

C. VELOCIDAD Y TIEMPO DE VIAJE DE CAMIONES  
 LOS FACTORES DE PESO Y CABALLOS DE FUERZA EN LOS CAMIONES.

En el diseño de una ruta se tienen 2 factores importantes, el peso y la velocidad de los camiones. Para determinar el mayor porcentaje económico en grado de alineamiento vertical, generalmente se tiene algún conocimiento de la proporción peso/fuerza. El peso bruto en los camiones es reportado por las casetas de las carreteras, información que es utilizada para investigación, planeación y diseño estructural del camino.

RELACION PESO/CABALLOS DE FUERZA. Las relaciones peso/

caballos de fuerza de los camiones en el tránsito, puede ser determinada solo por el peso mismo de los camiones en las carreteras y al mismo tiempo, por la potencia neta de la máquina. Si la potencia neta no es obtenida directamente de la placa, de especificaciones o por otro tipo de fuente confiable, esta información puede ser obtenida de los libros de lubricación. Las variaciones en la relación de un camión específico desde las libras mínimas hasta las máximas resulta de 2 factores; la potencia de la máquina que varía con el diseño mismo, y el peso bruto que varía con el diseño del vehículo y la carga en el momento en que es pesado. El peso vacío de camiones de la misma clase varía y el peso de la carga variará desde cero hasta una sobrecarga, esta variación depende del diseño de eje del vehículo.

En mayores estudios económicos la distribución de la relación peso/potencia se da a base de porcentajes.

VELOCIDAD DE CAMIONES EN GRADOS MINIMOS. La velocidad cuesta abajo de los camiones está determinada por 4 factores principales: actitud del conductor, condiciones del tránsito, ángulo de visión y pendiente.

En el tránsito el conductor controla las altas velocidades, y el grado de visibilidad es el 1er factor que interviene en la disminución de velocidad, haciendo caso omiso de las -

fricciones, un vehículo que corre a una velocidad  $v$ , adquiere una energía cinética que le permitirá subir una altura  $h = \frac{v^2}{2g}$

En un trayecto puede presentarse dos dificultades, una que vire en una curva pegándole a otro vehículo no visible, observando velocidades descendentes en camiones pesados. En caminos largos (tangentes largas) las velocidades son tan altas como las velocidades en tangentes.

VELOCIDADES DE LOS CAMIONES EN PENDIENTES MAYORES. Esta velocidad está determinada principalmente por la relación peso/potencia, la velocidad de entrada, y el tamaño de la pendiente. Las velocidades ascendentes han sido observadas en conexión con estudios de volumen de tránsito, el efecto de los camiones en lento movimiento de vehículos y líneas de vehículos o velocidades ascendentes. Tratándose de camiones de carga si la cuesta excede de 300 m de longitud, una vez agotado el vuelo el vehículo queda dependiendo exclusivamente de su potencia. Esto se presenta cuando las condiciones permitan adquirir una carga de velocidad.

TIEMPO DE VIAJE DE LOS CAMIONES EN PENDIENTE. Los tiempos de viaje de los camiones son calculados en intervalos de distancias, usando tablas de velocidad-distancia de los camiones en mayores y menores grados de pendientes.

El ahorro relativo en tiempo de recorrido es menor a medida que aumentan las velocidades. Después de 80 o 90 Km/h. los ahorros en tiempo al aumentar la velocidad, son relativamente pequeños.

Cambiando la velocidad nos permitirá variar el tiempo de recorrido. Los estudios de tiempo de recorrido pueden ser clasificados, a su vez en 2 distintos sistemas de estudios. El 1ro. el método de las placas, es particularmente efectivo para registrar el tiempo de recorrido en una corriente de tránsito que no incluya a gran número de vehículos que den vuelta o que salgan del camino, su función es determinar la velocidad promedio sobre toda la ruta. El 2o. sistema de estudio de tiempo de recorrido, el método del vehículo de prueba, es - - aquél en el cual la ubicación y duración de cada demora puede ser registrada y cronometrada.

#### 2.4. - CAMBIOS DE VELOCIDAD DE LOS VEHICULOS

Tanto el costo de mantenimiento de los vehículos en circulación como el tiempo de viaje son afectados por la velocidad a la cual el vehículo camina, pero de igual importancia es el número de cambios de velocidad y más o menos el número de millas por hora cambiadas. En condición normal el conductor es particularmente cuidadoso en sus cambios de velocidad así como de sus paradas, pero los cambios son mayores en magnitud

cuando se toma la información. Se pretenden dar referencias - aisladas de cambios de velocidad para suplir el análisis económico de caminos con información deseable de cambios de velocidad en tránsito, extensivas observaciones y resultados de - vehículos en contonuo movimiento.

#### A. - ACELERACION Y DESACELERACION DE AUTOS DE PASAJEROS

No se tiene evidencia específica del efecto de proporción de aceleración y desaceleración en el costo de vehículos, ya que los cambios de velocidad se dan en mayor proporción - que en menor.

TIEMPO DE VELOCIDAD EN RELACION CON DESACELERACION Y ACELERACION. En una extensa variación en porcentajes, especialmente a velocidades de 35 mph (56-57 Km/h) no hay un diferente inicio o velocidad final o un segundo tiempo específico. A velocidades de 42 mph (67 Km/h) se tiene un porcentaje uniforme de cambio a un constante promedio.

DISTANCIAS REQUERIDAS DE DESACELERACIONES A PARADAS Y ACELERACIONES A VELOCIDAD DE INICIO. En los promedios de aceleración las distancias se incrementan, con incrementos en la velocidad inicial y promedios bajos necesitan distancias mayores que los promedios de aceleración y desaceleración a 70 - mph (112 Km/h).



Distancia para detener un vehículo. La distancia para detener un vehículo depende del tiempo de percepción, del tiempo de reacción y del tiempo de frenado.

Distancia de parada = Distancia de percepción + Distancia de reacción + Distancia de frenado.

Generalmente se desprecia la distancia de percepción, para fines de proyecto, por la dificultad de precisarla. Para las otras dos se hace estimación conservadora del tiempo requerido. Para el tiempo de reacción se pueden tomar valores de 0.75 seg. a 1 seg. Durante este tiempo se considera que la velocidad se mantiene uniforme, ya que la variación es muy pequeña.

La distancia de frenado depende de muchos factores: la fricción entre llantas y pavimento; peso del vehículo; número de ejes; tipo de pavimento etc. Sin embargo, estableciendo ciertas condiciones, es posible calcular dicha distancia.

Considerando el movimiento como uniformemente acelerado (aceleración negativa), a partir de la acción mecánica de pisar los frenos, en una superficie horizontal, tenemos:

$$D = vt - \frac{at^2}{2}$$

en donde:  $v$  = velocidad en el momento de aplicar los frenos  
 $t$  = tiempo  
 $a$  = aceleración  
 $d$  = distancia recorrida

Como dato conocido tenemos " $v$ " y como incógnitas a " $a$ "

y "t" Por otro lado tenemos que el vehículo lleva una fuerza F, que podemos valorar así:

$$F = ma$$

en donde m es la masa y a la aceleración

Esa fuerza debe ser contrarestada por otra igual a fin de que podamos detener el vehículo. Esta 2a. fuerza puede expresarse:

$$F_1 = fW$$

en donde f es el coeficiente de fricción y W el peso propio.

Para detener el vehículo necesitamos que  $F = F_1$ ; por lo tanto  $fW = ma$ . Sustituyendo el valor m por  $\frac{W}{g}$ ; en donde g es la aceleración de la gravedad

$$fW = \frac{W}{g} a; \quad f = \frac{a}{g} \quad a = fg$$

Por otro lado tenemos que:  $v = at$ ,  $t = \frac{v}{a}$

sustituyendo el valor de a encontrado anteriormente  $t = \frac{v}{fg}$

Sustituyendo los valores de a y t en la ecuación original tenemos:

$$D = v \frac{v}{fg} - \frac{1}{2} fg \left( \frac{v}{fg} \right)^2 = \frac{v^2}{fg} - \frac{v^2}{2fg}$$

$$\text{Finalmente: } D = \frac{v^2}{2fg}$$

Usando unidades prácticas y usuales, transformamos la fórmula para v en Km/h; g en m/seg<sup>2</sup>; d en m como sigue:

$$d = \frac{v^2 (1000)^2}{19.62 \times (3600)^2} = 0.00394 \frac{v^2}{f}$$



yendo el consumo de combustible al 50%

### C. DEFINICION E IDENTIFICACION DE CAMBIOS DE VELOCIDAD

Un cambio de velocidad de un vehículo en movimiento es literalmente un incremento o decremento de la velocidad durante un intervalo de tiempo o distancia. Esta definición incluye el arranque y paradas de un vehículo, altas y bajas de velocidad - cuando no existen paradas. Para propósitos prácticos es necesario, restringir la definición y aplicar solamente un cambio de velocidad sobre algún mínimo de velocidad en m.p.h. En el análisis económico de mejoras de carreteras se debe saber el probable cambio de velocidad como resultado del diseño de la carretera y operaciones de tráfico.

Son de interés para el analista los efectos de costo y tiempo causados por el diseño y control de tráfico. Son 2 aparatos que contribuyen al costo de cambio de velocidad, el estrangulador y el freno. Los cambios de velocidad pueden ser causados por pendientes verticales, por la acción del conductor y - otras fuerzas.

El conductor puede cambiar la velocidad por razones personales; parar, cambios de ruta, señalamientos, ángulo de visión nivel de ruido, cumplimiento con la velocidad legal, etc.

El conductor puede tambien cambiar la velocidad para - prevenir accidentes, seguir la línea de tránsito, cambiar de di

rección, combinación de la velocidad con la sobreelevación de -  
curva, y rebasar a un vehículo lento. La velocidad puede tam- -  
bien cambiar sin la acción del conductor, ya sea por alineamient  
to vertical del camino, resistencia en curva horizontal, direc-  
ción y presión del viento, y cambios en la resistencia de los -  
neumáticos. En la reducción de velocidad uniforme prevalecen 4  
condiciones; 1ro. cuando el conductor no tiene razones personal  
es para cambiar la velocidad, para llevar a cabo sus propósitos  
2o. cuando el alineamiento vertical u horizontal de la carreter  
a es constante 3o. cuando las condiciones de tránsito permitan  
constante velocidad y 4o. cuando el tiempo u otro elemento del  
medio ambiente permanecen constantes. El conductor a velocidad-  
constante y a nivel de tangente necesita frecuentemente ajustar  
la posición del estrangulador.

Existen 3 clases de caminos con respecto a la velocidad  
para conducir un vehículo. Un conductor debe manejar con una pos  
sición constante del estrangulador permitiendole al vehículo gan  
nar y perder velocidad como efecto del camino y fuerzas natural  
es; el conductor debe procurar conducir a velocidad uniforme y  
constante, haciendo continuos cambios en la presión del estran-  
gulador y frenado; o procurar combinar el constante estrangula-  
miento y constante velocidad a fin de mantener la velocidad máx  
xima y mínima.

FRECUENCIAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD. 3 objetivos deben ser considerados en un esfuerzo para delinear cambios de velocidad, cuando el perfil de velocidad es disponible para cada segundo de tiempo de viaje.

1o. Es deseable grabar solo aquella velocidad que resulta de una acción positiva del conductor para cambiar la velocidad ya sea por el freno o estrangulador.

2o. Solo aquellos cambios de velocidad que pueden ser realmente identificados por el observador en el auto o el conductor cuando trata de notar el cambio de velocidad.

3o. Es deseable reconocer, que alguno del primero o segundo cambio de mph dado en la velocidad debe ser grabado.

Basados en estos objetivos y análisis preliminares se desarrollan criterios y guías de cambios de velocidad de diferentes clases de carreteras y condiciones de tráfico de propósitos de velocidad, como los tomados por Claffey que intentan prever un método para mejorar la más frecuente y significativa información de cambios de velocidades. Los preceptos son los siguientes:

1. - A una fluctuación de 1 mph en la velocidad no es considerado como un cambio de velocidad. Cuando es consecutiva una velocidad por segundo y no varía por más de 1 mph. Se dice que existe una velocidad constante. Nótoce que un incremento de 1 mph en una velocidad base seguida inmediatamente de un

descanso de 2 mph y un incremento de 1 mph produce 3 cambios - de velocidad que son desechados de este criterio.

2. - Cambios de velocidad de 2 ó más mph, son aceptados cuando son precedidos y seguidos por velocidades constantes.

3. - Cuando una velocidad constante (por definición), prevalece por 4 ó más informaciones consecutivas por segundo, es identificada como una milla cero por hora de cambio de velocidad, esto es un periodo de tiempo y no un cambio de velocidad.

4. - Periodos constantes de velocidad menores de 4 -- consecutivos de un segundo entre cambios de velocidad de signo opuesto, son identificados de la siguiente manera: Cuando existen 2 lecturas consecutivas de velocidad, la 1ra. velocidad, - es asignada por el periodo de cambio de velocidad precedida y el punto de cambio de velocidad es designada en la 2da. lectura. Cuando hay 3 lecturas consecutivas de cambio de velocidad, la media es tomada como la final del precedente cambio de velocidad y el principio del siguiente periodo. Este esquema resulta eliminando el periodo constante de velocidad de menos de 4 - lecturas consecutivas (con intervalo de 3 seg.) y asignando - porciones de lecturas para siguientes periodos.

5. - Velocidades constantes de menos de 4 lecturas de velocidad, vienen entre el principio y el fin de un cambio de velocidad de 2 mph ó más.

### 3. - ESTIMACIONES Y VOLUMEN DE TRANSITO

El análisis de la ingeniería económica de una mejora de carretera es basado, propiamente en el futuro, las facilidades propuestas de un camino deben ser construidas en el futuro inmediato y el tránsito que usará la nueva ruta desde la fecha de construcción y de 5 a 30 años en el futuro.

La estimación o promedio de tránsito usará la facilidad propuesta, una vez construida y uno de los factores claves deberá ser el análisis. Las consecuencias del uso del camino son directamente proporcionales al volumen del tránsito. El mismo diseño depende de la planeación y entonces, el costo de la carretera depende de la estimación de la composición del volumen del tránsito futuro.

En estudios de volúmenes de tránsito se requieren detalles, como la composición del tránsito de una corriente o datos sobre movimientos de vueltas. Para determinar la composición y volumen de tránsito de un sistema de carreteras, se realizan aforos de volúmenes ya sea a base de métodos manuales o con dispositivos mecánicos; estos aforos sirven para determinar el número de vehículos que viajan en ciertas zonas, para evaluar índices de accidentes, como base en la clasificación de caminos, como datos útiles para la planeación de rutas y determinados proyectos geométricos, para proyectar sistemas del con



trol del tránsito, para elaborar sistemas de conservación, para establecer prioridades de construcción, para determinar el tránsito futuro y muchas otras aplicaciones. El método manual se realiza con personal de campo que realiza el recuento para obtener datos de volúmenes y clasificación, de vehículos por tamaño, tipo y número de ocupantes y otras características.

Los dispositivos mecánicos cumplen dos funciones, 1° Detectar y percibir; 2° Realizar un acopio de datos de tránsito. La potencia útil enviada a través del detector es usualmente un impulso eléctrico. Este impulso es, a su vez, amplificado o enviado directamente a un diagrama por su registro.

COMPOSICION DE LOS VOLÚMENES. Se conoce como composición de los volúmenes por las siguientes razones: 1) los efectos que ejercen los vehículos entre si dependen de sus características entre sí 2) La proporción de vehículos de grandes dimensiones y radios de giro determinan las características geométricas que deben tener las vías y el peso de los vehículos, sus características estructurales 3) Los recursos no se pueden obtener de los usuarios de una vía, dependen entre otras cosas, del porcentaje de vehículos comerciales que circulan por ella.

VOLÚMENES DE TRANSITO. Características del flujo del tránsito. El flujo del tránsito sobre una carretera está medido por el número de vehículos que cruzan una estación particular durante un intervalo de tiempo dado.

En muchos casos el tránsito está especificado como el "Promedio Diario Anual de Tránsito" comúnmente llamado ADT. También el volumen puede ser especificado sobre bases de horario tales como el "volumen horario observado de tránsito" o "el volumen estimado de 30 horas", el cual es comúnmente usado para propósitos de diseño. Algunas agencias usan actualmente volúmenes para 5 min. de intervalo para distinguir el movimiento de valores máximos.

El flujo de tránsito depende del sitio de la variación del día, de la semana y meses del año, así como de los cambios característicos de camiones pesados.

Se ha establecido que para varias horas de cada año el volumen de tránsito alcanza eso de que la 30a hora la más pesada, lo cual es el volumen horario excedido solo 29 hrs. por año, por lo que es lógico diseñar una carretera para acomodar este volumen de la 30a. hora para un determinado año futuro, el procedimiento está recomendado por la AASHO.

#### ESTIMACIONES DE LOS VOLUMENES FUTUROS DE TRANSITO.

Relativamente muchas carreteras nuevas están actualmente sobrepobladas debido a que fueron diseñados para volúmenes de tránsito mucho más bajos que aquellos que se han desarrollado actualmente. Los métodos actuales para la estimación del tránsito futuro, intentan reconocer los factores del crecimien-

to de este tránsito y por consiguiente, prevenir la congestión - inmediata y el uso.

El tránsito futuro en las facilidades modernas para el - tipo viaducto, ya sea en zonas urbanas o rurales, ha sido subdividido como sigue:

Corriente de tránsito: el cual inmediatamente usaría un mejoramiento de la carretera.

Tránsito atraído (desviado): El cual sería atraído de - otro con menos facilidades necesarias que para el nuevo.

Tránsito generado: el cual se desarrolla inmediatamente - después que la nueva facilidad es descubierta y es atribuido a una mejor accesibilidad, conveniencia y atractivo.

El tránsito generado, por el contrario del atraído, no - existe antes de que la facilidad sea descubierta. Un ejemplo se - ría el aumento aparente de tránsito cuando un viejo camino es - cambiado por uno nuevo.

Crecimiento del tránsito normal: El cual crece debido - al desarrollo de las ciudades; pero solo en el cambio que hubie - ra ocurrido sin la nueva facilidad.

Las predicciones de tránsito para secciones específicas - de carreteras propuestas están basadas en medidas o estimaciones de cada uno de los tipos enumerados anteriormente.

La corriente de tránsito puede ser determinada mediante - conteo de vehículos sobre un camino existente. Para tener bases -

razonables se formulan datos de estudio de origen destino. Se han desarrollado varios procedimientos de cálculo para determinar los volúmenes de tránsito sobre carreteras con el debido reconocimiento de la desviación, en un método se sugiere que las desviaciones deben ser situadas por medio de la "relación viaje tiempo" y en el otro se considera a ambos el tiempo de recorrido y el "viaje distancia"

El crecimiento del desarrollo de tránsito es, por su puesto difícil de apreciar, porque depende entre otras cosas, de desarrollos económicos tanto de la zona como de la nación. Las estimaciones del futuro tránsito son difíciles de hacer y aproximarse a lo mejor. Por lo que el ingeniero de caminos debe echar mano de sus habilidades y conocimientos de predicciones disponibles.

#### ESTUDIOS SOBRE VOLUMENES DE TRANSITO

CARACTERISTICAS. - Cuando se desea conocer los volúmenes de tránsito que circulan por una vía, o por un sistema de vías, se hacen estudios sobre volúmenes. Estos estudios emplean como fuente primaria de información recuentos de volúmenes que en la mayoría de los casos se distribuyen convenientemente en tiempo y espacio a fin de utilizar sus resultados para inducir y deducir nuevos datos. El proceso de inducción consiste en determinar el patrón de volumen de tránsito de una vía con datos obtenidos de recuento. Aplicando ese patrón a otras vías similares y haciendo

recuentos cortos en ellas, es posible deducir sus volúmenes correspondientes. Para efectuar un estudio de volumen de tránsito hay que tener en cuenta los siguientes factores:

1) Objeto del estudio e información necesaria. La información necesaria influirá en el método a emplear y puede ser el TPD de las vías, sus volúmenes horario, circulación en cada sentido, movimientos de giro, número de vehículos de cada tipo etc.

2) Grado de precisión deseado y recursos disponibles, - que determinen la distribución y duración de los recuentos. En los E. U., se considera satisfactorio un error probable de 10 a 12 % de la determinación del TPD en vías rurales, si este valor pasa de 500 vehículos diarios.

Ese volumen horario se suele estimar haciendo recuentos cortos (24 a 72 horas), y multiplicando sus resultados por un coeficiente de expansión, que resulta de la aplicación de la vía considerada, del patrón de volumen de tránsito de otra vía de características similares de circulación.

3) Magnitud de las corrientes de vehículos que se considerarán en las vías o sistemas de vías, por donde circulan. Si no se dispone de datos sobre este particular, es preciso estimarlos para planear el estudio.

4) Tiempo que se invertirá, en organizar el estudio, colocar y transportar contadores, trasladar los observadores, etc. a fin de determinar el tiempo efectivo de que se dispone para -

hacer los recuentos propiamente dichos:

Los datos sobre el volumen de tránsito se utilizan en combinación con una variedad de estudios de clasificación y de proyecto para las carreteras importantes y las autopistas.

Los principales investigadores de las características del tránsito encontraron y aislaron las analogías de las fluctuaciones repetidas de tránsito que se repiten en ciclos, horarios, diarios, semanarios, mensuales y anuales.

Los índices de tránsito se pueden obtener por conteos de muestras que se hayan tomado por procedimientos sistemáticos; las mismas muestras pueden tomarse en el grado de precisión que se desee para obtener los índices de tránsito finales, el costo del muestreo varía con el grado de precisión que se quiera obtener.

### 3.1. - COMPONENTES DEL TRANSITO TOTAL

Para un mejor entendimiento del papel del tránsito estimado en el análisis económico, se deben discutir los componentes del mismo, basándose en los orígenes del tránsito. Si el análisis de la economía, es para la evaluación de un proyecto o para la formulación de un proyecto debe considerarse el tránsito. Al hacer estimaciones deben considerarse sus componentes básicos; tránsito existente, tránsito desviado, transferencia de tránsito, generación de tránsito, desarrollo de tránsito, crecimiento de tránsito normal y tránsito público.

## A - TRANSITO EXISTENTE

El tránsito existente es aquel tránsito en carreteras - que normalmente usa la ruta o facilidad que va a ser construida o mejorada. Existe tránsito que no incluye ninguna especie de tránsito en área de viaje o en el área en la cual debe ser atraída por la nueva facilidad cuando ésta esté terminada. El anterior y el inmediato número de viajes de tránsito existente puede permanecer sin cambios, pero las millas por vehículo serán alteradas por cualquier cambio de acortamiento o alargamiento de distancia. Para una nueva localización de ruta, cuando todas las rutas viejas dentro del área continúan en servicio, el tránsito existente en la nueva ruta será cero. El término tránsito existente es también aplicado a cualquier tránsito presente que se encuentre dentro de un área o facilidad determinada.

Como un resultado al mejorar una carretera ya existente sucede que el tránsito existente decrece en volumen antes que la mejora sea terminada. El resultado usual es un incremento al promedio general de la velocidad en todo el tránsito promedio diario (TPD). Los controles de intersección de tránsito cambian a un solo sentido y los accesos que son cerrados, además provocan una baja en el tránsito existente. En un área de existencia de tránsito siempre baja según el rumbo dado porque una nueva facilidad viene a darse.

## B - TRANSITO DESVIADO

El tránsito desviado es aquel que se da de una nueva - facilidad a otras rutas o facilidades, es decir, atraída a - - otras vías. Este tránsito es atraído porque los conductores de los vehículos ven ciertas ventajas en sus rutas normales. El - tránsito desviado no resulta de un incremento en el número de - viajes de vehículos en un camino dentro de un área, pero se ba - sa en una redistribución en los viajes entre las rutas alternas y cambios en origen y destino.

Cuando un nuevo camino es contruido en un nuevo lugar - y la mayoría de los antiguos caminos oledaños continuan en uso, el tránsito en la nueva ruta estará compuesto en gran parte por el tránsito desviado.

En estudios económicos la desviación de tránsito tiene importancia, porque considera las consecuencias que ésto aca - rrea, todo el tránsito por un nuevo camino o mejora, debe ser - incluido en el análisis. Por referencia personal algún tipo de - tránsito debe ser diversificado por una nueva facilidad compara - da con sus rutas usuales. El tiempo favorable de viaje es a ve - ces un factor para crear adversidades en la distancia de viaje.

## C - TRANSFERENCIA DE TRANSITO

La transferencia de tránsito es aquella que se da en - un nuevo camino por medios diferentes al camino convencional, ta - les como por tren, por aire o embarcadero.



Los analistas para propósitos económicos muchas veces -  
omiten las consecuencias adversas de modos de viaje, las cuales -  
perderán viajes de la nueva ruta, esta consecuencia económica, -  
sin embargo no debe ser ignorada. La transferencia de tránsito -  
es un factor económico que se considera como una parte del grupo  
de consecuencias de tránsito y la política de la comunidad. La -  
transferencia de tránsito debe ser incluida en el tránsito dependi  
diendo de la ventaja económica, de los incrementos de los costos  
de viaje, las formas de accidentes y las razones de preferencia-  
personal.

Una positiva evidencia de la magnitud de la transferen-  
cia de tránsito es el aumento de viajes carreteros y la disminu-  
ción de viajes por tren (incluso de carga), en los últimos 30 -  
años.

#### D - GENERACION DE TRANSITO

Al proceso de producir o atraer vehículos en movimiento  
por la vía pública se denomina generación de tránsito. La generaci  
ción de tránsito se refiere a vehículos en la vía pública, la de  
viajes a personas en cualquier clase de vía y la relación entre-  
una y otra depende del medio de transporte en que se utilizan -  
los viajes y la longitud de esos viajes, Se considera que la gene  
neración de tránsito es una función directa del número de vehicu  
los motorizados disponibles y el uso del terreno. Para estimarla  
se consideran métodos indirectos basados en la generación de viaje

jes y el uso del terreno, estos métodos emplean fundamentalmente los siguientes pasos:

1) Estudios del uso del terreno presente y predicción del uso futuro

2) Determinación de la relación entre el uso del terreno y la generación de viajes

3) Conversión de la generación de viajes en generación de tránsito

#### E. - DESARROLLO DE TRANSITO

El desarrollo de tránsito es una nueva facilidad es el que se da después de que una nueva ruta es terminada por algún cambio en el trazo y uso del terreno.

Considerando el terreno como un factor importante, cuando se estima a futuro el número de vueltas de vehículos y, la cercana correlación del uso del terreno y del viaje de un lugar a otro.

Actualmente el tránsito desarrollado es probablemente una combinación del crecimiento normal y del tránsito desviado y transferido.

El tránsito desarrollado es un importante componente del tránsito futuro en nuevas rutas que se crean en determinadas áreas, por nuevas actividades o derivaciones, la recreación por ejemplo. Por lo que se entiende por tránsito desarrollado, es aquél que no existía antes y se origina por la construcción o mejora de la vía.

## F - CRECIMIENTO DE TRANSITO NORMAL

El crecimiento de tránsito normal, es aquél que no existe pero que comienza a darse en el futuro por el incremento en la población o generalmente por el crecimiento en el uso de vehículos.

Es difícil de separar el crecimiento de tránsito normal de otros crecimientos en viaje (transferido, desviado, desarrollado y generado) una vez que una nueva facilidad ha estado en uso por un año o más.

Prácticamente, todas las carreteras, caminos y calles han estado ganando tránsito de vehículos motores desde el principio de uso de esos medios de viaje.

El incremento de tránsito ha sido el resultado del incremento de población, del número de vehículos de acuerdo al incremento mismo de la población y el incremento en el uso de vehículos en millas por año por vehículo.

El tránsito desviado, transferido y generado crecen rápidamente en una nueva facilidad durante el primer año y poco a poco más tarde. El tránsito con mayores posibilidades aumentará año con año arriba de la capacidad del camino. Este continuo incremento en el tránsito es el crecimiento normal de tránsito, que comprende la mayor designación del volumen de tránsito diferente al tránsito que existe en cualquier lugar.

## G - TRANSITO PUBLICO

El tránsito público es el total de tránsito corriente en

caminos y calles dentro de un área geográfica afectada por cierta facilidad. El tránsito público al usar la nueva facilidad de vía puede ser favorablemente afectado o desfavorablemente a través de cambios de viaje, velocidad de recorrido y distancia.

El tránsito público en estudios económicos es considerado siempre, tarde o temprano. Una vía rápida en una zona urbana - causará muchos cambios en el tránsito local. Algunas calles congestionadas se verán desahogadas o el tránsito se verá forzado a caminar una mayor distancia por el control de acceso de la nueva facilidad.

El estudio económico de tránsito público es considerado sobre las bases de "antes y despues". Un camino de acceso o comunicación urbana causan muchos cambios en el área local del modelo de tránsito con intercambios que pueden ser de desfogue, o forzados a viajes de tránsito de distancias extraordinarias porque, el control de acceso sobre la vía y necesidad de cierre dan el grado de separación de espacios, para todo el tránsito entrecruzado.

Las consecuencias tocantes al trazo de vía son difíciles de preveer y prácticamente difícil de estimar, las fuentes comunes de errores al comparar los datos "antes y despues" son las siguientes:

- (1) Mala elección para los periodos de "antes y despues"
- (2) Datos inadecuados o no comparables
- (3) Falla debida al periodo de cambio de información al

al usuario

- (4) Fallas por no tomar en cuenta la situación
- (5) Faltas de control de las tendencias del tránsito
- (6) Falla al elaborar de acuerdo con el riesgo
- (7) Considerar significativo un cambio cuando en realidad está dentro del dominio de una variación probable.

### 3.2. - DISCUSION ACERCA DE LAS SIETE CLASIFICACIONES DEL TRANSITO

De las siete clasificaciones de tránsito, el tránsito existente, es el único que no afecta en volumen en los años futuros. El tránsito desviado y el transferido aumentarán en la facilidad y se mantendrán durante el primer año de su uso, pero a su vez, estas dos clases continuarán contribuyendo en algún tránsito adicional dentro de la facilidad durante años futuros.

El total de tránsito desarrollado año con año, podrá depender de la naturaleza y de los cambios en el uso del terreno. La generación de tránsito, podrá tener cambios cuando una nueva ruta sea terminada. El crecimiento de tránsito está íntimamente relacionada con el desarrollo y generación de tránsito, por lo cual es difícil de estimarlo separadamente, después del primer año o más, pero posteriormente, constituirá el mejor incremento año con año.

Para propósitos de nuevos diseños, el tránsito total so

lo es necesario como un conocimiento general. Para estudios económicos y de ingeniería, los estudios de tránsito son importantes, - solo cuando las reducciones reales en el costo del viaje y los - verdaderos beneficios netos se necesiten identificar.

Un poco de atención a la clasificación del tránsito podrá ser conveniente en la evaluación de un proyecto según la formulación del contraste al proyectarse, ya que muchas veces no es interesante la fuente de tránsito.

### 3.3. - LA PREVISION DEL TRANSITO

Los factores de volumen, composición y origen de la previsión de tránsito son usados, en el propósito de una nueva facilidad e igualmente importante en el análisis económico.

Volumen y composición afectan directamente los costos de uso en la nueva facilidad y el origen del tránsito determina las bases del costo desde el cual, las consecuencias son directas. Los métodos de previsión del tránsito o asignamiento del mismo y los factores asociados de población, impuestos, servicios terrestres, tiempo y distancia no son tomados en cuenta. Algunos aspectos de las previsiones del análisis económico se discuten a continuación:

#### A - PREVISION PARA LA BASE DE TRANSITO

Dentro del concepto de "tener o no tener", es necesario que los costos de uso del camino sean estimados para todos los - orígenes de tránsito que contribuyen al uso de nuevas facilidades, cuando se hace el análisis económico para esta evaluación.

Las alternativas sin que se proponga la facilidad, ésto es "el no hacer", requiere una previsión del tránsito puesto en la facilidad debe ser proyectada en el mismo periodo de tiempo.

Para asumir la existencia de tránsito y fuentes de otro tipo, que serán constantes en el futuro, es tan lógico como pensar que en el primer año de tránsito, en la nueva facilidad continuará por el resto del tiempo, del periodo de análisis. Sobre el periodo de análisis y condiciones existentes, algunos analistas han estimado el tránsito existente durante el periodo de análisis, pero confían en su resultado solo en la estimación pro-puesta. Para formulación del proyecto, sin embargo existen condiciones necesarias no estimadas excepto donde algunos cambios de tránsito pudieran afectar la economía de los detalles del diseño

#### B - VOLUMEN DE TRANSITO FUTURO CONTRA

##### COSTO CORRIENTE

Los cálculos de ahorro y beneficio de tránsito deben - ser usados en condiciones proyectadas a futuro. Como los volúmenes de tránsito y composición cambian con los años futuros ( un incremento en el TPD es el resultado usual), la velocidad de operación, el tiempo de viaje y el costo corriente también cambia -rán.

Los costos unitarios por vehículo o por vehículo-milla, variarán en los años futuros por cambios en volumen de tránsito y cambios consecuentes de velocidad y accidentes. Para algunas -

facilidades, el incremento en tránsito podrá culminar en algunos años, en un volumen total de tránsito tan grande como si se - - comparara con la antigua facilidad. El tránsito que viene de la nueva facilidad en mayor distancia con los años futuros, ciertamente no podrá ser utilizada para realizar el mismo número de beneficios.

El futuro de beneficios netos dependerá del incremento en el volumen de tránsito, con respecto a la capacidad para acomodar el total de tránsito. Muchas situaciones en el pasado pueden ser citadas para mostrar el porque el rápido incremento en tránsito desviado, transferido, desarrollado y generado. La capacidad total de la nueva facilidad decrece en un corto periodo de tiempo, aunque el desfogue en otras vías tenga larga continuidad

Los viajes carreteros son diversificados de otras facilidades a la nueva facilidad, esperando una consecuencia favorable de tránsito que reducirá el volumen sobre aquellas rutas usadas que permitirán mayores velocidades de viaje y bajos costos de recorrido por vehículo-milla. El análisis económico podría incluir estas consecuencias.

C - GRADIENTE Y EXPONENCIAL DEL  
CRECIMIENTO DEL TRANSITO

El volumen de tránsito en años pasados ha tendido a incrementar geométricamente (exponencialmente), más que linealmente. Estimaciones de tránsito han favorecido el pronóstico en línea recta. Para estudios económicos, uno y otro tipo de previ-



sión puede ser usada. El gradiente y combinación exponencial - son factores disponibles en cualquier modelo de crecimiento que puede ser estudiado. Algunas veces el investigador estimará el tránsito para algún futuro como en 1985, sin ninguna referencia en el volumen de tránsito de los años entre el presente y 1985. El analista de la economía deberá decidir año con año para su - periodo de análisis.

#### D - BASE ANUAL DE LA PREVISION DE TRANSITO

El volumen de tránsito es generalmente expresado como- (ADT) que significa promedio diario del volumen de tránsito - - (TPD), tránsito promedio diario por periodo de tiempo específico usualmente en un año específico. Para análisis económicos se requieren tres factores: (1) El TPD del principio del primer - año de uso de la facilidad propuesta (2) Volumen de tránsito - por cada año del periodo completo del análisis y (3) La composi ción del tránsito entre las diferentes clases de vehículos.

Estos tres factores son necesarios para la facilidad - existente, para la comunidad y la misma composición.

Generalmente la composición de tránsito no es tan precisa como para decir que es el promedio de los pasados 12 meses los pasados 6 meses y los futuros 6 meses o los futuros 12. El factor específico importante es el punto exacto en tiempo donde hay algún incremento en gradiente de tránsito y componentes que son calculados, con referencia a una específica relación entre- la fecha en que comienza el incremento y el factor "n" (periodo de análisis).

### 3.4 - RESUMEN DE ESTIMACION DEL VOLUMEN

#### DE TRANSITO

En el análisis económico de los costos que hacen posible los caminos se tienen consecuencias en los objetivos de peso neto. Considerando únicamente el costo de la corriente vehicular, los costos de accidentes, el tiempo de viaje y el hecho de todos los vehículos que se incluyan en el análisis de cierta nueva ruta, se obtendrán beneficios netos que pueden ser utilizados en conceptos de ventas.

Para la formulación de proyectos, el precio de los beneficios o ahorros, no son el factor importante en un proyecto de evaluación. La formulación del diseño de detalles es un relativo proceso de comparación en el cual el objetivo es encontrar el mejor diseño económico para el tránsito que usará la facilidad.

Los beneficios pueden ser tanto "pequeños como grandes", sin que afecte mucho el diseño seleccionado entre las demás alternativas de proyecto.

Quando se computarizan los beneficios monetarios (incluyendo ahorro), para el tránsito futuro, se debe tener cuidado en dar el uso apropiado y las condiciones futuras de las probables consecuencias. Esto unido al costo unitario de operación por vehículo, accidentes y tiempo de viaje, necesitan ser ajustados al probable futuro del volumen y condiciones de tránsito para un año y para las bases alternativas cada año.

Cuando todo el tránsito futuro es incluido en el análisis se debe tener cuidado que se haga, considerando lo que es llamado beneficios netos o ahorros.

## C O N C L U S I O N E S

Los estudios de accidentes de tránsito han conducido a subdivisiones de acceso limitado con calles curvadas, cruces especiales y conexiones a arterias con mayor tráfico. En muchos casos los datos estadísticos forman la base para visualizar - - ciertas características del diseño del camino, ya que la eliminación de la oportunidad, del accidente al mayor grado posible es el objetivo principal para el diseñador de caminos. Para - - grandes volúmenes de tráfico, al viaducto representa una solución a la reducción de accidentes, ya que los peatones se separan de los vehículos.

Los datos estimados de volumen de tránsito y composición pueden acoplarse con conocimiento de la capacidad, pues el conocimiento de éstos ayuda a la designación del número de carreteras suficientes que debe ser provista la carretera.

La velocidad de diseño y la pendiente determinada proveen las bases para la fijación de las normas mínimas para el alineamiento horizontal y vertical, ya que algún grupo de normas geométricas no pueden ser aplicadas a todas las carreteras, pero si deben tenerse algunas recomendaciones desde los señalamientos que deben considerarse como parte integral de los estudios preliminares.

La clase de vehículos que transitan por los caminos. - -

varía según el tipo de camino de que se trate, el número de vehículos que puede transitar por un camino a una velocidad determinada, varía con las especificaciones del mismo, cuando el tránsito se haga difícil o se congestiona, necesita con seguridad alguna mejora, en consecuencia para mejorar la capacidad debe buscarse la mayor velocidad de operación.

Para el proyecto geométrico, los datos sobre tránsito son fundamentales, la aplicación de estos constituye el " sistema de cargas".

La clasificación del tránsito puede ser un factor de importancia en el proyecto, ya que por afectar a la velocidad influye en las especificaciones geométricas y consecuentemente en el costo.

La velocidad a la que puedan operar los vehículos es un índice importante, que debe tomarse en cuenta al establecer los requisitos geométricos; se consideran las velocidades de operación que se espera que los conductores usen en las carreteras tanto en los carros de turismo como en vehículos comerciales. Los aumentos de velocidad reflejan mejoras en las características de los vehículos y en el proyecto de las carreteras, y, de la aceptación de los conductores dependerá la velocidad de proyecto. La velocidad de proyecto puede elegirse de un análisis de velocidad de operación en las porciones más convenientes de las carreteras existentes.

Para carreteras convencionales, las velocidades de proyecto dependen de la topografía y pueden oscilar de 96 a 112 - - Km/h en terreno plano, de 80 a 96 Km/h en terreno ondulado, y - de 48 a 64 Km/h en topografía irregular.

Debe entenderse por velocidad, para fines de proyecto, - la máxima rapidez que puede mantenerse más o menos uniformemente en el camino o tramos de camino, dentro de la seguridad y durante periodos de poco tránsito. La velocidad es el factor que determina el costo del camino, para obtener costos mínimos debe limitarse la velocidad, que afecta a la pendiente, curvatura, visibilidad, ancho de corona, etc.

Los límites de las zonas de influencia entre caminos - próximos, de iguales características son los linderos imaginarios que los dividen y a los lados de los cuales, cuesta lo mismo transitar por cualquiera de ellos. La determinación de la zona - de influencia de un camino es la base primordial del estudio del tránsito.

Los volúmenes de tránsito sirven para indicar los patrones de movimiento con tal detalle que se pueden hacer predicciones de volumen en todas las conexiones del intercambio. Con los datos esenciales sobre el tránsito se puede obtener la justificación de la localización de los puntos de acceso rápidos y cómo - dos bajo un punto de vista económico.

En cuanto a la composición del tránsito, se tiene que -

cada vehículo comercial tiene una influencia en las operaciones de tránsito en las rasantes a nivel equivalentes a dos carros de turismo, el efecto se hace más notable cuando las carreteras tienen pendientes pronunciadas. En terreno quebrado, cada vehículo comercial puede tener efecto sobre capacidad que es igual a ocho carros de turismo.

La necesidad de tener datos sobre los que se puede basar los pronósticos del tránsito que probablemente, vaya a utilizar un camino moderno de tipo avanzado, aumenta como una función del costo de inversión. Los cálculos precisos para pronosticar el tránsito futuro, dan la pauta sobre la cual se pueden elaborar proyectos económicamente seguros, así como proporciona la base para proyectos que satisfagan las demandas del tránsito en todos los componentes del sistema. La disminución del tiempo de viaje en el camino mejorado produce un aumento del uso del mismo.

La Dirección de Caminos Públicos de E.E.U.U. determina el tránsito potencial futuro en las autopistas urbanas, en función de cuatro componentes, que se definen como sigue:

Tránsito desviado. - La determinación del tránsito que se desviará de otras rutas es el paso inicial para pronosticar el tránsito de proyecto para una nueva ruta. Este componente comprende viajes que tienen los mismos orígenes y destinos tanto antes como después de la inauguración de la nueva carretera y

que se desvía por la nueva obra. Una gran parte de este componente del tránsito se produce poco tiempo después de que se ha inaugurado la nueva o mejorada carretera.

Tránsito generado. - Dentro de los pocos primeros años que siguen a la terminación de una nueva vía urbana, aparece en ella el tránsito que no se hubiera producido si no se hubiera -- construido la nueva obra.

Tránsito inducido. - La construcción de una nueva vía - puede hacer posible, su fácil acceso, al desarrollo de las nuevas zonas residenciales, comerciales o industriales. Estas zonas producen cambios en los orígenes y destinos de parte del tránsito. Este componente de tránsito inducido o de tránsito potencial, depende de factores extraños al mismo camino, y de la rapidez con que se desarrollen las zonas adyacentes.

Aumento de tránsito. - Los cambios de las tendencias económico-sociales de la población, los registros de los vehículos de motor y el uso de los mismos, son los elementos que afectan el aumento de tránsito. La determinación de la magnitud de este componente depende del conocimiento de las condiciones locales, de los elementos de proyecto de la ciudad y del campo, y de los factores ambientales semejantes.

Se acepta; generalmente, que los componentes del tránsito desviado, generado y el aumento de una obra nueva están íntimamente relacionados y, si el análisis está bien hecho; importa poco-



en que categoría se coloca un incremento especial de tránsito.

Las encuestas de origen y destino son la mejor técnica para la formulación de datos básicos para la determinación del tránsito potencial futuro. Los datos básicos permiten al proyectista valorar y estimar el tránsito, en combinación con las entrevistas con conductores a lo largo de las líneas de separación. Esta combinación permite comprobar la precisión de la encuesta y proporciona una base más notable sobre la que se pueden formular conclusiones.

ECONOMIC ANALYSIS FOR HIGHWAYS

Robley Winfrey

International Textbook Company. Scranton, Pennsylvania

MANUAL DE INGENIERIA DE TRANSITO

Radelad Egues

INGENIERIA DE TRANSITO

Rafael Cal y Mayor

Asociación Mexicana de Caminos, A. C. y Representación  
y Servicios de Ingeniería, S. A. 5a. Ed.

MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO

Institute of Traffic Engineers

INGENIERIA DE CARRETERAS

Hewes & Oglesby

PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS MODERNAS

John Hugh Junes, M. S.

MANUAL DE CAMINOS VECINALES

René Etcharren Gutiérrez

Asociación Mexicana de Caminos, A. C.

Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A.

ESPECIFICACIONES, ANTIGUA S.O.P.

S.C.T. DIRECCION DE AUTOTRANSPORTE FEDERAL

Policía Federal de Caminos