

CAPITULO II.- MARCO TEÓRICO.

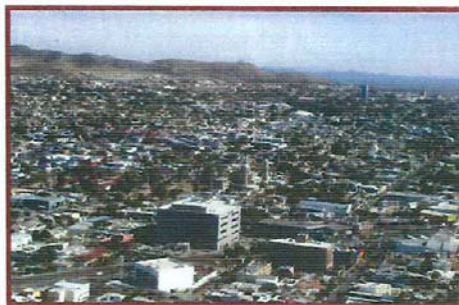
II.1.- INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN EL ESTADO DE SONORA.

Las comunicaciones desempeñan un papel importante en el desarrollo económico y social del Estado al influir directamente en la integración territorial, en el acercamiento de la población a los servicios de educación, salud y bienestar en general y en el impulso a las actividades productivas.

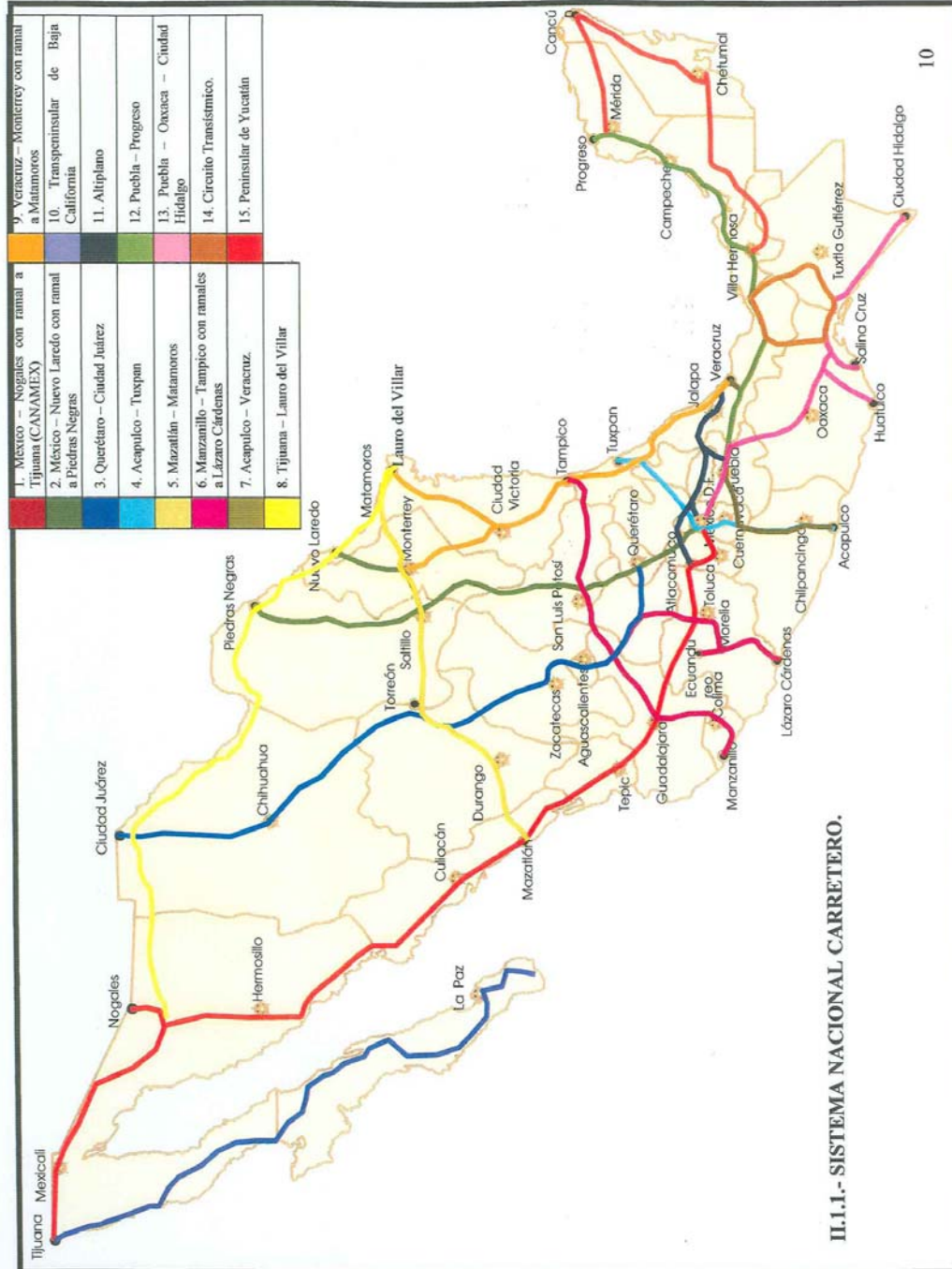
El esquema económico internacional del que nuestro país forma parte, exige sistemas de comunicación rápidos y seguros que permitan conexiones eficientes entre las actuales regiones productivas y los mercados nacionales e internacionales o con los puertos de distribución, además de desarrollar nuevas regiones para integrarlas a los sistemas productivos, buscando una mayor diversificación de los mismos.



Infraestructura en Sonora



Sonora por ser un Estado con ubicación geográfica estratégica y por tener una economía en expansión, requiere inversiones dentro del sector carretero y a la vez incorporar al Estado fuertemente y con mayor certeza en la globalización económica.



Nuestro Sistema Carretero Nacional esta formado por 15 importantes corredores, los cuales vimos en la figura anterior, teniendo una longitud de la Red Nacional de Carreteras de 333,111 km los cuales se integran de la siguiente forma:



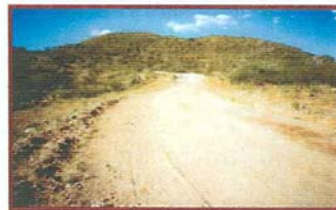
Distribución de Carreteras Nacionales

II.1.2.- SISTEMA ESTATAL CARRETERO.

La Red Carretera de nuestro Estado esta integrada por 2,228.7 km de carreteras federales, de los cuales 1,770.2 km son libres de peaje y 468.5 km de cuota. Así mismo se compone de 3,611 km pertenecientes a la Red Alimentadora Estatal y por 17,910 km de la Red Carretera no pavimentada (Caminos Rurales).



Carretera Estatal.



Camino Rural



Destaca en nuestra red carretera, como columna vertebral del sistema, la carretera de Cuatro Carriles (México-015) que cruza el Estado de sur a norte, comunicando en su recorrido a catorce municipios y a cinco de las ciudades de mayor población de la entidad: Navojoa, Cd. Obregón, Guaymas, Hermosillo y Nogales.

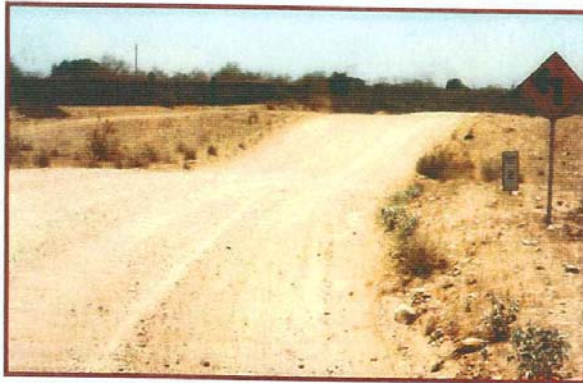
Por la parte norte del Estado se ubica la Carretera Federal Méx.-02, que va desde San Luis Río Colorado en la frontera con Baja California hasta la frontera con el Estado de Chihuahua, en Agua Prieta.

La comunicación entre Hermosillo y Agua Prieta, en la frontera con Estados Unidos se da principalmente por las carreteras federales Mex. 15 (Hermosillo- Imuris) y Mex. 02 (Imuris-Cananea-Agua Prieta) ó Mex. 14 (Hermosillo-Moctezuma) y Mex. 17 (Moctezuma-Agua Prieta).

La Carretera Federal 16 permite la comunicación desde la capital sonorense hasta el Estado de Chihuahua, atravesando la sierra madre occidental por la zona de Yécora y Maycoba.

Además existe una gran cantidad de carreteras estatales pavimentadas de apoyo a la producción como las de los valles agrícolas del Mayo, Yaqui, Costa de Hermosillo, Caborca, San Luis Río Colorado, pueblos de la Sierra y Río de Sonora.

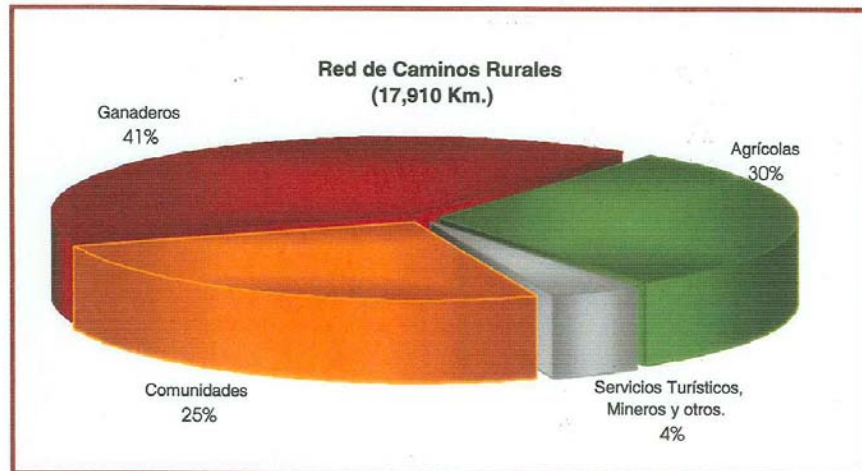
Los caminos rurales de nuestro Estado, complemento de la red de caminos



Camino Rural

troncales y estatales, juegan un papel importante como factor para el incremento de la producción y el desarrollo de las comunidades a mediano y largo plazo.

De la red básica de caminos sin pavimentar (17,910 km), 4,503 km corresponden a las comunidades, 7,254 km. a ganaderos, 5,390 km. a caminos agrícolas y 763 km. a servicios turísticos, mineros y otros.



II.1.3.- EVOLUCIÓN DE LA RED CARRETERA.

La construcción de caminos en Sonora se remonta a inicio de los 30's. En 1932 se inicia la construcción de lo que hoy es la carretera Federal No. 15 en el tramo Nogales – Magdalena, con la participación de los soldados de la 3ra. Compañía del 39vo. Batallón.

En 1933 se inicio la construcción del camino de Pitiquito a Puerto Libertad, terminándose en 1935. En 1934 ya se registraban inversiones en los caminos Hermosillo – Nogales y Hermosillo – Guaymas; Cumpas – Baviácora, Cd. Obregón – Campos Agrícolas y Agua Prieta – Bavispe, a nivel de brecha, cuyo recorrido era verdaderamente penoso.



Brecha del camino Agua Prieta – Bavispe 1934

En esta década, el único camino construido con especificaciones para pavimentarse, fue el que comunico a Sonoyta - Puerto Peñasco, y se dio como una necesidad de los norteamericanos por tener salida hacia el mar, la idea era construir un puerto en Punta Peñasco, obra que el Gobierno de los EUA. ejecutaría con sus recursos, la pavimentación se dio en la siguiente década.

En 1940, se inicio la Carretera Navojoa – Etchojoa – Huatabampo, siendo esta carretera la única que se construyo en esta época totalmente de concreto hidráulico. También en este año, se inicio la construcción a nivel de terracerías del camino: Hermosillo – La Colorada – San José de Pima – Tecoripa y el camino Hermosillo – Ures – Mazocahui – Moctezuma.



Camino Hermosillo – La Colorada

Por otro lado, la comunicación carretera hacia el sur del Estado se hacia por brechas, pues aun cuando el tramo Hermosillo – Guaymas, tenía revestimiento y puentes, no fue hasta el año de 1949, que inicio su pavimentación, al terminar la construcción Nogales – Hermosillo, cuya pavimentación se termino en el año de 1948.

En el año de 1951, con la cooperación del Gobierno Federal, a través de la SAHOP, se inicia la construcción del camino Imuris – Cananea, en agosto de 1952 la obra presenta avances al km. 22+000 a nivel de revestimiento y su localización estaba completa hasta Cananea km. 82+000. La ruta toca las partes montañosas de la región y no obstante las dificultades naturales de construcción, el camino fue terminado sin pavimentar en el año de 1955.

En las décadas de 1960 - 1970, y la de 1970 – 1980, se caracterizan por ser en las que se dio mayor impulso a la construcción de carreteras, sobre todo en las zonas agrícolas. Obra importante que fue atacada a nivel pavimento lo constituye el camino Imuris – Cananea, cuya construcción se efectúo de 1962 a 1964, y el tramo Cananea – Agua Prieta de 1964 a 1967, en lo que actualmente conocemos como la ruta No. 2; podemos decir que esta década marca el inicio

en la construcción de caminos serranos, pues también se pavimento de 1964 a 1965 el tramo Hermosillo – Ures incluyéndose la construcción del puente “El gavilán” cuya ejecución duro de 1967 a 1969, mientras que a partir de 1963 destacan también los trabajos de acondicionamiento para su posterior pavimentación el tramo de Ures a Mazocahui, el cual fue concluido en 1969.

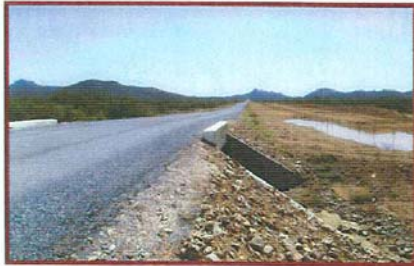
En el año 1965 la Red Hermosillo, se termina el camino Siete Cerros – Costa Rica de 28 km. de longitud, también el camino llamado Liga 36 – 28 Norte, en el camino Hermosillo – Bahía de Kino, se termino de pavimentar el tramo final del Poblado de Kino al fraccionamiento, y fue construida la Calle 4 Sur, obra importante que liga a la región agrícola de la costa, con el puerto de Guaymas con una longitud de 86 km.

En 1968 la Red del Valle del Yaqui, fue terminada la Calle 12 – 1400 – 16, de 41 kms. pavimentados hasta Villa Juárez, se construyen las Calles Meridiano y 1100, en su totalidad. En la Red Guaymas – Empalme, destaca la construcción del camino Guaymas – Bahía de San Carlos, con una longitud total pavimentada de 12 km.

En 1973 fue terminada la pavimentación de la obra Altar – Sáric, al igual que los ramales que derivan del construido entre 1971 y 1973 como lo son Tubutama - Reforma, Atil y Oquitoa. Obras camineras en zonas serranas que destacan en esta época (70's) son sin duda la carretera del Río Sonora Mazocahui – Cananea, la de Cd. Obregón – Agua Prieta, en su tramo Esperanza – Tesopaco – Nuri – San Nicolás, la continuación del camino Hermosillo – Ures – Mazocahui – Moctezuma – Huásabas y Moctezuma – Agua Prieta en la parte Noreste del Estado y en la zona oriental la pavimentación de 145 km. del camino Hermosillo – El Novillo, pavimento que sus primeros 100 kms. fueron construidos entre 1973 y 1975, y los 45 kms. restantes de 1976 a 1979. En Octubre de 1976 fueron iniciados los trabajos para construir el tramo Tonichi – San Nicolás, con una longitud de 58.6 km tramo alojado 100% sobre terreno montañoso, además de que sobre el hubo la necesidad de construir 7 puentes importantes, entre los que destacan el “San Nicolás” y “El Yaqui”.

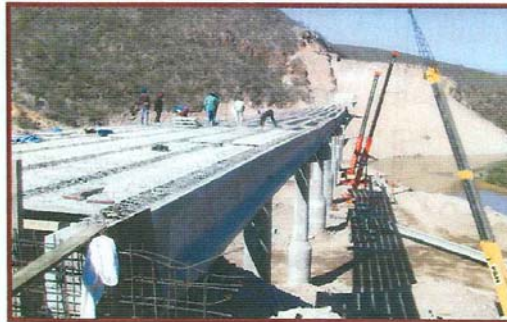
En el periodo 1980 - 1990 nace lo que hoy se ha convertido en la columna vertebral del sistema carretero, la Carretera Cuatro Carriles (Méx. - 015), comunicando en su recorrido a catorce municipios y a cinco de las ciudades mayormente pobladas de la entidad.

De 1990 a 1994 se había pavimentado 167 km. de caminos. Se termino el camino Caborca - El Arenoso en su primera etapa con 8.5 km. y se comunicaron las cabeceras municipales de Huásabas y Granados con la carretera Moctezuma - Huásabas - El Coyote a través de 7.2 km. Para 1998 entre los objetivos alcanzados, se encuentran la rehabilitación del camino Tecoripa - Suaqui Grande en 8.5 km., San Nicolás - Cajón de Onapa en 5 km. igualmente en el camino Altar - Sáric, el Crucero - Granados y Arizpe - Bacoachi se trabajó en la reconstrucción de obras de drenaje.



Obras de Drenaje

En ese mismo año, dan inicio los trabajos de construcción del puente sobre el río Yaqui, el cual dio inicio en mayo, teniendo como meta una longitud de 325 m.



Puente sobre Rio Yaqui

Para el año 2002, se presenta la firma del Convenio Específico de Coordinación, Gobierno Federal – Gobierno del Estado de Sonora, para dar inicio y continuar con trabajos de reconstrucción y construcción en 17 grandes obras de nuestra entidad.

Obras que se incluyeron en el convenio:

OBRA	META (KM)	INVERSIÓN (MDP)
Puente sobre el Arroyo "El Tigre"	----	16.2
Construcción de un Tercer Carril de Ascenso de la Carretera Imuris – Cananea	10.6	29.3
Modernización del Acceso Sur a San Luis Río Colorado	3.3	15.0
Modernización de la Carretera Pitiquito – Caborca	11.1	27.4
Modernización del Paso por Agua Prieta	7	20.0
Mejoramiento del Paso por Ures	2.5	6.85
Modernización del Periférico Sur de Hermosillo	1.9	8.1
Construcción de la Carretera Carbo - Rayón	42.5	46.0
Reconstrucción y Construcción de la Carretera Magdalena – Cucurpe – Sinoquipe	62.5	117.0
Reconstrucción de la Carretera Caborca – Puerto Peñasco	65.0	25.0
Modernización de la Carretera Navojua – Etchojoa – Huatabampo	32.0	55.0
Carretera Fundición – Quiriego	15.0	19.0
Ramal a Trincheras	22.5	20.0
Carretera El Coyote – San Miguelito	20.0	30.0
Carretera Ramal a Agiabampo	14.0	14.0
Carretera Ramal a Paredones	6.1	5.0
Primera etapa de la Modernización de la Carretera Hermosillo – Bahía de Kino	8.5	20.0

Tabla 1.- Proyectos hechos por convenio Gob. Federal – Gob. Estatal.

II.1.4.- CONSERVACIÓN Y RECONSTRUCCIÓN.

Actualmente a nivel nacional se moviliza a través del transporte carretero el 99% de los pasajeros lo que corresponde a 2,698 millones de personas, y el 79% de la carga doméstica que equivale a 528 millones de toneladas de carga transportada. En un período de 10 años este porcentaje se incrementó en un 46.8% en transporte de pasajeros y en un 34.7% en transporte de toneladas de carga.

Es así como las carreteras de Sonora han estado expuestas constantemente a las cargas cada vez más pesadas en todas las partes que constituyen su estructura, además de que en ocasiones queda expuesto al ataque permanente de elementos naturales (lluvias, vegetación, vientos) y a otros agentes destructores como lo son aquellos usuarios que utilizan en forma irracional la vía carretera. Es por eso indispensable vigilarlas continuamente y darles atención especial a fin de mantenerlas en las mejores condiciones de seguridad y servicio. Estos trabajos deberán realizarse con el menor costo y el menor tiempo posible, procurando por todos los medios que la calidad sea óptima con el fin de no repetir ese trabajo una y otra vez, para reducir los recursos, la programación de la conservación se ha basado en **justificaciones técnicas, económicas, sociales y políticas.**

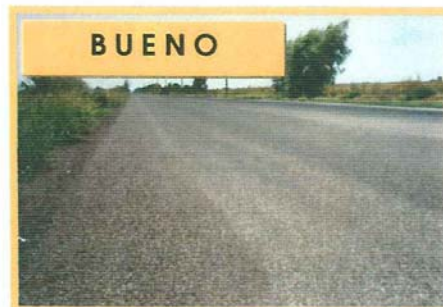
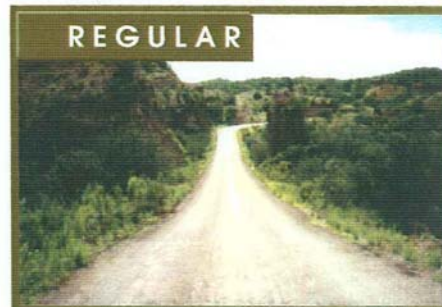
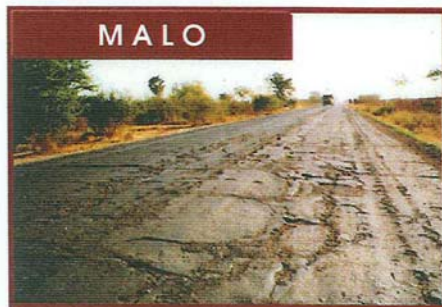
JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.-

La metodología utilizada para calificar los distintos elementos de un camino, es la del Índice de Servicio Actual (ISA), dicha metodología forma parte de un sistema de supervisión que en un momento dado permita conocer el estado físico del mismo y sus condiciones de conservación, mediante comparación de visitas sucesivas. Las calificaciones de los elementos, después de ser debidamente procesadas, dan por resultado la "Calificación Ponderada", cuyo valor toma en cuenta la importancia relativa de los distintos elementos que integran el camino.

Para calificar cualquier elemento de un camino, se usará siempre la escala que va del cero (pésimo) al 5 (excelente), con los siguientes niveles intermedios:

CALIFICACIÓN	ESTADO FÍSICO DEL ELEMENTO
0	Pésimo
0 – 1	Muy Malo
1 – 2	Malo
2 – 3	Regular
3 – 4	Bueno
4 – 5	Muy Bueno
5	Excelente

Tabla 2.- calificación según el ISA del camino



Cuando uno de nuestros caminos es calificado con un valor de 2.7, el tránsito tiene bastantes problemas y el “confort” del usuario llega al punto mínimo, en este momento la obra alcanza su falla funcional; si el camino sigue en servicio se logra la falla estructural, entendiéndose por ello cuando al menos el 20% del área evaluada presenta deformaciones iguales ó mayores a 1”, etapa en la cual el camino es prácticamente intransitable.

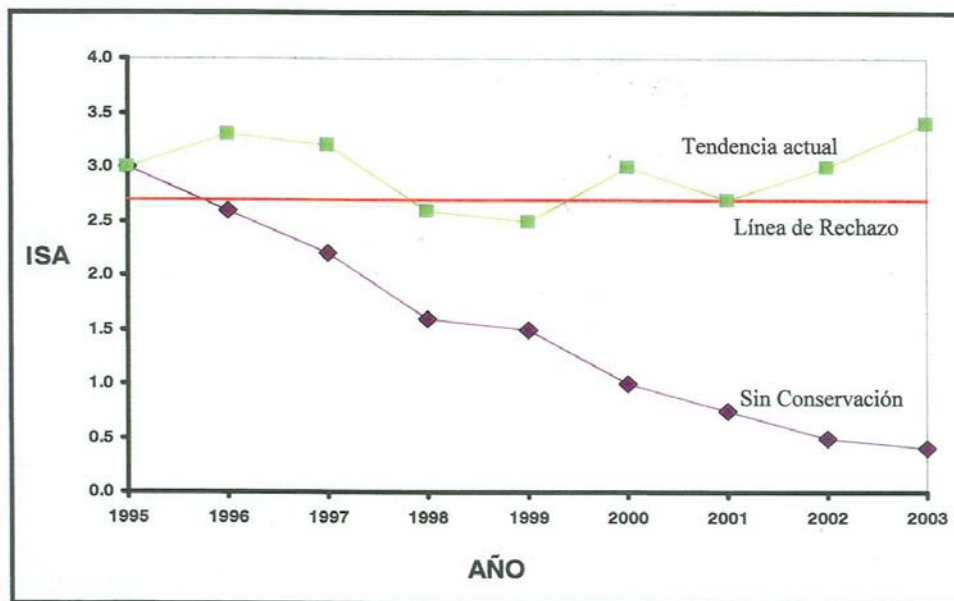
En la calificación de un camino se consideran diversos elementos, los cuales pueden evaluarse de acuerdo a su importancia en la función de proporcionar un servicio eficiente. Los elementos se agrupan, en aquellos que tienen relación con el cuerpo del camino (representando el 80% de la calificación total) y los que se refieren al señalamiento (influyendo en el 20% restante).

Los elementos a evaluar y su valor relativo, se indican a continuación:

ELEMENTOS POR CALIFICAR	VALOR RELATIVO
a) Del Cuerpo del Camino	
Corona (Superficie de Rodamiento)	50%
Drenaje	30%
Derecho de Vía	20%
SUMA (representando el 80%)	100%
b) Del Señalamiento	
Vertical	60%
Horizontal	40%
SUMA (representando el 20%)	100%

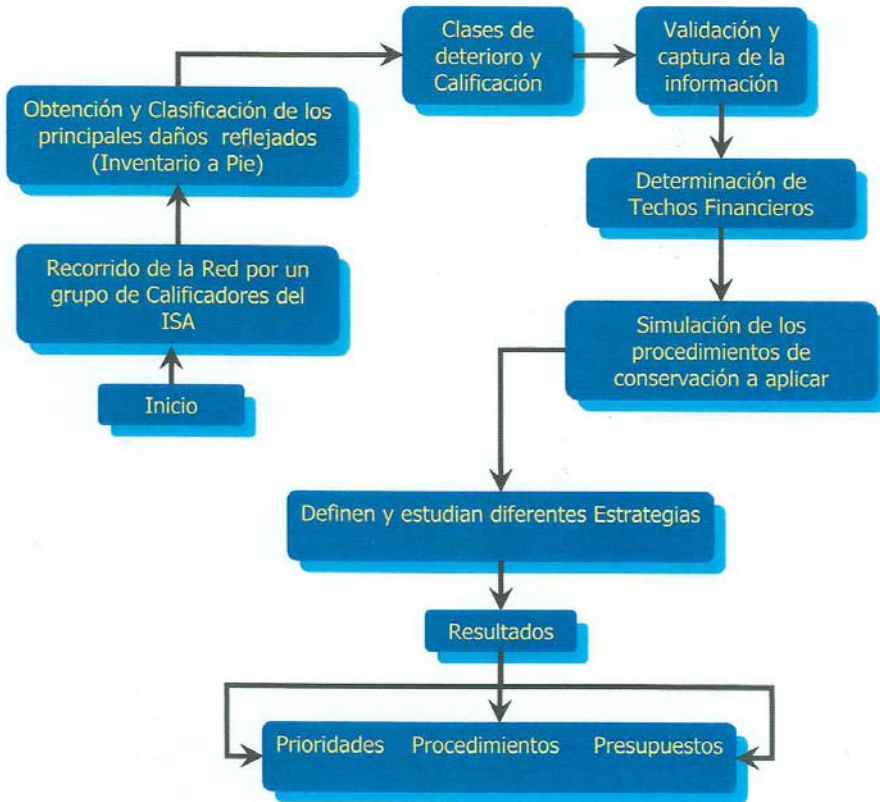
Tabla 3.- Elementos y su valor según el ISA

Para que una obra deteriorada con el tiempo no llegue a la falla estructural, es necesario rehabilitarla cuando haya alcanzado la falla funcional ó antes de que ello suceda. En nuestro Estado las Tendencias del Índice de Servicio Actual en los últimos nueve años se ha presentado de la siguiente manera:



Con la grafica podemos decir que el estado físico de la Red Carretera en Sonora (2002-2003) es 32% malo, 30% bueno y 38% regular.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE CAMINOS



JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.-

Llevada a cabo mediante estudios Socioeconómicos, tomando en cuenta:

- La concentración de la producción.
- Los centros de población.
- Flujo Vehicular, Regional o de un tramo en específico.

Estableciendo con ello las rutas más importantes de nuestra red que más satisfacen las necesidades de transporte de bienes y personas.

JUSTIFICACIÓN POLÍTICA Y SOCIAL.-

Los principales lineamientos tomados son:

- Conservar en buen estado la red existente.
- Terminar en tiempo y en metas establecidas las obras.
- Construir obras que mejoren el sistema caminero existente.

II.1.5.- PROYECTOS CARRETEROS EN EL ESTADO DE SONORA 1997-2003.

CAMINO	TIPO	LONGITUD (KM.)	ANCHO CORONA (M)	TDPA (VEH)
Hermosillo – Bahía de Kino	A	8.5	12	3500
Magdalena – Cucurpe – Sinoquipe	C	109	9	1900
Carbo – Rayón	C	33.7	7	900
El Coyote – Aribabi – Huachineras	C	26	7	300
Acceso Trincheras	C	22.6	7	400
Sahuaripa – Tepache	C	34	7	800
Fundición – Quiriego	C	15	7	380
Aeropista Ignacio Zaragoza	---	1.8	30	---

Tabla 4.- Principales Proyectos Carreteros en el Estado de Sonora 1997 – 2003

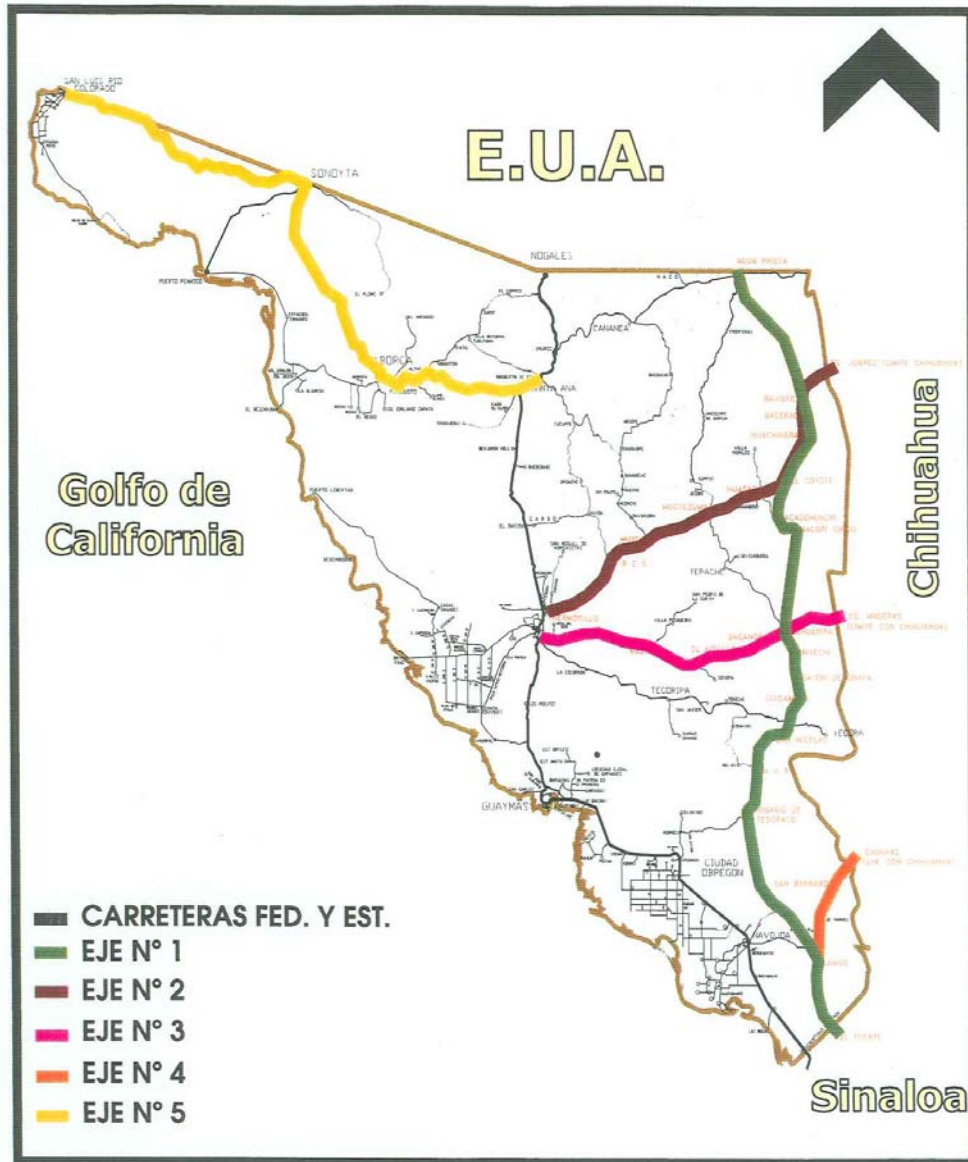
Fotos en Anexo 1

II.1.6.- PLANEACIÓN Y PROYECTOS A FUTURO.

El Estado de Sonora presenta características fisiográficas que representan serios obstáculos para el aprovechamiento inmediato de los recursos naturales de algunas de sus regiones, principalmente la correspondiente a la Sierra Alta; es por eso que se ha buscado iniciar en forma organizada, con los Estados de Chihuahua y Sinaloa, una integración territorial en materia de comunicación terrestre mediante la proyección de los siguientes ejes interestatales:

- Eje 1.- Agua Prieta – Nacori Chico – Sahuaripa – Rosario – Quiriego – Alamos – El Fuerte, Sinaloa.
- Eje 2.- Hermosillo – Ures – Moctezuma – Bavispe – Ciudad Juárez, Chihuahua.
- Eje 3.- Hermosillo – Mazatán – Sahuaripa – Ciudad Madera, Chihuahua.
- Eje 4.- Alamos – San Bernardo – Chinipas, Chihuahua.
- Eje 5.- Santa Ana – Caborca – Sonoita – San Luis Río Colorado.

Lo anterior ha permitido incorporar tanto al Estado de Sonora como a estos Estados, a zonas potencialmente ricas que han quedado aisladas, regiones cuya capacidad productiva es alta, pero que por no contar con medios de comunicación adecuadas están incapacitados para producir, o sus productos no pueden salir de ellas; esta infraestructura, también permitirá ligar grupos de población cuyo desarrollo es menor al del resto del Estado, que harán posible la creación de industrias o centros de trabajo para la población rural, evitando el desempleo y mejorando el nivel económico de las familias necesitadas.



Eje 1: Agua Prieta – Bavispe – Nacori Chico – Sahuaripa – Rosario – Quiriego – Alamos – El Fuerte, Sin.

Con la construcción de este eje carretero se comunicaría a once cabeceras municipales, así mismo estimularía al desarrollo económico y social de la Sierra Alta; con una longitud total de 634 kms de los cuales 152 kms se encuentran pavimentados, en 101 kms se tienen obras de drenaje y terracerías, los 381 kms restantes por construir totalmente se pueden ir realizando por etapas con un costo total de 900 millones de pesos (Incluye rehabilitación del camino existente)

Eje 2: Hermosillo – Ures – Moctezuma – Bavispe – Cd. Juárez, Chih.

Con la construcción de este eje carretero se beneficiaría la región alta del estado de Sonora. Las actividades principales que se beneficiarían con este eje carretero serían el comercio, turismo, ganadero. La longitud es de 348 kms de los cuales 249 kms se encuentran ya pavimentados correspondiéndoles de Hermosillo al punto pintoresco “Coyote”, 82 kms actualmente se encuentran a nivel de terracerías y obras de drenaje y a la vez es común al eje carretero Agua Prieta – Bavispe Nacori Chico – Sahuaripa – Rosario – El Quiriego – Alamos – El Fuerte (Estado de Sinaloa) y los 17 kms restantes se encuentran a nivel de brecha, con un costo total de 280 millones de pesos.

Eje 3: Hermosillo – Mazatán – Sahuaripa – Cd. Madera, Chih.

Con este eje carretero, se logra comunicar al Estado de Sonora con una región muy importante del Estado de Chihuahua, beneficiando de igual forma a los dos estados. Lo importante de este eje es que ya se tiene pavimentado 225 kms de Hermosillo a Sahuaripa, faltando por construir 55 kms aproximadamente los cuales se encuentran a nivel de brecha, con un costo total de 184 millones de pesos.

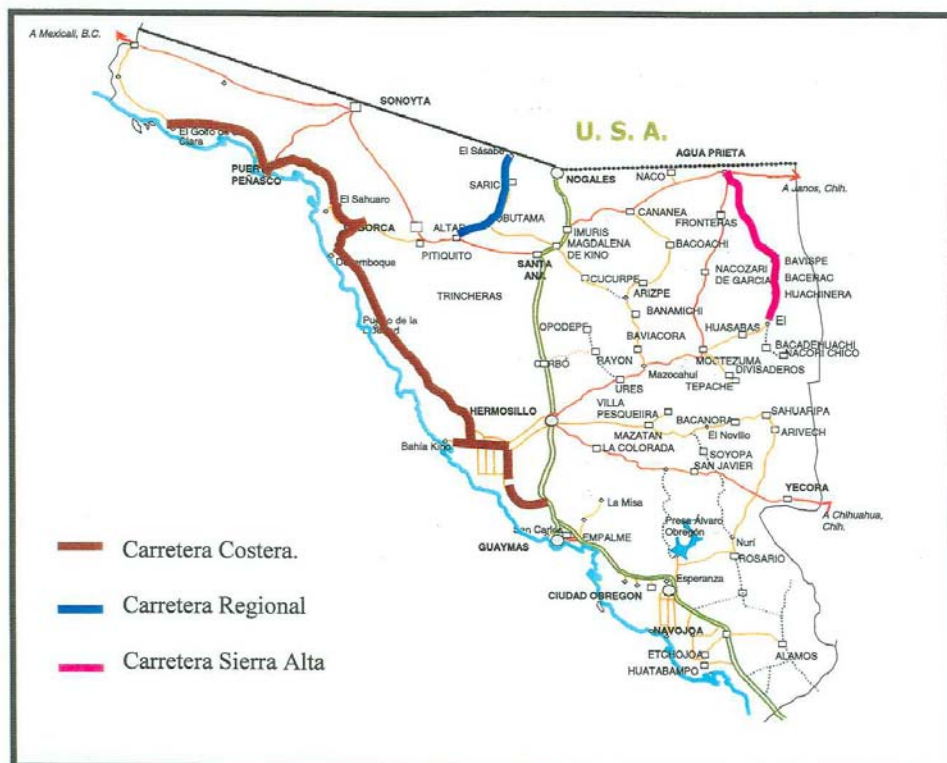
Eje 4: Alamos – San Bernardo – Chinipas, Chih.

La realización de este eje beneficiaría en gran medida a los Estados de Sonora y Chihuahua. Así mismo se elevaría el nivel de vida actualmente marginado de los habitantes del municipio de Alamos. La Longitud de este eje es de 105 kms de los cuales 47 kms corresponden al subtramo Alamos – San Bernardo, encontrándose construidas las terracerías, obras de drenaje y un puente importante llamado El Tabelo, los 58 kms restantes se encuentran a nivel de brecha con un costo total de 270 millones de pesos.

Eje 5: Santa Ana – Caborca – Sonoita – San Luis Río Colorado.

Con el fin de ampliar a 4 carriles esta importante carretera, en el período de 1994 a 1996, bajo el esquema de concesión, se ejecutaron trabajos parciales de terracerías, obras de drenajes y puentes, sobre el subtramo Santa Ana – Altar. Terminar estos trabajos permitiría aprovechar la inversión aplicada, evitar mayores deterioros de las etapas logradas de construcción y sobre todo operarla para dar solución a la demanda vehicular que se registra, al concentrarse la totalidad del tránsito vehicular y de transporte de carga que se dirige hacia el noroeste de nuestro país y el suroeste de los Estados Unidos de América. Se propone terminar la construcción del segundo cuerpo de esta carretera, con longitud de 104 kms, ejercitándose los trabajos complementarios de terracerías, obras de drenaje, pavimentación, puentes y señalamiento.

PROYECTOS A FUTURO A MEDIANO Y LARGO PLAZO



PROYECTO	LONG. (Km)	COSTO (mdp)	BENEFICIADOS (hab.)	MUNICIPIOS BENEFICIADOS
Carretera Costera	680	832	1'230,000	Principales Bahías y Puertos en el Estado
Carretera Regional	113	176	180,000	Caborca, Pitiquito, Altar, Trincheras, Oquitoa, Atil, Tubutama y Sáric
Carretera Sierra Alta	265	613	110,000	Huachinera, Bavispe, Bacerac y Agua Prieta

Tabla 5.- Proyectos a Futuro en el Estado de Sonora.

Otros Proyectos:

OBRA	LONG (KM)	INVERSIÓN (MILLONES DE \$)
Nogales – Saric	52.0	95.0
Ramal a Masiaca	8.0	15.0
Ures – Pueblo de Alamos	25.0	50.0
Calle 12 – Minera Nico	37.0	66.0
Bacuachi – La Valdeza – La Pera	42.0	76.0
Navojua – Alamos	50.0	125.0

Tabla 6.- Proyectos a Futuro.

Carreteras de función social, las cuales son las obras en que las consecuencias de invertir se manifiestan en el campo social, porque la zona afectada con escasos recursos pero con fuerte concentración de población. Como son pavimentar los accesos a municipios que aun no lo tengan, los cuales son:

MUNICIPIO	HAB.	CAMINO	LONG. (Km.)	COSTO (mdp)
Bacadehuachi	1,347	El Coyote - Bacadehuachi.	23.0	55.0
Nacori Chico.	2,252	Bacadehuachi - Nacori Chico	29.0	65.0
Villa Hidalgo	1,995	El Crucero - Villa Hidalgo	31.0	55.0
Santa Cruz	1,788	Nogales - Santa Cruz.	51.0	90.0
Opodepe	2,842	Rayón - Opodepe.	27.0	50.0
Onavas	478	Onavas - E.C. Hermosillo - Yecora.	18.0	40.0
Soyopa	1,645	Soyopa - E.C. Hermosillo - Yécora.	33.0	55.0
San Miguel de Horcasitas.	5,604	Real del Alamito - San Miguel de Horcasitas.	30.0	54.0

Tabla 7.- Municipios con acceso sin pavimentar

Carreteras para zonas en pleno desarrollo, la cuales son ubicadas en una zona en la que ya existen las vías necesarias para prestar el servicio de transporte y las cuales se desea mejorar. Su objetivo es el de disminuir los costos de transporte. Algunos ejemplos son: todos los libramientos, Bacuachi – La Valdeza – La pera.

Carreteras de Penetración Económica, son las obras en que el impacto principal sea la incorporación al proceso de desarrollo general de zonas potencialmente productivas, y el rápido incremento de las actividades económicas.

II.2.- ELEMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO UTILIZADOS EN EL PROYECTO DE CAMINOS.-

II.2.1.- PROBLEMÁTICA DEL TRÁNSITO Y SOLUCIONES.

Las ciudades, estados y naciones dependen en su mayor parte de sus sistemas de calles y carreteras, ofreciendo así sus servicios de transporte. En la mayoría de las ocasiones, estos sistemas operan por encima de su capacidad, para poder satisfacer los incrementos de demanda por el servicio de transporte, ya sea el caso para tránsito de vehículos ligeros, tránsito de carga y servicios, transporte público, acceso a propiedades, estacionamientos, etc., produciendo con esto el problema de congestamiento vehicular y accidentes al mismo.

En años recientes y con avances tecnológicos, se han proyectado y construido sistemas viales más acorde con los vehículos que los utilizan, al igual que diseños urbanos modernistas, pero aun así los problemas siguen persistiendo. Algunos factores que inciden estos problemas son:

1. Diferentes tipos de vehículos circulando en una misma vialidad o camino.
2. Incorporación del tránsito motorizado en vialidades inadecuadas.
3. Falta de planificación del tránsito.

4. Automóvil no considerado como una necesidad pública.
5. Falta de asimilación por parte del gobierno y los usuarios.

Estos factores causan generalmente, grandes impactos en la economía social de la población, incrementando así los costos del transporte y reduciendo el nivel de seguridad vial provocando pérdidas materiales y en ocasiones vidas humanas, para ello es importante establecer soluciones para llegar a tener un tránsito seguro y eficiente.

SOLUCIONES:

1. **Solución Integral:** Consiste prácticamente en construir nuevas vialidades que se adapten a las características del tránsito que las demanden.
2. **Solución parcial de alto costo:** Esta solución se basa en aprovechar al máximo con lo que se tiene en cuenta, con algunos cambios o adecuaciones que se requieren de fuertes inversiones. Los casos más extremos, como son las calles angostas, cruceos peligrosos, falta de control de la circulación, los cuales se pueden solucionar con la inversión requerida a cada caso específico, la cual puede ser el ensanchamiento de las calles, modificaciones de intersecciones estableciendo canalizaciones, sistemas de semáforos de control automático, etc.
3. **Solución parcial a bajo costo:** Consiste en aprovechar al máximo las condiciones existentes, con el mínimo de obra, material y el máximo en cuanto a regulación del tránsito, por medio de la técnica depurada, como es la disciplina y educación por parte del usuario.

II.2.2.- ELEMENTOS BÁSICOS DEL PROYECTO.

El proyecto geométrico de un camino esta basado en ciertas características físicas del individuo como el usuario del camino, de los vehículos que utilizara y del camino mismo. En este capítulo se verán estos elementos, además se complementaran con características necesarias para el estudio de tránsito y las requeridas para el mismo, como son: el volumen, la velocidad, las relaciones fundamentales entre la velocidad-volumen-densidad, la distancia de visibilidad de parada y de rebase.

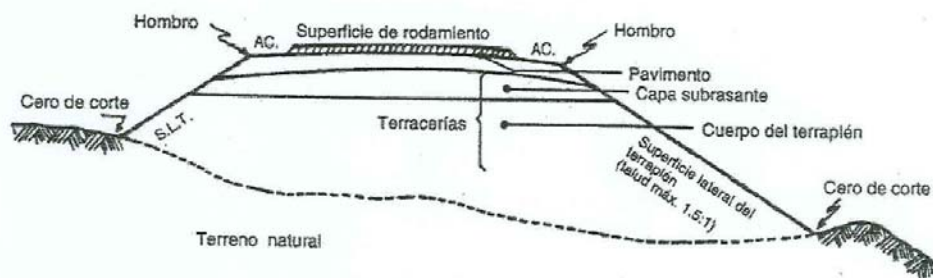
II.2.2.1.- EL CAMINO.

Se entiende por camino, aquel terreno acondicionado para el tránsito de vehículos, en el ámbito urbano se le conoce como calle o vialidad y en el interurbano (entre ciudades) como carretera, camino o autopista.

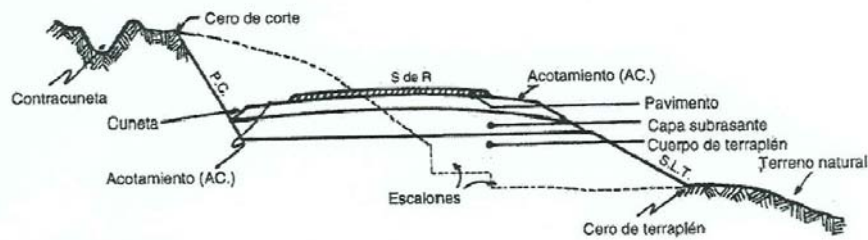
a) Partes que componen a la sección de un camino:

- **Calzada o Superficie de Rodamiento:** Parte de la sección que se mantiene en contacto con los neumáticos, generalmente en caminos importantes se encuentra pavimentada.
- **Carril:** Es la parte de la calzada que permite el moviendo de una sola fila de vehículos.
- **Acotamiento:** Partes que confinan a la calzada y que ocasionalmente pueden utilizarse como estacionamiento.
- **Corona:** Es la parte de la sección que contiene a la calzada más los acotamiento.
- **Hombros:** Son los puntos extremos de la corona y que definen la intersección de ésta con los taludes.
- **Cunetas:** Se emplean como elementos del drenaje longitudinal.
- **Contracunetas:** Se emplean aguas arriba de la sección e impiden que caiga demasiada agua a las cunetas.

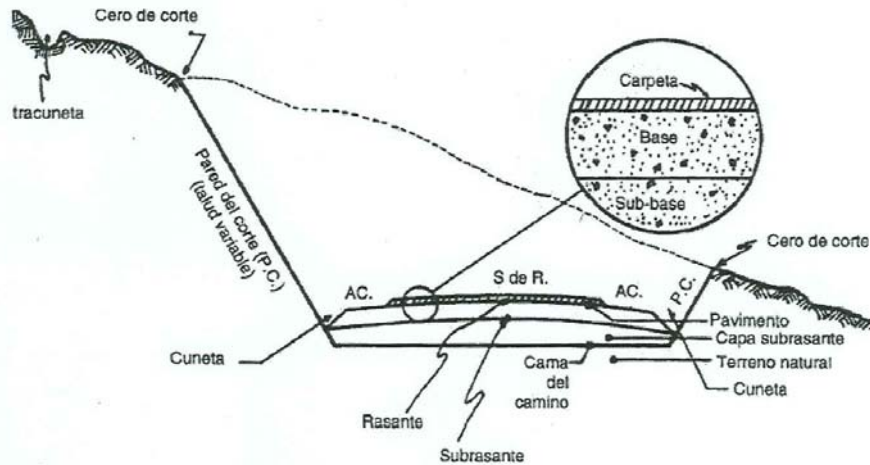
- **Taludes:** Caras inclinadas en los extremos de la sección, y se utilizan para proporcionar estabilidad a los terraplenes o a los cortes.
- **Rasante:** Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representada por un punto.
- **Pavimento:** Es el conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad. Este conjunto de capas proporciona también la superficie de rodamiento.
- **Subrasante:** Es la capa sobre cuya superficie se apoyan las capas de pavimento. También se le denomina al punto que se encuentra debajo de la rasante pero sobre la superficie superior de esta capa.
- **Ceros de Cortes:** Son los puntos extremos de la sección donde los taludes se intersectan con el terreno natural.



Sección transversal típica en terraplén para carreteras de dos carriles.



Sección transversal típica mixta o en balcón para caminos de dos carriles.



Sección transversal típica en corte de un camino de dos carriles

b) Clasificación de Caminos:

En la práctica mexicana se distinguen varias clasificaciones de carreteras, de las cuales algunas coinciden con otros países. Se tienen principalmente las siguientes:

- b.1) Clasificación por Transitabilidad.
- b.2) Clasificación Administrativa.
- b.3) Clasificación Técnica Oficial.
- b.4) Clasificación por Capacidad o Nivel Urbano.

b.1) Clasificación de Transitabilidad.

En general corresponden a etapas de construcción y se dividen en:

- *Caminos de Tierra o en Terracerías*: Transitables en tiempo de sequías.
- *Camino Revestido*: Transitable en cualquier época del año.
- *Camino Pavimentado*: Con tratamiento superficial, con concreto asfáltico o hidráulico.

b.2) Clasificación Administrativa.

Existen 4 dependencias de gobierno que tienen a su cargo la construcción, conservación y operación, las cuales son:

- *Camino Federal*: Directamente a cargo de la Federación. (SCT)
- *Camino Estatal*: A cargo de las Juntas Locales de Caminos.
- *Camino Vecinal*: Construido con la cooperación de los particulares beneficiados.
- *Camino de Cuota*: A cargo de Caminos y Puentes Federales de ingresos y servicios conexos (CAPUFE). La inversión se recupera por medio del pago de cuotas.
- *Caminos de Mancha Urbana*.

b.3) Clasificación Técnica Oficial.

Distingue en forma precisa la categoría física del camino, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino y las especificaciones geométricas. La Secretaría de Comunicación y de Transporte (SCT), en sus normas de proyecto geométrico de carreteras, las clasifica de acuerdo a su tránsito diario promedio anual (TDPA):

- *Tipo A4*: para un TDPA de 5000 a 20000 vehículos, con acotamiento de 2.5m mínimo y 4 carriles.
- *Tipo A2*: para un TDPA de 3000 a 5000 vehículos, con acotamiento de 2.5m mínimo y 2 carriles.

- *Tipo B:* para un TDPA de 1500 a 3000 vehículos, con carriles de 3.5m y acotamiento de 1m mínimo.
- *Tipo C:* para un TDPA de 500 a 1500 vehículos, con 2 carriles de 3m y acotamiento de 0.5m mínimo.
- *Tipo D:* para un TDPA de 100 a 500 vehículos, con carriles de 3m.
- *Tipo E:* para un TDPA hasta 100 vehículos, con 1 carril de 4m.

CONCEPTO		Unidad	TIPO DE CARRETERA																																															
			E				D				C				B				A																															
TDPA	En el horizonte De proyecto	Veh./día	Hasta 100				100 a 500				500 a 1500				1500 a 3000				Más de 3000																															
Tipo de terreno	Montañoso	—																																																
	Lomerío																																																	
	Plano																																																	
Velocidad de proyecto		km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110																		
Distancia de visibilidad de parada		m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175																		
Distancia de visibilidad de rebase		m	—	—	—	—	—	135	180	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495	270	315	360	405	450	495																		
Grado máximo de curvatura		o	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	55	4.25	3.25	17	11	7.5	55	4.25	3.25	2.75	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75																		
Curvas verticales	K	Cresta	m/%	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20	31	43	57	8	14	20	31	43	57	72	14	20	31	43	57	72																	
		Columpio	m/%	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31	37	10	15	20	25	31	37	43	15	20	25	31	37	43																	
		Longitud mínima	m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	50	60	30	40	40	50	50	60	60	40	40	50	50	60	60																	
Pendiente gobernadora		%	9				7				8				6				6				5				5				4				4				3				—							
Pendiente máxima		%	13				10				7				12				9				8				7				7				6				6				5				4			
Ancho de calzada		m	4.0				6.0				6.0				6.0				7.0				7.0				7.0				7.0				7.0				7.0				7.0							
Ancho de corona		m	4.0				6.0				6.0				7.0				7.0				9.0				9.0				9.0				9.0				9.0				9.0							
Ancho de acotamientos		m	—				—				—				0.5				0.5				1.0				1.0				1.0				1.0				1.0				1.0							
Ancho de faja separadora central		m	—				—				—				—				—				—				—				—				—				—				—							
Bombeo		%	3				3				3				2				2				2				2				2				2				2				2							
Sobreelevación máxima		%	10				10				10				10				10				10				10				10				10				10				10							

Clasificación Técnica de Caminos (SCT).

b.4) Clasificación por Capacidad o Nivel Urbano.

- *Autopistas y Vías Rápidas:* Permiten el movimiento de grandes volúmenes de tránsito a través o alrededor de un área urbana. Son divididas y con control total de accesos y sin comunicación directa

con las propiedades. Se dividen en Carreteras de cuatro carriles, de tres carriles o dos carriles.

- *Vialidades Principales:* Permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio a los principales generadores de viajes y se conectan con el sistema de autopistas y pueden tener control parcial de accesos. Las cuales son los bulevares
- *Calles Colectoras:* Son las que ligan a las calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.
- *Calles Locales:* Proporcionan accesos directo a las propiedades, sean estas residenciales, comerciales, industriales. Se conectan directamente a las calles colectoras y/o con las vialidades

II.2.2.2.- EL VEHÍCULO.

Una carretera tiene por objeto permitir la circulación rápida, económica, segura y cómoda de vehículos autopropulsados sujetos al control de un conductor. Por lo tanto, la carretera deberá proyectarse de acuerdo a las características del vehículo que la va a usar y considerando también las reacciones y limitaciones del conductor.

a) Clasificación.

En general, los vehículos que transitan por una carretera se dividen en vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales.

- *Vehículos Ligeros:* Son vehículos de carga y/o pasajeros, que tienen dos ejes y cuatro ruedas, incluyendo los automóviles, camionetas. Se les denota Ap y Ac respectivamente.

- *Vehículos Pesados:* Son unidades destinadas al transporte de carga y pasajeros, de dos o mas ejes y seis o mas ruedas, en esta denominación se incluyen los camiones y autobuses. Se denotan con B, C2, C3, T2-S2, T3-S2, T3-S2-R4 siendo este por reglamento el mas grande de México; donde C es Camión; T es Tractor; S es Semiremolque y; R es Remolque; el número expresa la cantidad total de ejes del vehículo.
- *Vehículos Especiales:* Se incluyen los camiones y/o remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada; maquinaria agrícola, bicicletas, motos y otros.

TIPO DE VEHICULO		NUM. DE EJES	E S Q U E M A S		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES		PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS	
			PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2			Ap	—		46	58
	CAMIONETAS				Ac			12	
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2			B	—		12	42
	CAMIONES	2			C2	73	100	30	
		3			C3	13			
					T2-S1				
					T2-S2				
		5			T3-S2	7			
					T2-S1-R2				
	OTRAS COMBINACIONES								
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	V A R I A B L E				Σ _n n = variable	V A R I A B L E		
	MAQUINARIA AGRICOLA								
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS								
	OTROS								

Clasificación General de Vehículos.

b) Vehículo de Proyecto.

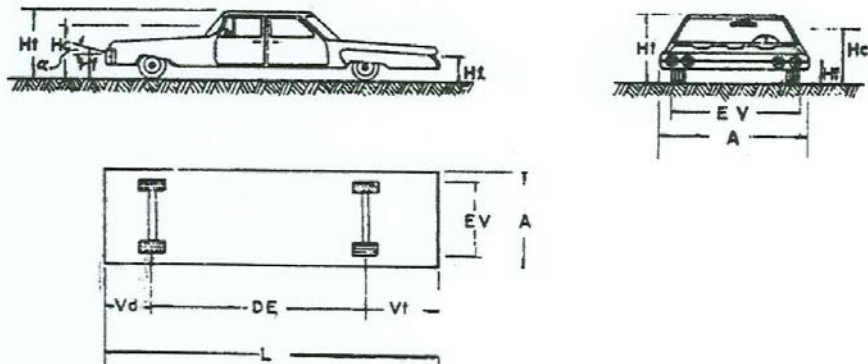
El vehículo de proyecto es un vehículo hipotético que sus características son usadas para establecer los lineamientos que regirán el proyecto geométrico de una carretera. Este vehículo se selecciona de manera que represente un porcentaje significativo del tránsito que circularán por dicha carretera. Los cuales son DE-335, DE-450, DE-610, DE-1220, DE-1525, y la nueva propuesta DE-2520

c) Características geométricas y de Operación.

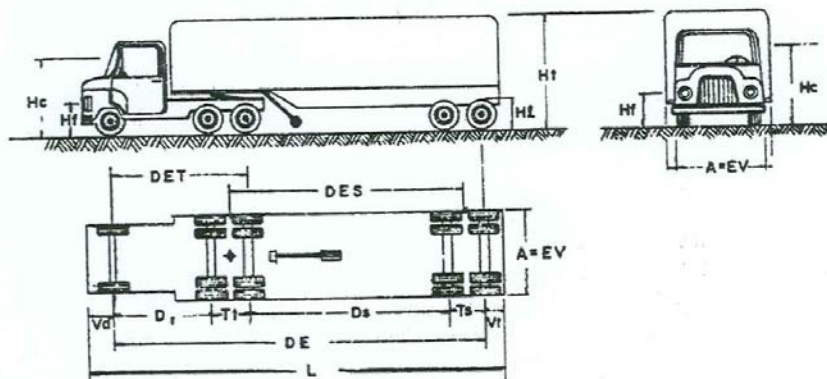
En un proyecto los elementos de la carretera, deberán de tenerse en cuenta las características geométricas y de operación de los vehículos. Las características geométricas están definidas por las dimensiones y el radio de giro; las características de operación son aquellas que están definidas principalmente por la relación peso/potencia, la cual con la combinación con otras características del vehículo y del conductor, se determinara la capacidad de aceleración y deceleración, la estabilidad en curvas y costos de operación.

c.1) Dimensiones.

En la figura se muestran las dimensiones de los vehículos ligeros y pesados que se deberán tomar para el proyecto geométrico de carretera.



Dimensiones características de los vehículos ligeros



Dimensiones características de los vehículos pesados.

Donde:

- L = Longitud total del vehículo.
- DE = Distancia entre los ejes más alejados de la unidad.
- DET = Distancia entre los ejes más alejados del tractor.
- DES = Distancia entre la articulación y el eje del Semiremolque.
- Vd = Vuelo delantero.
- Vt = Vuelo trasero.
- Tt = Distancia entre los ejes más alejados del tándem del tractor.
- Ts = Distancia entre los ejes más alejados del tándem del Semiremolque.
- Dt = Distancia entre el eje delantero del tractor y el primer eje del tándem.
- Ds = Distancia entre el eje posterior del tándem del tractor y el eje delantero del tándem del Semiremolque.
- A = Ancho total del vehículo.
- EV = Distancia entre caras extremas de las ruedas (entre vía).
- Ht = Altura total del vehículo.
- Hc = Altura de los ojos del conductor.
- Hf = Altura de los faros delanteros.
- Hl = Altura de las luces posteriores.
- α = Angulo de desviación del haz luminoso de los faros.

C.2) Radio de Giro y Trayectoria de las Ruedas.

El radio de giro es el radio de la circunferencia definida por la trayectoria de la rueda delantera externa del vehículo, cuando éste efectúa un giro.

El radio de giro, las distancias entre ejes y la entrevía del vehículo, definen la trayectoria que siguen las ruedas del vehículo cuando este efectúa un giro; estas trayectorias, especialmente la rueda delantera externa y trasera interna, sirven para calcular las ampliaciones en las curvas horizontales de una carretera y para diseñar la orilla interna de la calzada en los ramales de la intersecciones.

La distancia entre los límites exteriores de las huellas de la llanta delantera externa y trasera interna se le llama distancia entre huellas externas y su representación es con la letra U.

$$U = EV + d$$

Donde:

EV = Entrevía del vehículo.

d = Desplazamiento (distancia entre la huellas externas).

C.3) Relación Peso Potencia (Wc/P)

El peso del vehículo cargado y la potencia de su motor son los factores más importantes que determinan las características y costos de operación de un vehículo en el camino. De esta relación dependen los siguientes factores:

- La velocidad y el tiempo de recorrido en vehículos pesados están en función de la relación peso potencia.
- La relación peso potencia influye directamente en la capacidad del camino y en el proyecto del alineamiento vertical.

C.4) Aceleración y Desaceleración

Aceleración: es cuando la fuerza tractiva que genera el motor es mayor que la resistencia a la que se opone el movimiento del vehículo; Desaceleración: es cuando las resistencias que se opone el movimiento son mayores que la fuerza atractiva generada. Cuando las resistencias son iguales a la fuerza atractiva el vehículo se mueve a una velocidad constante, a esto se le llama velocidad de régimen.

Un vehículo
acelera
para:

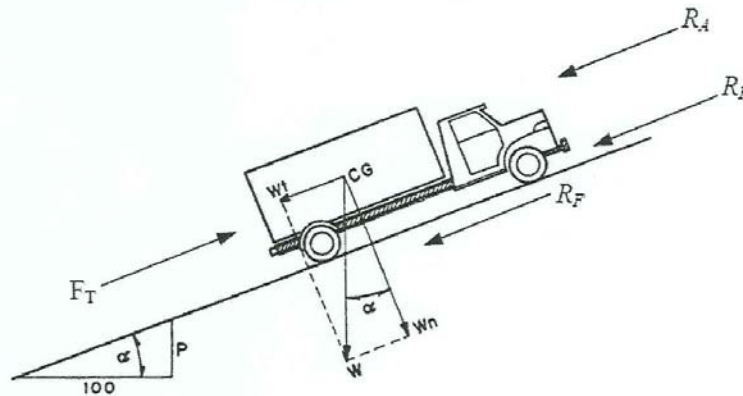
- Una maniobra de rebase.
- En pendiente ascendente.
- Cuando se incorpora una corriente de tránsito.
- Cuando cruza una intersección y se aproxima otro vehículo.
- Cuando desea aumentar la velocidad para disminuir el tiempo de recorrido.

Un vehículo
decelera
para:

- Cuando advierte un peligro.
- Para salir de un camino a otro lateral.
- Para cruzar una intersección.
- En pendientes descendentes.
- Para disminuir la velocidad.

La fuerza que tiene un vehículo para acelerar o decelerar se obtiene a partir de la siguiente ecuación y se ilustra con sus componentes como indica la figura.

$$Fd = Ft - (Ra + Rr + Rf + Rp)$$



Fuerzas que intervienen en el movimiento del vehículo.

Donde:

- Fd = Fuerza disponible para acelerar o decelerar del vehículo.
- Ft = Fuerza tractiva neta del vehículo
- Ra = Resistencia al movimiento del vehículo producida por el aire.
- Rr = Resistencia al rodamiento producida por la deformación de la llanta y las características de la superficie de rodamiento.
- Rf = Resistencia al freno producida entre las llantas y la superficie de rodamiento.
- Rp = Resistencia a la pendiente del movimiento del vehículo.

Calculo de la fuerza tractiva Ft

$$P = \frac{T}{t} = \frac{F * d}{t} = F * V$$

Donde:

- P = Potencia.
- T = Trabajo.
- t = Tiempo.
- d = Distancia.
- F = Fuerza.
- V = Velocidad.

De aquí que la fuerza tractiva será:

$$Ft = \frac{P}{V}$$

El valor de Ft es expresado en Kg., pero es común que el valor de la potencia se obtenga en HP y la velocidad en Km./hr; con algunas conversiones para poderla expresar en el sistema MKS en general la fuerza tractiva queda:

$$Ft = 270 \frac{P}{V} k$$

Resistencia al Aire Ra:

Cuando el vehículo esta en movimiento se calcula con la siguiente expresión:

$$Ra = KaAV^2$$

Donde:

- Ka = Es un factor experimental; por lo general se utiliza $0.005 \leq Ka \leq 0.006$
- A = Área frontal del vehículo.
- V = Velocidad del aire

Resistencia al rodamiento R_r :

Se obtiene con la siguiente formula:

$$R_r = K_r W$$

Donde:

K_r = Factor Empírico.

W = Peso del vehículo (Kg.)

TIPO DE SUPERFICIE	K_r
Asfalto o Concreto	0.008 a 0.010
Revestimiento	0.020 a 0.025
Terrecería	0.080 a 0.160

Tabla 8.- Valor de K_r

Resistencia por fricción al frenado R_f :

Esta resistencia se empleara cuando el conductor aplica los frenos y se calcula:

$$R_f = W * f$$

Donde:

W = Peso del Vehículo (Kg.)

f = Coeficiente de Fricción longitudinal entre la llanta y el pavimento.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL EN EL FRENADO			
Velocidad (Km./h)		Coeficiente de Fricción (f)	
Proyecto	Marcha	Pavimento Seco	Pavimento Mojado
30	28	0.650	0.400
40	37	0.630	0.380
50	46	0.620	0.360
60	55	0.600	0.340
70	63	0.590	0.325
80	71	0.580	0.310
90	79	0.560	0.305
100	86	0.560	0.300
110	92	0.550	0.295

Tabla 9.- Valor de f , coeficiente de fricción.

Resistencia por Pendientes R_p :

Se expresa de la siguiente manera:

$$R_p = W * \text{Sen } \alpha$$

Donde:

W = Peso del Vehículo (Kg.)

α = Angulo o Pendiente del camino.

Si sustituimos en la $F_d = F_t - (R_a + R_r + R_f + R_p)$ formula tenemos:

$$F_d = \frac{270P}{V} k - (K_a A V^2 + K_r W + fW + W \text{Sen } \alpha)$$

En resumen podemos decir que:

Si $F_d > 0$ el vehículo acelera

Si $F_d < 0$ el vehículo decelera

Si $F_d = 0$ el vehículo se mueve a velocidad constante (velocidad régimen)

Esta expresión se utiliza para verificar el proyecto del alineamiento vertical, pero para poder realizar lo anterior es necesario calcular primero la aceleración a partir de F_d . Esto es:

De la segunda ley de Newton, $F_d = m * a$; $a = \frac{F_d}{m}$; $m = \frac{W}{g}$; $a = \frac{g F_d}{W}$

$$a = \frac{9.81 F_d}{W}$$

Donde:

m = Masa del Vehículo.

W = Peso del Vehículo.

g = Gravedad.

C.5) Estabilidad en Curvas.

Un vehículo es estable cuando no tiene tendencia a salirse de la trayectoria que le fija el conductor por medio del volante. En lo contrario la inestabilidad se da generalmente por las fuerzas transversales a que está sujeto, ya sea por asimetrías internas como son las cargas mal distribuidas, neumáticos desinflados y mecanismos de suspensión defectuosos, o bien la fuerza centrífuga que aparece cuando el vehículo describe una curva, esta se puede manifestar de dos maneras: por deslizamiento o por volcamiento. Los principales elementos que se consideran para que el vehículo no desliza o vuelque en la curva son: el radio, la velocidad, la Sobreelevación, el coeficiente de fricción lateral, la altura y entreeje del vehículo.

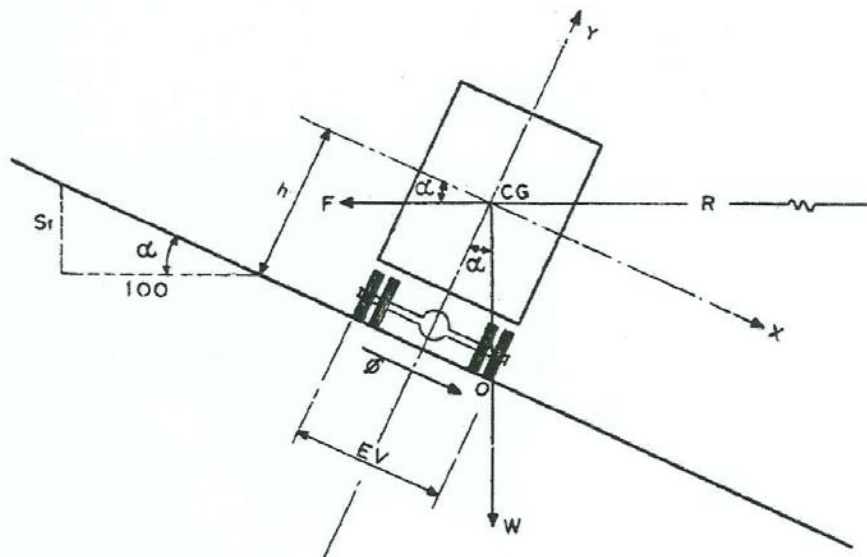


Diagrama para revisión de la estabilidad de vehículos en curva.

La condición necesaria para que el vehículo no deslice en la curva se da cuando

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_x = W \sin \alpha - F \cos \alpha + (W \cos \alpha + F \sin \alpha) = 0 \text{ simplificando tenemos que:}$$

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{R} - \mu, \text{ las normas de la S.C.T. dicen que para evitar este tipo de}$$

problema, se tiene que construir la curva por medio de su grado máximo,

$$\text{utilizando la siguiente ecuación: } G_{\max} = 14600 \left[\frac{S_{\max} + \mu}{v^2} \right]$$

Donde:

Gmax = Grado Máximo de la curva

S = Sobreelevación (decimales)

μ = Coef. De Fricción Lateral.

V = Velocidad de Proyecto. (Km./h)

R = Radio de la Curva. (m)

VELOCIDAD DE PROYECTO (KM./H)	COEF. DE FRICCIÓN LATERAL (μ)	GRADO MÁXIMO
30	0.28	60
40	0.23	30
50	0.19	17
60	0.165	11
70	0.15	7.5
80	0.14	5.5
90	0.135	4.25
100	0.13	3.25
110	0.125	2.75

Tabla 10.- Coef. De Fricción Lateral y Grado Máximo.

II.2.2.3.- EL USUARIO.

La planeación y el proyecto de caminos así como el control de la operación del tránsito, requieren del conocimiento de las características físicas y psicológicas del usuario del camino. El ser humano, bien sea como peatón o conductor, considerando individual o colectivamente, es el elemento crítico en la determinación de muchas de las características del tránsito.

Algunas condiciones del medio ambiente afectan el comportamiento del usuario, las cuales son:

- *La Tierra: uso y actividades.*
- *El Ambiente Atmosférico: estado del tiempo y visibilidad.*
- *Obras Viales: carreteras, ferrocarriles, puentes y terminales.*
- *La corriente del tránsito y sus características.*

Las condiciones ambientales mencionadas anteriormente, estimulan al usuario en su exterior, pero éste también se ve afectado por las condiciones de su propio organismo; por ejemplo: el alcohol, deficiencias físicas y problemas emocionales, las cuales influyen en el ser humano, la conducta en la corriente del tránsito.

La visión humana es otro de los aspectos del usuario que se estudian para resolver los problemas operacionales y de proyecto, como son: *Agudeza visual, Movimiento del ojo, visión periférica, visión en condiciones de deslumbramiento, percepción del espacio, altura del ojo del conductor.*

II.2.3.- VOLUMEN DE TRANSITO.

Al proyectar un camino, la selección de tipo de camino, las intersecciones, los accesos y servicios, dependen de la demanda, es decir, del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y su composición.

Volumen de Tránsito: Es el número total de vehículos que pasan por un punto del camino en un intervalo de tiempo dado. $V = \frac{\#vehiculos}{tiempo}$; sus

características más usuales son:

- *Densidad de Tránsito:* Es el número total de vehículos que se encuentra en cierta longitud de un camino en un instante dado. $D = \frac{\#vehiculos}{longitud}$
- *Tránsito Diario de Proyecto:* Es el promedio de los volúmenes diarios registrados en un determinado periodo. Los más usuales son el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) y el Tránsito Diario Promedio Semanal.
- *Tránsito Máximo Horario:* Es el numero máximo de vehículos que se pasan por un punto del camino durante una hora, para un lapso establecido de observación.
- *Volumen Horario de Proyecto:* Volumen horario de tránsito que servirá para determina las características geométricas de un camino.
- *Tránsito Generado:* Es el volumen de tránsito que se origina por la construcción o mejoramiento de un camino.
- *Tránsito Desviado o Inducido:* Es la parte del volumen de tránsito que circulaba antes por otro camino y cambia su itinerario para pasar por la que se construye.

II.2.4.- VELOCIDAD.

La velocidad es un factor importante en todo proyecto y factor definitivo para calificar la calidad del flujo de tránsito. Su importancia, como elemento básico para el proyecto, queda establecida por un parámetro en el cálculo de la mayoría de los demás elementos de proyecto.

En un camino existen diferencias entre las velocidades de los vehículos, esto se debe a diferentes factores como son: Limitaciones del conductor, Características de operación de los vehículos, La presencia de otros vehículos, Las condiciones ambientales, limitaciones de velocidad establecidas por dispositivos de control.

La velocidad que se considera para diverso estudios de la ingeniería de tránsito y de vías terrestres se describe con base en las siguientes definiciones:

- *Velocidad de Punto:* Es la velocidad de un vehículo a su paso por un camino, para calcularla se utilizan los promedios de las velocidades de un punto de todos los vehículos o de una clase establecida de ellos.
- *Velocidad de Marcha:* Es la velocidad del vehículo en un tramo del camino, esta se obtiene al dividir la distancia de recorrido entre el tiempo en el cual el vehículo estuvo en movimiento, esta velocidad es utilizada para medir la calidad del servicio que el camino proporciona a los usuarios.
- *Velocidad de Operación:* Es la velocidad máxima a la cual un vehículo puede viajar de un tramo del camino.
- *Velocidad de Proyecto:* Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad por el camino y se utilizan para determinar los elementos geométricos del mismo.
- *Velocidad Global:* Es el resultado de dividir la distancia recorrida de un vehículo entre el tiempo total de viaje.

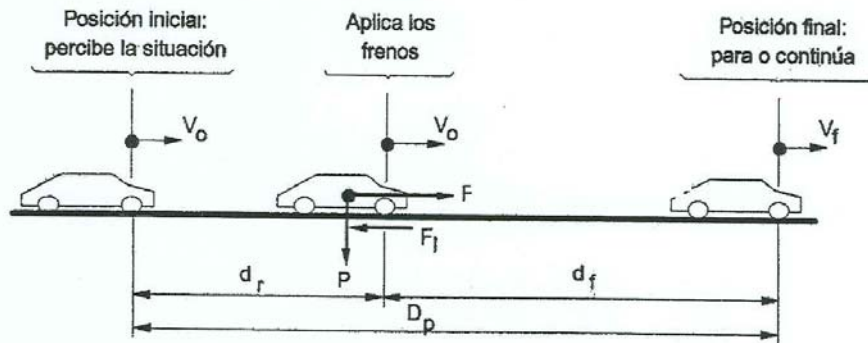
II.2.5.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD.

Se le denomina distancia de visibilidad a la longitud libre que el conductor puede observar delante de él cuando circula por un camino. Para un proyecto de camino se consideran dos distancias de visibilidad, distancia de visibilidad de parada y distancia de visibilidad de rebase.

II.2.5.1.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.

Es la distancia mínima necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de proyecto, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar antes de llegar a él. Es la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionarse en cualquier punto del camino.

La distancia de visibilidad de parada D_p se compone de dos elementos, que son: la distancia que se recorre en el tiempo de reacción del conductor d_r , que es desde que el conductor ve el objeto hasta que aplica los frenos, y la distancia que se recorre el vehículo frenado d_f .



Distancia necesaria para detener un vehículo.

- La distancia de reacción se calcula a partir de la fórmula básica $V = \frac{d}{t}$
- $$d_r = V * t$$
- $$d_r = \frac{V}{3.6} t$$
- $$d_r = 0.278V * t$$
- Para manejar la velocidad en km/h y el tiempo de reacción en seg;

- La distancia de frenado se calcula con la ecuación de la energía, que en este caso se expresa con la energía cinética que posee el vehículo:

$$\frac{1}{2}mV^2 = W * f * df + W * p * df + \frac{1}{2}mV_f^2$$

Donde:

m = masa del vehículo (kg)
V = Velocidad del vehículo (km/hr)
W = Peso total del vehículo (kg)
f = Coeficiente de fricción longitudinal.
df = Diferencia de frenado (m)
p = pendiente (en decimal con su signo aritmético)
Vf = Velocidad después de la operación de frenado (km/hr)

Agrupando términos y despejando para df la expresión queda:

$$df = \frac{V^2 - V_f^2}{254(f + p)}$$

II.2.5.2.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE.

A esta distancia se le considera únicamente en caminos de dos carriles y es la distancia necesaria para que un vehículo pueda pasar a otro que viaja en la misma dirección y sobre el mismo carril de circulación, si que este corra algún riesgo de colisión con otro que aparezca en sentido contrario.

En México, con respecto al manual de capacidad de carreteras en E.U.A. y ensayos propios de maniobras, se dice que la distancia requerida del vehículo para pasar a otro con una velocidad de 110 km/hr son de 490 m, de ahí cualquier otra velocidad se consideran una proporción lineal.

110 km/hr ----- 490 m

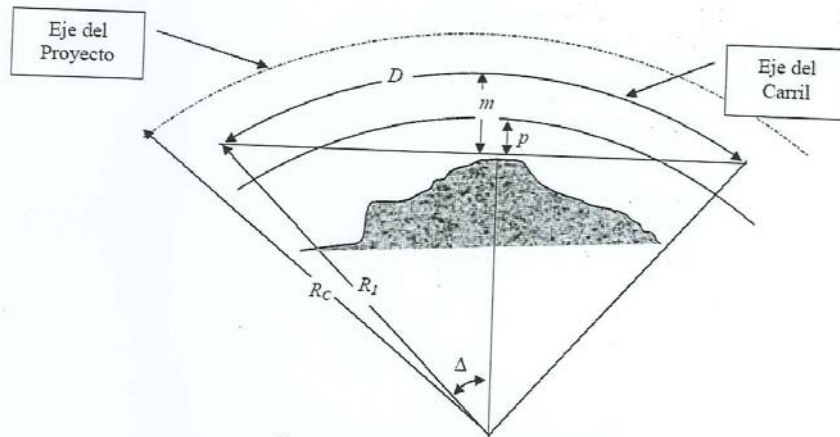
V ----- Dr

$$Dr = \frac{490}{110}V$$

$$Dr = 4.5V$$

II.2.5.3.- DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.

Las curvas que están situadas en cortes o que tengas obstáculos en uno de sus lados debe tenerse especial cuidado en que se logre la distancia de velocidad de parada en todo su recorrido, en caso de no cumplirse con esto, deberán ejecutarse acciones como recortar o abatir el talud del lado interior de la curva, modificando el grado de curvatura o eliminar el obstáculo.



Elementos dimensionales a un obstáculo lateral.

Distancias de Visibilidad de Parada para Fines de proyecto.

Velocidad de Proyecto (kph)	Velocidad de Marcha (kph)	Tiempo de Reacción (seg)	Coeficiente de Fricción Longitudinal	Distancia de visibilidad de Parada	
				Calculada	Para Proyecto
30	28	2.5	0.400	27.16	30
40	37	2.5	0.380	39.87	40
50	46	2.5	0.360	55.08	55
60	55	2.5	0.340	73.22	75
70	63	2.5	0.325	91.83	95
80	71	2.5	0.310	113.32	115
90	79	2.5	0.305	135.42	135
100	86	2.5	0.300	156.78	155
110	92	2.5	0.295	176.85	175

Calculada para pavimento mojado y pendiente $p=0\%$

Cálculo de m:

$$\cos \Delta = \frac{R_1 - m}{R_1} \quad m = R_1 - R_1 \cos \Delta$$

Con la ecuación de arco y despejando Δ :

$$D = R_1 (2\Delta) \quad \Delta = \frac{D}{2R_1}$$

utilizando la serie del coseno

$$\cos \Delta = \left[1 - \frac{\Delta^2}{2!} + \frac{\Delta^4}{4!} - \dots \right] \quad \cos \Delta = \left[1 + \frac{\left(\frac{D}{2R_1} \right)^2}{2!} + \frac{\left(\frac{D}{2R_1} \right)^4}{4!} - \dots \right] \quad \cos \Delta = \left[1 - \frac{D^2}{8R_1^2} \right]$$

y sustituyéndola en m:

$$m = R_1 - R_1 \left[1 - \frac{D^2}{8R_1^2} \right] \quad \boxed{m = \frac{D^2}{8R_1}}$$

II.2.6.- CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO.

Con el objetivo fundamental de plantear en forma general los conceptos de capacidad y nivel de servicio es necesario primeramente establecer las relaciones fundamentales entre la velocidad, el volumen y la densidad.

Una vez definidas en capítulos anteriores la velocidad y el volumen, la densidad de tránsito es el número de vehículos que permanecen en el tramo de un camino por unidad de longitud en un instante de tiempo dado.

Así el volumen de tránsito (T) se expresa como:

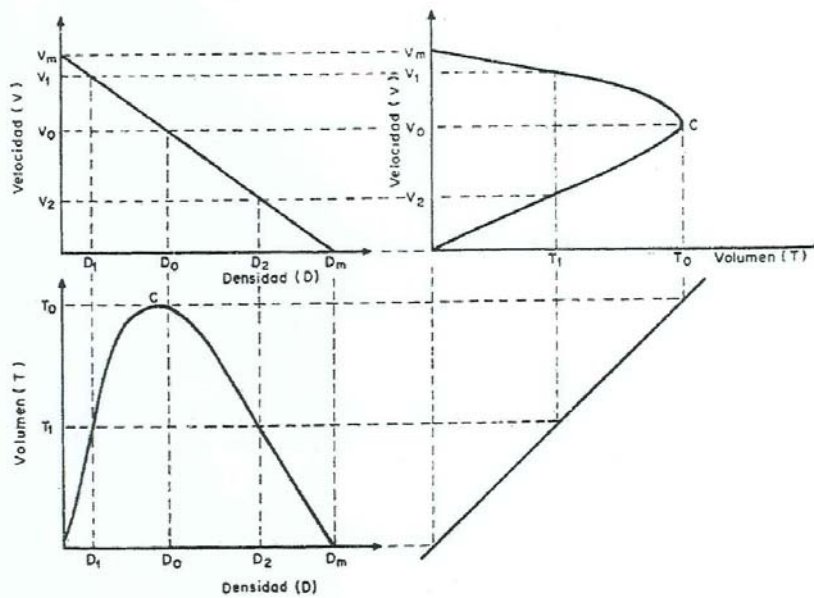
$$T = V * D$$

Donde:

T = Volumen de tránsito (veh/hr)

V = Velocidad de tránsito (Km/hr)

D = densidad de tránsito (veh/Km)



Relaciones entre la velocidad, el volumen y la densidad.

En la figura anterior se muestra cualitativamente las relaciones descritas, también se distinguen las características siguientes las cuales se desprenden partiendo de que si la velocidad permanece constante, la densidad y el volumen se relacionan linealmente:

- Para una densidad chica, la velocidad es la máxima y el volumen bajo.
- Cuando aumenta el volumen y la densidad la velocidad tiende a bajar.
- Cuando la velocidad aumenta hasta llegar a ser crítica, el volumen de tránsito llega a su máximo, alcanzado la capacidad del camino y la velocidad óptima.

Capacidad:

Una vez analizadas las relaciones anteriores, la Capacidad de un camino es el número máximo de vehículos que pueden circular por él bajo las condiciones prevaletientes de tránsito y del camino en un periodo de tiempo dado.

El periodo de tiempo generalmente se expresa en horas, y las condiciones prevaletientes son principalmente sus alineamientos, número y ancho de carriles y acotamientos.

Nivel de servicio:

Nivel de servicio es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, las cuales son la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la seguridad, comodidad y libertad de manejo, los costos de operación, etc.