

I. Factores que intervienen en el diseño de pavimentos

Agentes de intemperismo, tanto de la naturaleza como del hombre, cargas de los vehículos, calidad de los materiales y procedimiento de construcción, topografía, drenaje, incluso políticas del Sector de Comunicaciones y Transportes intervienen en el comportamiento y diseño de una sección estructural. Sin embargo los principales factores que intervienen en el diseño de un pavimento se consideran:

II.1 Efectos de tránsito.

II.2 La influencia de la plasticidad, resistencia, deformación de los materiales y los efectos con medio ambiente.

II.1 Efectos de tránsito

La técnica más utilizada para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales de rodadura tanto asfálticas como de concreto hidráulico, siempre se refiere a la AASHTO, en este método la información requerida en las ecuaciones de diseño incluye:

- Carga por eje y configuración del mismo.
- Número de aplicaciones o paso de éste sobre la superficie del pavimento.

Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un **número de ejes equivalentes** de 80kN o 18kips¹, que se les denomina "*Equivalent simple axial load*" o ESAL (ejes equivalentes).

El tránsito debe subdividirse en un cierto número de grupos, cada uno con diferentes configuraciones:

II.1.1 Tipos de vehículos.

II.1.2 Configuración y número de llantas por eje.

II.1.3 Número de repeticiones de carga por cada punto en la superficie de rodamiento.

¹ Kip=1000kgf =10kN

II.1.1 Tipos de vehículos.

Existen tres formas diferentes para poder clasificar los vehículos; **la primera** es por medio del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) el cual se define como el número de vehículos que pasan por un lugar durante un año, dividido entre el número de días del año, Es decir:

$$TDPA = \frac{No. \text{vehículos}}{365 \text{ días}}$$




La segunda, es de acuerdo a la clase y **la tercera** por medio del número de ejes. En la Tabla 2.1 y Tabla 2.2 se muestra esta clasificación respectivamente.



CLASE	NOMENCLATURA
Automóvil	A
Autobús	B
Camión	C
Tractor	T
Semiremolque	S
Remolque	R





Tabla 2.1. Clasificación de los vehículos de acuerdo a la clase.





La clasificación de ejes será como sigue:







Tabla 2.2. Clasificación de los vehículos de acuerdo al número de ejes.

AUTOBÚS (B)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
B ₂	2	
B ₃	3	
B ₄	4	

CAMIÓN (C)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C ₂	2	
C ₃	3	

CAMIÓN -REMOLQUE (C - R)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C ₂ - R ₂	4	
C ₃ - R ₂	5	
C ₂ - R ₃	5	
C ₃ - R ₃	6	

TRACTOR SEMIREMOLQUE (T - S)		Ó Tractocamión articulado
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T ₂ - S ₁	3	
T ₂ - S ₂	4	
T ₃ - S ₂	5	
T ₃ - S ₃	6	

TRACTOCAMIÓN DOBLEMENTE ARTICULADO (T - S - R)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
$T_2 - S_1 - R_2$	5	
$T_3 - S_1 - R_2$	6	
$T_3 - S_2 - R_2$	7	
$T_3 - S_2 - R_3$	8	
$T_3 - S_2 - R_4$	9	
$T_3 - S_3 - R_2$	8	


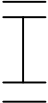
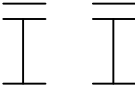
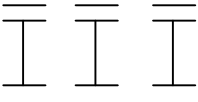
Más del 50% de los vehículos que pasan por un lugar corresponden a Tipo A, es decir, vehículos con capacidad de hasta 3 toneladas y sigue incrementando conforme la población aumenta, lo que repercute en el comportamiento de la sección estructural, así como también en el volumen máximo de tránsito que puede admitir un camino sin congestionarse. La construcción de carriles adicionales y el incremento de repeticiones de carga ligera propician un envejecimiento acelerado del pavimento.

Ante esta problemática se puede optar por implementar transporte masivo cómodo, seguro y económico para descongestionar la sección estructural e incrementar la vida útil de la sección.

II.1.2 Configuración y número de llantas por eje.

La configuración autorizada de los ejes para los diferentes vehículos se presenta en la Tabla 2.3

Tabla 2.3. Configuración y número de llantas por eje.

Eje sencillo con llantas sencillas.	
Eje sencillo con llantas dobles.	
Eje doble con llantas dobles.	
Eje triple con 12 llantas	

PESO AUTORIZADO (TONELADAS) EN VEHÍCULOS POR TIPO DE EJE

Tabla 2.4. Peso autorizado por tipo de eje.

TIPO DE EJE	PESO AUTORIZADO (TONELADAS) para camino tipo A
UN EJE SENCILLO	
Con 2 llantas.	5.5
Con 4 llantas	10.0
CON DOS EJES SENCILLOS EN TANDEM	
Con 2 llantas en cada eje.	4.5/eje
Con 4 llantas en cada eje	9.0/eje
TRES EJES SENCILLOS EN TANDEM	
Con 4 llantas en cada eje	7.5/eje

II.1.3 Número de repeticiones de carga por cada punto en la superficie de rodamiento.

Para el diseño de estructuras de pavimento es necesario conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado, por lo que se deben de realizar estudios de volumen de tránsito, los cuales pueden variar desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta el recuento en lugares específicos tales como: puentes, túneles o intersecciones de carreteras.

Estos aforos se realizan con el objeto de:

- Determinar la composición y volumen de tránsito.
- Evaluar índices de accidentes.
- Datos útiles para planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos.
- Elaborar sistemas de mantenimiento.
- Establecer prioridades y técnicas de construcción.
- Determinar el tránsito futuro.

La fatiga producida por más de 3000 vehículos pesados por efecto de la repetición constante de cargas dadas por el tránsito, deteriora la sección estructural, es decir, que se produce una falla de la estructura derivado de las excesivas repeticiones de carga.

II.2 La influencia de la plasticidad, resistencia, deformación de los materiales y los efectos con medio ambiente.

Existen diversos factores que propician la variación de las características de resistencia y deformación en los materiales que conforman una sección estructural, como son:

- Lluvia.
- Cambio en el nivel de aguas freáticas.
- Intemperismo por cambios de clima.

Cuando el terreno natural está formado por materiales finos es probable que los cambios de humedad a los cuales está sujeto, modifiquen el volumen, la resistencia y la deformabilidad o variación volumétrica de la sección estructural.

Los cambios en los contenidos de agua pueden ser producidos por alguna de las siguientes causas:

- Infiltraciones propiciadas por agua de lluvia.
- Ascensión capilar del nivel de aguas freáticas.
- Flujo interno en la masa del suelo o roca por un drenaje o subdrenaje inadecuado.

El agua sobre la superficie de rodamiento tiene un efecto denominado de **bombeo**, el cual se produce a través de agrietamiento de la carpeta. Al estar una grieta llena de agua, la presión de las llantas de los vehículos se transmite a las capas inferiores como la base y la subbase; si estas contienen finos, al ejercer la presión, se arrastran dichos finos, junto con la expulsión de agua creándose un vacío o cavidad que posteriormente se transformará en bache, con una destrucción paulatina de la estructura del pavimento.

Dado que la base y la subbase son capas que están cercanas a la superficie de rodamiento y que deben resistir a la acción del tránsito, éstas deben ser formadas por materiales granulares.

Los materiales pétreos que se utilizan para formar la base y la subbase no deben de estar contaminados con materiales plásticos ya que éstos propician una disminución en el Valor Relativo de Soporte (VRS), entendiéndose por VSR a la resistencia que presenta un suelo al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad. En consecuencia la deformación incrementa, así como también los cambios volumétricos con el aumento de contenido natural de agua.

La elección de los materiales de terracería y de la capa subrasante, son parte fundamental para la construcción de caminos, de forma tal que se pueden usar

aquellos que sean poco deformables, tengan estabilidad volumétrica y no disminuyan su resistencia con el incremento de contenido natural de agua.

Los materiales granulares sufren menores variaciones en su resistencia cuando están sujetos a la acción del agua. Su resistencia esta en función de la forma de las partículas, distribución granulométrica, resistencia propia de las partículas y de su compacidad.

A continuación se describen cada una de éstas características:

FORMA DE LAS PARTÍCULAS	DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA	RESISTENCIA PROPIA DE LAS PARTÍCULAS	COMPACIDAD
Las partículas angulosas tienen más resistencias que las de forma redondeada.	Un material granular con partículas de diversos tamaños propicia menores huecos o vacíos que aquel que sea bien granulado.	Las partículas duras (trituration del basalto) tienen mayor resistencia que las de tipo piroclástico (tezontles)	A mayor compacidad de los suelos granulares, mayor resistencia. Pues ésta tiene menor relación de vacíos y existe mayor punto de contacto entre partículas.