



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Subsecretaría de Infraestructura
Dirección General de Servicios Técnicos

SELECCIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO SEGÚN SU GRADO DE DESEMPEÑO (PG)

Manual de Usuario

Ciudad de México
marzo 2020



D G S T

Selección de Cemento Asfáltico según su Grado de Desempeño (PG)

Manual de Usuario

COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Ing. Javier Jiménez Espriú
Secretario

Ing. Cedric Iván Escalante Sauri
Subsecretario de Infraestructura

M.I. Vinicio Andrés Serment Guerrero
Director General de Servicios Técnicos

Este Manual puede consultarse en www.sct.gob.mx, en el micrositio de la Dirección General de Servicios Técnicos.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Subsecretaría de Infraestructura

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán No. 1895
Col. Acacias
Delegación Benito Juárez
03240 Ciudad de México

Derechos Reservados
Prohibida su reproducción para fines comerciales

Primera edición 2020



CONTENIDO

	pág.
Objetivo	1
Introducción	2
Antecedentes	3
Selección de Cemento Asfáltico	
Grado PG por temperatura e intensidad de tránsito.....	4
1. Requisitos y modo de uso.....	4
1.1 Contenido de la descarga.....	4
1.2 Programas necesarios y recomendados.....	5
1.3 Modo de uso.....	5
2. Descripción de la Tabla de Datos.....	9
2.1 Clave de Identificación (ID).....	9
2.2 Estación Aforo Vial.....	9
2.3 Ejes Equivalentes Acumulados.....	10
2.4 Estación Climatológica.....	11
2.5 Temperatura del aire.....	11
2.6 Temperatura del pavimento.....	11
2.7 Grado PG del pavimento.....	13
Referencias	19



OBJETIVO

Contar con cemento asfáltico que presente un desempeño satisfactorio en las mezclas asfálticas de manera conjunta con los materiales pétreos es elemental para el servicio que desarrollará esta capa del pavimento, de ahí la importancia de seleccionar el cemento asfáltico óptimo para una determinada obra en función del clima dominante, de la intensidad de tránsito esperado y de la velocidad de operación a que estará sujeta la carretera durante su vida útil, con esto se obtiene el grado de desempeño necesario del cemento asfáltico para cada obra.

Para que se pueda realizar una adecuada selección de cemento asfáltico, como se indica en la Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, N·CMT·4·05·004/18, *Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)*, se requiere de la obtención de datos como la temperatura máxima promedio del aire de los 7 días consecutivos más cálidos registrados por lo menos en los últimos 20 años en la zona de la obra, el promedio de las temperaturas mínimas anuales del aire registradas en al menos los últimos 20 años en el sitio de la obra, la latitud del tramo de diseño, la velocidad de proyecto, el tránsito diario promedio anual (TDPA) y la configuración vehicular.

Por lo anterior, se realizó esta herramienta para simplificar la obtención de datos que se requieren para la selección de cemento asfáltico grado PG por temperatura e intensidad de tráfico, para el buen diseño del pavimento de la Red Carretera Nacional.

INTRODUCCIÓN

El cemento asfáltico es el insumo con mayor impacto económico dentro de los trabajos de construcción, modernización, reconstrucción y conservación de las obras, por esto es necesario seleccionar correctamente el cemento asfáltico que atienda las necesidades de cada proyecto, por lo que la Dirección General de Servicios Técnicos realizó esta herramienta que sirve como ayuda para los proyectistas en el momento de elegir el cemento asfáltico.

El presente documento permitirá a los usuarios conocer la herramienta para selección de cemento asfáltico Grado PG y su funcionamiento. Además, se describen los diferentes elementos que componen las tablas de Selección de Cemento asfáltico Grado PG por temperatura e intensidad de tráfico.

La selección del cemento asfáltico dentro de las tablas dependerá de la ubicación geográfica de la carretera y de la estación de aforo más cercana al lugar de estudio. La vectorización carretera se llevó a cabo a través del software *Google Earth*.

Para la elaboración de esta herramienta se utilizaron los “*Datos Viales 2019*”, publicados en el micrositio de la Dirección de General de Servicios Técnicos, datos de temperatura obtenidos de las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN); en cuanto a los cálculos realizados se consideró lo establecido en la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Esta herramienta está integrada en su mayoría por carreteras de la Red Carretera Federal Libre y de Cuota y, en un porcentaje menor, por carreteras estatales.



ANTECEDENTES

En 1947 se realizó la primera clasificación de cemento asfáltico en México, pero fue en 1996, 49 años después, que se clasificaron los cementos asfálticos según su grado de viscosidad, ante la necesidad de modificar los asfaltos para mejorar sus propiedades viscoelásticas. En 2001 se publicó la clasificación de cemento asfáltico de acuerdo con el tipo de modificador empleado y fue hasta el 2005 cuando llegó la clasificación de acuerdo con el grado de desempeño, no obstante, ésta tuvo su origen desde 1987 como resultado del Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (*SHRP, Strategic Highway Research Program*) por parte de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (*FHWA, Federal Highway Administration*).

La selección de cemento asfáltico de acuerdo con el grado de desempeño (*PG, Performance Grading*) se aplicó en Estados Unidos a partir de las pruebas realizadas por el SHRP. Uno de los objetivos principales de este programa fue medir las propiedades reológicas del cemento asfáltico que se encuentran en función de la temperatura de prueba. Posteriormente, se tomó en cuenta el esfuerzo al que estará sometido el pavimento de acuerdo con la intensidad de tránsito vehicular y la velocidad de operación, así como las condiciones ambientales que provocan el envejecimiento del cemento asfáltico.

En 2018 entró en vigor la actualización de la norma para obtención de grado PG: N·CMT·4·05·004/18, *Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)* de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), con la que se puede seleccionar correctamente el cemento asfáltico definiendo la calidad requerida de acuerdo con las ecuaciones que se presentan en esta publicación, por lo que se debe realizar una selección de cemento asfáltico de manera particular para cada proyecto.

De acuerdo con la definición de la NIT, los cementos asfálticos según su grado de desempeño (PG) son aquellos cuyo comportamiento en pavimentos está definido por las temperaturas máximas y mínimas que se esperan en el lugar de su aplicación, por la intensidad de tráfico esperada y por la velocidad de operación de la carretera, a partir de las cuales se asegura un desempeño adecuado para resistir deformaciones, agrietamientos por temperaturas bajas y agrietamientos por fatiga.

Selección de Cemento Asfáltico Grado PG por temperatura e intensidad del tránsito



Selección de Cemento Asfáltico Grado PG por temperatura e intensidad del tránsito

1. REQUISITOS Y MODO DE USO

La función principal de esta herramienta es seleccionar el grado de desempeño del cemento asfáltico que se requiere en las carreteras de la Red Carretera Nacional. Sin dejar de lado el criterio del ingeniero, la herramienta es una referencia para la selección del tipo de cemento asfáltico que se utilizará en obra. A continuación, se exponen los requisitos para su uso:

1.1. CONTENIDO DE LA DESCARGA

El contenido de descarga (Figura 1) corresponde al presente manual de usuario, a la herramienta para la selección de cemento asfáltico grado PG por temperatura e intensidad de tráfico en formato *.kmz* (*Keyhole Markup Zip*) y a las estaciones en formato *.kmz*. Esta herramienta (Figura 2) clasifica las carreteras de acuerdo con la red correspondiente, divididas por Estados e identificadas de acuerdo con el nombre de éstas. Dentro de la herramienta, cada carretera contiene su información correspondiente, los datos que aparecen en las tablas son portables (Figura 3).

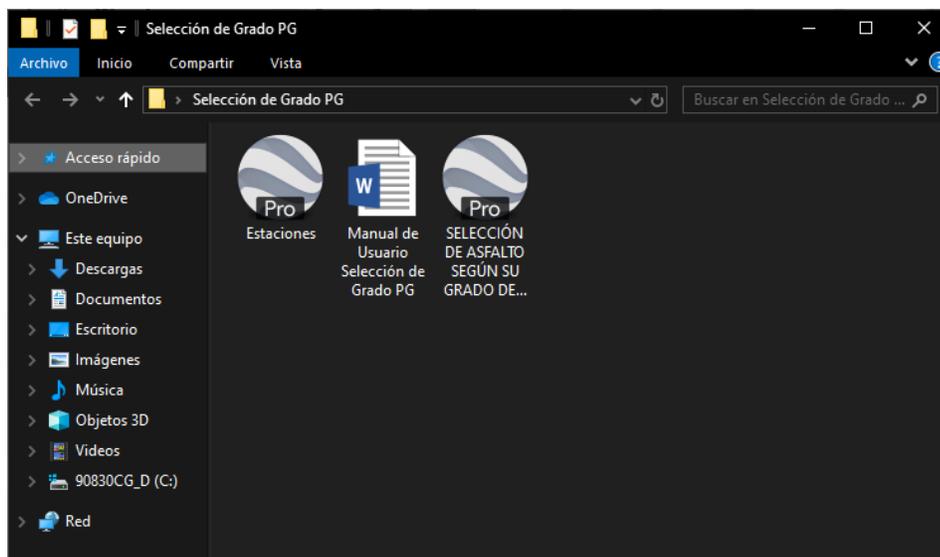


FIGURA 1. Carpeta de archivos

1.2. PROGRAMAS NECESARIOS Y RECOMENDADOS

Para ejecutar la herramienta se requiere de *Google Earth*, por lo que es necesario contar con acceso a una red de internet para mejorar la navegación y el funcionamiento de ésta. Se recomienda el uso de *Excel* o *Word* para exportar y trabajar los valores que se requieran.

1.3. MODO DE USO

1.3.1. Una vez instalada la herramienta *Google Earth*, se debe descomprimir el archivo *WinRar*, el cual mostrará una carpeta donde se encontrarán los dos archivos *.kmz*.

1.3.2. Se selecciona el archivo “SELECCIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO SEGÚN SU GRADO DE DESEMPEÑO (PG).kmz”, el cual desplegará el panel principal de *Google Earth* y en él se apreciarán varias carreteras en la pantalla con diferentes colores, los cuales indican el tipo de red carretera:

- Red Federal Libre = Rojo
- Red Federal de Cuota = Verde
- Red Federal Integrada por Tramos Libres y de Cuota = Azul
- Red Estatal Libre = Morado
- Red Estatal Cuota = Naranja
- Red Estatal de Cuota y carreteras integradas por tramos federales y estatales = Azul capri

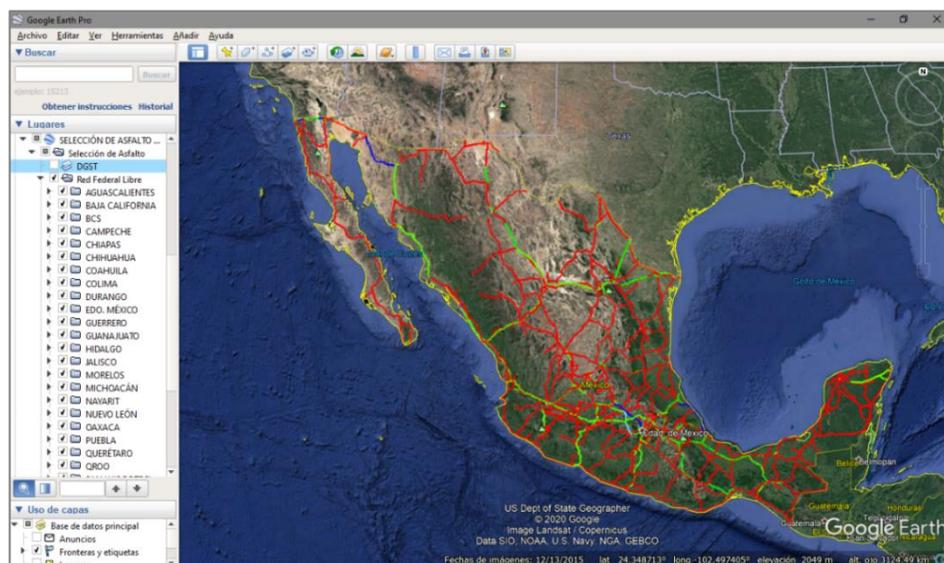


FIGURA 2. Página principal del archivo

Al dar clic en la carretera seleccionada en el mapa, se desplegará una tabla que se muestra en la Figura 3, de la cual se obtendrán los datos necesarios para llevar a cabo la selección del cemento asfáltico.



FIGURA 3. Tabla de datos por carretera

1.3.3. Si se busca una carretera en específico, puede encontrarse en la barra lateral del menú (Figura 4), donde están las carpetas por tipo de carretera y estado. Una vez seleccionada la carpeta correspondiente a la carretera deseada, se da clic en el nombre y se desplegará la misma tabla correspondiente.



FIGURA 4. Despliegue de la barra lateral

1.3.4. Para determinar qué fila de datos utilizar es necesario identificar qué Estación de Aforo Vial es la más cercana a la zona de estudio, lo que se puede realizar al abrir el Segundo Archivo .kmz denominado “Estaciones”, el cual permite visualizar todas las estaciones viales que se tienen registradas en las diferentes carreteras consideradas (Figura 5).

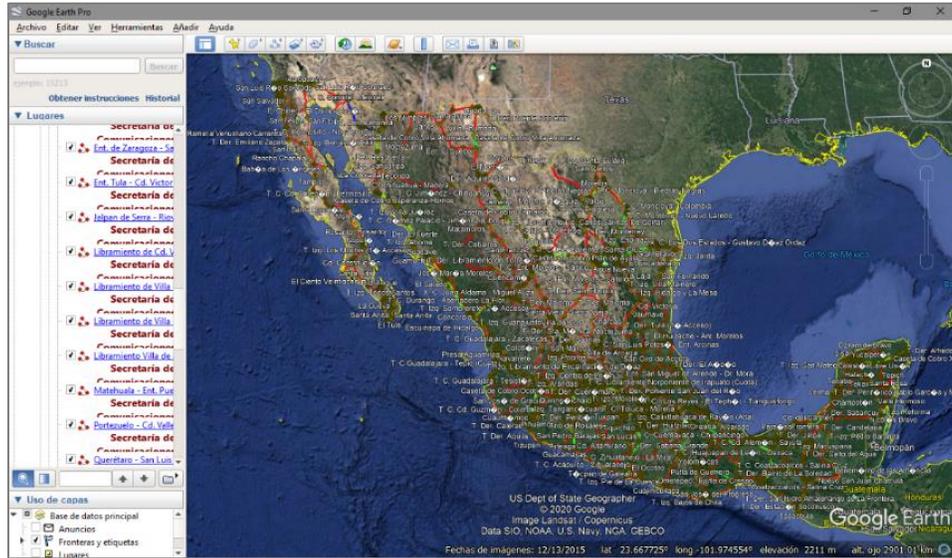


FIGURA 5. Despliegue de las Estaciones de Aforo Vial

1.3.5. Se recomienda ampliar el mapa hasta la zona de estudio y verificar cuál estación es la más cercana. Por ejemplo, si el lugar de estudio se encuentra dentro del círculo marcado, la estación más próxima es T. Izq. Villa Arista (Figura 6).

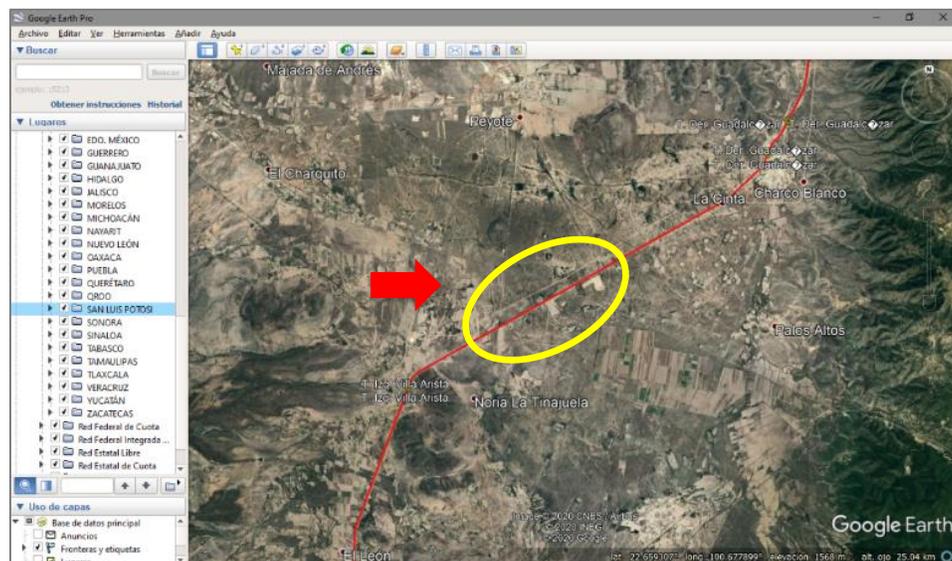


FIGURA 6. Determinación de la estación más cercana al sitio de la obra

1.3.6. Al dar clic en la carretera se despliega la tabla y se puede identificar la Estación T. Izq. Villa Arista (Figura 7). Esos serán los datos que se tomarán como referencia para la correcta selección de cemento asfáltico.

ID	Estación de Aforo Vial				Ejes Equivalentes				Estación Climatológica					
	Nombre	km	TE	SC	No. Carril por SC	Latitud	Longitud	EDPA (Carril de diseño)	Vehículos Pesados (%)	10 años (ESAL x10 ⁶)	15 años (ESAL x10 ⁶)	20 años (ESAL x10 ⁶)	Nombre	Años con información
4775	A. Perimetral de San Luis Potosí	7+360	3	1	2	22.2072	-100.9199	6754	21	29.18	47.35	68.4	Ciudad de Craciáno	62
4776	B. Periférico de San Luis Potosí	7+000	3	2	2	22.2073	-100.92	6770	33	31.04	50.30	72.76	Ciudad de Craciáno	62
4775	Ventura (X. Nuevo Subramiento de SLP)	22+200	3	1	2	22.3448	-100.7985	5995	61	94.29	152.98	221.01	El Terrero	28
4776	Ventura (X. Nuevo Subramiento de SLP)	22+200	3	2	2	22.3362	-100.7987	6007	65	100.65	163.20	226.91	El Terrero	28
4777	T. Der. Villa Hidalgo	8+940	1	1	2	22.4344	-100.7221	6084	54	91.28	148.1	212.90	Villa Hidalgo	27
4778	T. Der. Villa Hidalgo	8+940	1	2	2	22.4145	-100.7233	6073	60	100.65	163.26	231.91	Villa Hidalgo	27
4779	T. Izq. Villa Arista	8+350	1	1	2	22.3601	-100.8487	6098	58	91.02	147.67	218.34	Villa Hidalgo	27
4780	T. Izq. Villa Arista	8+350	1	2	2	22.3602	-100.8488	6096	65	100.21	162.69	234.88	Villa Hidalgo	27

FIGURA 7. Determinación de estación

1.3.7. Por último, si se requieren exportar los datos a una hoja de *Excel* o documento *Word*, se debe seleccionar toda la tabla o sólo la fila de acuerdo con lo que se requiera, después dar clic derecho, copiar y pegar en el documento de destino (Figura 8).

Años	Ejes Equivalentes				Estación Climatológica		Temperatura del aire				Grado SG del Pavimento						
	Vehículos Pesados (%)	10 años (ESAL x10 ⁶)	15 años (ESAL x10 ⁶)	20 años (ESAL x10 ⁶)	Nombre	Años con información	Latitud	Longitud	T _{máx} (°C)	Dst _{Std} T _{máx}	T _{mín} (°C)	Dst _{Std} T _{mín}	T _{máx} Pav (°C)	T _{mín} Pav (°C)	10 años	15 años	20 años
4	21	29.18	47.35	68.4	Ciudad de Craciáno	62	22.183	-100.947	49	0	-1.48	3.77	72.44	-0.5	70.16	70.16	70.16
6	23	31.04	50.30	72.76	Ciudad de Craciáno	62	22.183	-100.947	49	0	-1.48	3.77	72.44	-0.5	70.16	70.16	70.16
6	61	94.29	152.98	221.01	El Terrero	28	19.434	-103.95	36.14	0.69	0.75	2.74	62.5	1.8	64.16	64.16	64.16
6	65	100.65	163.20	231.91	El Terrero	28	19.434	-103.95	35.14	0.69	0.75	2.74	62.5	1.8	64.16	64.16	64.16
7	54	91.28	148.1	212.90	Villa Hidalgo	27	17.2	-96.183	44.57	2.07	7.17	3.67	69.8	0	70.16	70.16	70.16
7	60	100.65	163.20	231.91	Villa Hidalgo	27	17.2	-96.183	44.57	2.07	7.17	3.67	69.8	0	70.16	70.16	70.16
8	58	91.02	147.67	213.34	Villa Hidalgo	27	17.2	-96.183	44.57	2.07	7.17	3.67	69.79	0	70.16	70.16	70.16
8	65	100.21	162.58	234.88	Villa Hidalgo	27	17.2	-96.183	44.57	2.07	7.17	3.67	69.79	0	70.16	70.16	70.16
2	58	75.73	122.86	177.5	Cuadalcázar	45	22.616	-100.399	39.97	2.88	-1.31	3.78	66.58	-0.4	70.16	70.16	70.16
5	61	81.72	132.87	191.53	Cuadalcázar	45	22.616	-100.399	39.97	2.88	-1.31	3.78	66.58	-0.4	70.16	70.16	70.16
9	59	63.73	103.4	149.36	Cuadalcázar	45	22.616	-100.399	39.97	2.88	-1.31	3.78	66.58	-0.4	70.16	70.16	70.16

FIGURA 8. Exportación de datos

2. DESCRIPCIÓN DE LA TABLA DE DATOS

La tabla se desplegará en el momento de seleccionar alguna de las carreteras de diferentes colores que indican el tipo de red carretera correspondiente. En ella, en la parte superior central, se muestra la carretera y a los costados los datos de kilometraje, clave, tramo y tipo de red, como se muestra en las Figuras 9 y 10.

A continuación, se describe la información correspondiente a la Tabla para la Selección de Cemento asfáltico Grado PG por Temperatura e Intensidad de tráfico:

2.1. CLAVE DE IDENTIFICACIÓN (ID)

Esta es la clave de identificación de las Estaciones de Aforo Vial existente en la carretera.

2.2. ESTACIÓN DE AFORO VIAL

2.2.1. Nombre

Nombre de la estación, como aparece en el *Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras* de la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, que corresponde a los nombres de los puntos generadores (ciudades, poblaciones o entronques).

2.2.2. Km

Kilometraje en el que se colocó la Estación de Aforo Vial para el estudio y que se encuentra en formato de cadenamiento.

2.2.3 Tipo de Estación (TE)

Considerando el sentido en que crece el kilometraje de la carretera, el número "1" indica que el aforo fue efectuado antes del punto generador, el "2" fue realizado en el punto generador y el "3" que el aforo se llevó a cabo después del punto generador.

2.2.4 Sentido de Circulación (SC)

Sentido de circulación aforado. Puede ser Sentido 0 (ambos sentidos), Sentido 1 (indica que los datos corresponden al sentido de circulación en que crece el cadenamiento del camino) o Sentido 2 (corresponde al sentido de circulación en que decrece el cadenamiento del camino). Para el cálculo de los ejes equivalentes se consideró de 0.5 para el sentido 0 y el valor de la unidad para los sentidos 1 y 2.

2.2.5 Número de Carriles por SC

Carriles con los que cuenta el tramo carretero en el que se colocó la estación de aforo.

2.2.6 Latitud y Longitud

Son las coordenadas geográficas del sitio de ubicación de la estación de aforo.

2.3. EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS

2.3.1 Transito Diario Promedio Anual (TDPA) carril de diseño

Se refiere al volumen vehicular que representa el promedio de todos los volúmenes diarios en un año. Fueron obtenidos de los datos publicados por la DGST en 2019, afectado por un factor de distribución vehicular por carril.

2.3.2 Porcentaje de Vehículos Pesados

Porcentaje de Vehículos Pesados (C2, C3, T3S2, T3S3, T3S2R4, otros). Afectados cada uno por 1/3 de la suma de M y otros, agregando al valor neto de cada tipo. Los pesos de diseño y tipos de vehículos son especificados en la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017, *Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de la Jurisdicción federal.*

2.3.3 Ejes Equivalentes para 10 años (ESAL's, Equivalent Single Axis Loads $\times 10^6$)

Millones de Ejes equivalentes calculados para 10 años por el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

2.3.4 Ejes Equivalentes para 15 años (ESAL's $\times 10^6$)

Millones de Ejes equivalentes calculados para 15 años por el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

2.3.5 Ejes Equivalentes para 20 años (ESAL's $\times 10^6$)

Millones de Ejes equivalentes calculados para 20 años por el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Algunos factores importantes considerados en el cálculo de ESAL's son:

- Cálculo con presión de Inflado de 5.8 kg/cm²
- Se utilizó la tasa de crecimiento de 4.0% en los ejes troncales y de 3.0% en el restante de la Red Carretera.
- Los factores de distribución del tránsito por carril que se utilizaron para el cálculo son los que se muestran en la Tabla 1

Carriles por Sentido	Factor de distribución utilizado
1	100
2	80
3	50
4	40

TABLA 1. Factor de distribución de tránsito en el carril de diseño

2.4. ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA

2.4.1 Nombre de la estación climatológica

Nombre de la estación climatológica que se encuentra más cercana a la estación de aforo vial, tal como aparece en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

2.4.2 Años con Información

Número de años con los que se cuenta con información de la estación climatológica obtenidos por el SMN.

2.4.3 Latitud y Longitud

Coordenadas geográficas del sitio de ubicación de la estación climatológica.

2.5. TEMPERATURA DEL AIRE

2.5.1 Temperatura máxima (°C)

Temperatura máxima promedio del aire de los 7 días consecutivos más cálidos registrados, por lo menos, en los últimos 20 años en la zona de estudio.

2.5.2 Desviación estándar temperatura máxima

Desviación estándar de las temperaturas de los 7 días consecutivos más cálidos registrados por lo menos en los últimos 20 años en la zona en estudio.

2.5.3 Temperatura mínima (°C)

Promedio de las temperaturas mínimas anuales del aire registradas en al menos los últimos 20 años en la zona en estudio.

2.5.4 Desviación estándar temperatura mínima

Desviación estándar de las temperaturas mínimas anuales del aire registradas en, al menos, los últimos 20 años en la zona de estudio.

2.6. TEMPERATURA DEL PAVIMENTO

2.6.1 Temperatura máxima (°C)

Temperatura máxima calculada debajo de la superficie de pavimento en el sitio. Fórmulas detalladas en la NIT SCT, N-CMT-4-05-004/18, *Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)*.

$$T_{max} = 54.34 + 0.787 T_{airM} - 0.0025Lat^2 - 15.14 \log(H + 25) + Z(9 + 0.61\sigma_{T_{airM}}^2)^{0.5}$$

Donde:

T_{max} = Temperatura máxima calculada debajo de la superficie del pavimento, (°C).

T_{airM} = Temperatura máxima promedio del aire de los 7 días consecutivos más cálidos registrados, por lo menos, en los últimos 20 años en la zona de estudio, (°C); se utilizaron los datos climatológicos registrados en las estaciones del SMN.

Lat = Latitud, (°, con aproximación de 5 decimales); se utilizó la latitud de la estación del SMN más cercana a la ubicación de las estaciones de aforo de datos viales.

H = Profundidad (mm). Para el cálculo de esta herramienta se utilizó 20 mm.

Z = Valor para el nivel de confiabilidad (distribución normal, para el cálculo de esta herramienta se utilizó 2,055 para confiabilidad de 98%).

$\sigma_{T_{airM}}^2$ = Desviación estándar de la temperatura de los 7 días consecutivos más cálidos registrados por lo menos en los últimos 20 años en la zona en estudio, (°C); se utilizaron los datos climatológicos registrados en las estaciones del SMN.

2.6.2 Temperatura mínima (°C)

Temperatura mínima esperada del pavimento asfáltico debajo de la superficie, fórmulas detalladas en la NIT SCT, N-CMT-4-05-004/18, *Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)*.

$$T_{min} = -1.56 + 0.72 T_{airm} - 0.004Lat^2 + 6.26 \log(H + 25) - Z(4.4 + 0.52\sigma_{T_{airm}}^2)^{0.5}$$

Donde:

T_{min} = Temperatura mínima esperada del pavimento asfáltico debajo de la superficie, (°C).

T_{airm} = Promedio de las temperaturas mínimas anuales del aire registradas en, al menos, los últimos 20 años en la zona de estudio, (°C) se utilizaron los datos climatológicos registrados en las estaciones del SMN.

Lat = Latitud del tramo de diseño, ($^{\circ}$); se utilizó la latitud de la estación del SMN más cercana a la ubicación de las estaciones de aforo de datos viales.

H = Profundidad (mm). Para el cálculo de esta herramienta se utilizó 20 mm.

Z = Valor para el nivel de confiabilidad (distribución normal, para el cálculo de esta herramienta se utilizó 2,055 para confiabilidad de 98%).

$\sigma_{T_{airm}}^2$ = Desviación estándar de las temperaturas mínimas anuales del aire registradas en al menos, los últimos 20 años en la zona de estudio, ($^{\circ}C$); se utilizaron los datos climatológicos registrados en las estaciones del SMN.

2.7. GRADO PG DEL PAVIMENTO

Se revisa el nivel de ajuste de los requisitos de calidad para el Grado de Desempeño (PG) de acuerdo con la intensidad de tránsito y con la velocidad de operación como se presenta en la Tabla 2. Por ejemplo, si el grado de desempeño (PG) seleccionado de acuerdo con las temperaturas máxima y mínima es PG 76-16, la intensidad del tránsito es de veinte millones (20×10^6) de ejes equivalentes de ocho coma dos (8,2) toneladas (ΣL) y la velocidad de proyecto es mayor de setenta (70) kilómetros por hora, entonces el nivel de ajuste será Alto (H) por lo que se requerirá un cemento asfáltico PG 76H-16.

En esta herramienta se utiliza la velocidad de operación superior a 70 km/h, no obstante, el usuario podrá realizar la selección correcta de acuerdo con la Tabla 2.

2.7.1 10 Años

Grado de Desempeño del cemento asfáltico que se requiere en el pavimento con ajuste por intensidad de tránsito y con la velocidad de operación proyectado para 10 años.

2.7.2 15 Años

Grado de Desempeño del cemento asfáltico que se requiere en el pavimento con ajuste por intensidad de tránsito y con la velocidad de operación proyectado para 15 años.

2.7.3 20 Años

Grado de Desempeño del cemento asfáltico que se requiere en el pavimento con ajuste por intensidad de tránsito proyectado y con la velocidad de operación para 20 años.

El uso de esta herramienta es responsabilidad de quien la utiliza. Su uso correcto servirá al proyectista para elegir el cemento asfáltico según su Grado de desempeño (PG).

Velocidad de Proyecto km/h Intensidad del tránsito (ΣL) [1]	Nivel de ajuste		
	$v > 70$	$20 \leq v \leq 70$	$v < 20$
$\Sigma L < 106$	Normal (S)	Alto (H)	Muy alto (V)
$106 \leq \Sigma L \leq 30 \times 106$	Alto (H)	Alto (H)	Muy alto (V)
$\Sigma L > 30 \times 106$	Muy alto (V)	Muy alto (V)	Extremadamente alto (E)

ΣL es el número de ejes equivalentes de 8.2 ton acumulados durante el periodo de servicio del pavimento en el carril de diseño. En ningún caso será menor de 10 años, obtenido con el método de la UNAM.

TABLA 2. Nivel de ajuste de los requisitos de calidad para el Grado de Desempeño (PG) de acuerdo con la intensidad del tránsito y con la velocidad de operación



Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Subsecretaría de Infraestructura
Dirección General de Servicios Técnicos

Selección de Asfalto según su Grado de Desempeño (PG)
Ruta: MEX-057
Carretera: San Luis Potosí - Matehuala

Del km 7+360 al km 187+390
Tramo: X. Periférico de San Luis Potosí - Matehuala

Clave: 24508
Tipo: Red Federal Libre

ID	Estación de Aforo Vial							Ejes Equivalentes					Estación Climatológica				Temperatura del aire				Temperatura			Grado PG del		
	Nombre	km	TE	SC	No. Carril por SC	Latitud	Longitud	TDPA (Carril de diseño)	Vehículos Pesados (%)	10 años (ESAL x10 ⁶)	15 años (ESAL x10 ⁶)	20 años (ESAL x10 ⁶)	Nombre	Años con Información	Latitud	Longitud	Tmáx (°C)	Desv. Std. Tmáx	Tmín (°C)	Desv. Std. Tmín	Tmáx Pav (°C)	Tmín Pav (°C)	10 años	15 años	20 años	
4173	X. Periférico de San Luis Potosí	7+360	3	1	2	22.207	-100.92	6174	21	29.18	47.35	68.4	Soledad de	62	22.18	-100.94	49	0	-1.48	3.77	72.44	-0.5	76H-16	76V-16	76V-16	
4174	X. Periférico de San Luis Potosí	7+360	3	2	2	22.207	-100.92	6170	23	31.04	50.36	72.76	Soledad de	62	22.18	-100.94	49	0	-1.48	3.77	72.44	-0.5	76V-16	76V-16	76V-16	
4175	Ventura (X. Nuevo Libramiento de SLP)	33+200	3	1	2	22.345	-100.797	5996	61	94.29	152.98	221.01	EL Terrero	28	19.43	-103.95	36.14	0.69	0.75	2.74	62.5	1.8	64V-16	64V-16	64V-16	
4176	Ventura (X. Nuevo Libramiento de SLP)	33+200	3	2	2	22.336	-100.799	6007	65	100.65	163.29	235.91	EL Terrero	28	19.43	-103.95	36.14	0.69	0.75	2.74	62.5	1.8	64V-16	64V-16	64V-16	
4177	T. Der. Villa Hidalgo	45+940	1	1	2	22.414	-100.722	6384	54	91.28	148.1	213.96	Villa Hidalgo	27	17.2	-96.183	44.57	2.07	7.17	3.87	69.8	0	70V-16	70V-16	70V-16	
4178	T. Der. Villa Hidalgo	45+940	1	2	2	22.415	-100.722	6373	60	100.65	163.29	235.91	Villa Hidalgo	27	17.2	-96.183	44.57	2.07	7.17	3.87	69.8	0	70V-16	70V-16	70V-16	
4179	T. Izq. Villa Arista	61+350	1	1	2	22.56	-100.647	5998	58	91.02	147.67	213.34	Villa Hidalgo	27	17.2	-96.183	44.57	2.07	7.17	3.87	69.79	0	70V-16	70V-16	70V-16	
4180	T. Izq. Villa Arista	61+350	1	2	2	22.56	-100.647	5916	65	100.21	162.58	234.88	Villa Hidalgo	27	17.2	-96.183	44.57	2.07	7.17	3.87	69.79	0	70V-16	70V-16	70V-16	
4181	T. Der. Guadalcázar	75+700	1	1	2	22.633	-100.523	5002	58	75.73	122.86	177.5	Guadalcázar	45	22.62	-100.4	39.57	2.88	-1.31	3.78	66.58	-0.4	70V-16	70V-16	70V-16	
4182	T. Der. Guadalcázar	75+700	1	2	2	22.634	-100.523	5065	61	81.72	132.57	191.53	Guadalcázar	45	22.62	-100.4	39.57	2.88	-1.31	3.78	66.58	-0.4	70V-16	70V-16	70V-16	
4183	T. Der. Guadalcázar	75+700	3	1	2	22.644	-100.516	4109	59	63.73	103.4	149.38	Guadalcázar	45	22.62	-100.4	39.57	2.88	-1.31	3.78	66.58	-0.4	70V-16	70V-16	70V-16	
4184	T. Der. Guadalcázar	75+700	3	2	2	22.644	-100.516	4110	65	70.47	114.32	165.16	Guadalcázar	45	22.62	-100.4	39.57	2.88	-1.31	3.78	66.58	-0.4	70V-16	70V-16	70V-16	
4185	T. Der. Cd. del Maíz	109+620	3	1	2	22.937	-100.46	3515	60	52.89	85.82	123.98	EL Huizache	39	22.93	-100.46	41.86	1.07	0.66	2.03	67.02	1.2	70V-16	70V-16	70V-16	
4186	T. Der. Cd. del Maíz	109+620	3	2	2	22.937	-100.461	3478	62	55.66	90.3	130.47	EL Huizache	39	22.93	-100.46	41.86	1.07	0.66	2.03	67.02	1.2	70V-16	70V-16	70V-16	
4187	La Bonita	171+400	1	1	2	23.477	-100.613	3830	65	65.74	106.65	154.08	La Presa	37	23.5	-100.72	39.57	0.98	-1.13	2.17	65.14	-0.3	70V-16	70V-16	70V-16	
4188	La Bonita	171+400	1	2	2	23.477	-100.613	3786	71	71.18	115.48	166.84	La Presa	37	23.5	-100.72	39.57	0.98	-1.13	2.17	65.14	-0.3	70V-16	70V-16	70V-16	
4189	Matehuala	187+390	1	1	2	23.573	-100.631	4069	64	66.22	107.44	155.22	Matehuala (DGE)	24	23.65	-100.63	39.29	1.47	-3.65	2.85	65.14	-4.4	70V-16	70V-16	70V-16	
4190	Matehuala	187+390	1	2	2	23.573	-100.631	8251	64	135.54	219.89	317.69	Matehuala (DGE)	24	23.65	-100.63	39.29	1.47	-3.65	2.85	65.14	-4.4	70V-16	70V-16	70V-16	

FIGURA 9. Tabla completa de datos

Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2017*				
N.º	No.	Carretera - Tramo	Longitud	Clasificación
1	2370	San Luis Potosí - Matehuala	192.0	ET4

Nomenclatura

ID: Número de Identificación.

TE: Tipo de Estación de Aforo.

SC: Sentido de Circulación.

No. Carril por SC: Número de carriles por sentido de circulación

Latitud: Coordenadas latitud, Grados decimales.

Longitud: Coordenadas longitud, Grados decimales.

TDPA (Carril de diseño) : Tránsito Diario Promedio Anual aforado 2018 del carril de diseño, Vehículos.

Vehículos Pesados (%): Porcentaje de Vehículos Pesados (C2, C3, T3S2, T3S3, T3S2R4, otros).

10 años (ESAL x10^6): Millones de Ejes equivalentes calculados para 10 años por el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

15 años (ESAL x10^6): Millones de Ejes equivalentes calculados para 15 años por el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

20 años (ESAL x10^6): Millones de Ejes equivalentes calculados para 20 años por el Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Años Información: Número de años con los que se cuenta información de la estación climatológica obtenidos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Tmáx (°C): Promedio de la Temperatura Máxima del aire de los 7 días consecutivos más cálidos registrados por lo menos en los últimos 20 años.

Desv. Std. Tmáx: Desviación estándar de las temperaturas de los 7 días consecutivos más cálidos registrados por lo menos en los últimos 20 años.

Tmín (°C): Promedio de las Temperaturas Mínimas anuales del aire registradas por lo menos los últimos 20 años.

Desv. Std. Tmín: Desviación estándar de las temperaturas mínimas anuales del aire registradas por lo menos en los últimos 20 años.

Tmáx Pav (°C): Temperatura máxima calculada debajo de la superficie de pavimento en el sitio.

Tmín Pav (°C): Temperatura mínima esperada del pavimento asfáltico debajo de la superficie.

10 años: Grado de Desempeño del asfalto que se requiere en el pavimento con ajuste por intensidad de tránsito para 10 años.

15 años: Grado de Desempeño del asfalto que se requiere en el pavimento con ajuste por intensidad de tránsito para 15 años.

20 años: Grado de Desempeño del asfalto que se requiere en el pavimento con ajuste por intensidad de tránsito para 20 años.

64V-16: Nivel de ajuste de los requisitos de calidad para el grado de desempeño (PG) de acuerdo con la intensidad de tránsito y con la velocidad de operación, S (Normal), H (Alto), V (Muy Alto) y E (Extremadamente Alto), de acuerdo con la norma N-CMT-4-05-004/18.

NOM-012-SCT-2-2017*: Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, con la clasificación carretera publicada en junio del 2015.

FIGURA 10. Nomenclatura de los datos de la tabla

REFERENCIAS

Normativa para la Infraestructura del Transporte de la SCT, **N-CMT-4-05-004, Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)**. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México, 2018. <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-4-05-004-18.pdf>

Norma Oficial Mexicana, **NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal**. Diario Oficial de la Federación 26/12/2017. México, 2017.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5508944&fecha=26/12/2017

Norma Oficial Mexicana, **NOM-012-SCT-2-2014, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal**. Diario Oficial de la Federación. México, 2015, http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/DGA_Normas/Especificaciones_de_veh%C3%ADculos/NOM-012-SCT-2-2014.pdf

Dirección General de Servicios Técnicos, **Manual para obtener los Volúmenes de Tránsito en Carreteras**. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México, 2016.

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual_volumen_de_transito/Manual_volumenes__2016_v2.pdf

Dirección General de Servicios Técnicos, **Datos Viales 2019**. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México, 2019.

<http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/>

Federal Highway Administration, LTPP Seasonal Asphalt Concrete (AC) Pavement Temperature Models. EUA, 1998.

Instituto de Ingeniería de la UNAM, **Instructivo para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras**. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1981.

Tinoco Zamudio, Manuel, **Historia y Evolución de las Mezclas Asfálticas en las Carreteras de México**. Asociación Mexicana del Asfalto. México, 2011.



**GOBIERNO DE
MÉXICO**