

Ref: Calle Quebrador - Revisión de estructura de pavimento existente

A. Generalidades:

De acuerdo a lo solicitado por usted, presentamos a continuación la revisión de la estructura de pavimento asfáltico mostrada en la figura A.1, según los espesores y materiales suministrados por **CONSTICA S.A**, la cual ha sido ya parcialmente colocada, a falta, únicamente de la carpeta asfáltica.

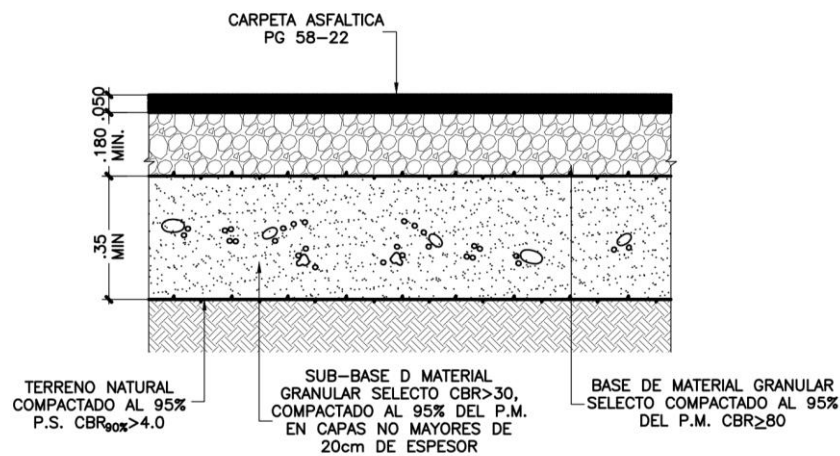


Figura A.1: Estructura de pavimento flexible suministrada por HEMECA Arquitectura S.A.

El cálculo que se detalla a continuación tiene por objetivo determinar la cantidad de ejes equivalentes de 8.2 ton que será capaz de soportar la estructura a lo largo de su vida útil, y se realiza bajo las pautas del *Método AASHTO para diseño de pavimentos flexibles de 1993*. Adicionalmente, para la determinación de los parámetros necesarios para la estimación del tráfico promedio diario, se ha consultado la *“Propuesta para una guía de diseño de bajo volumen para pavimentos flexibles y semirrígidos”* preparado por la Unidad de Gestión Municipal del **Lanamme**.

B. Propiedades de la subrasante:

De acuerdo con el informe 2021-07-7394 elaborado por **Castro & DeLaTorre**, la subrasante está constituida por suelos cohesivos naturales del sitio, y de acuerdo con los resultados consignados en el informe, se considera para esta un valor de *CBR* igual a 4. El módulo resiliente correspondiente, *MR*, se obtiene entonces por correlación con este parámetro, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$MR = 1500 \cdot CBR = 1500 \cdot 4 = 6000 \text{ psi}$$

C. Espesores y propiedades de los capas que conforman la estructura:

Para la conformación de la estructura, de acuerdo con **CONSTICA S.A.**, se consideran siguientes capas:

C.1. Subbase:

Se trata de una capa con un espesor final de 35 cm, que ha sido conformada a partir de un material granular selecto compactado al 95% del Próctor Modificado para alcanzar un *CBR* mínimo de 30.

De acuerdo con el *Método AASHTO*, se caracteriza por el número estructural a_3 , que se obtiene en este caso por correlación con el *CBR* a partir del siguiente gráfico C.1:

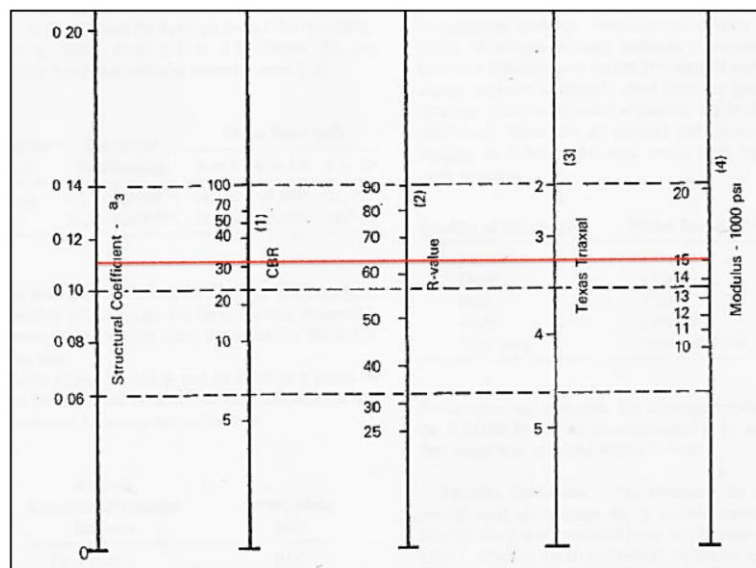


Figura C.1: Coeficiente estructural a_3 para diferentes parámetros de resistencia de la subbase.

Como se puede observar, para el valor de *CBR* considerado, la subbase se caracteriza por los siguientes parámetros:

- $a_3 = 0.110$
- $E_{SB} = 15\ 000\ \text{psi}$

Considerando un drenaje aceptable (capaz de remover el agua en término de una semana) y un tiempo de exposición de la estructura del pavimento al mas del 25% del tiempo a un nivel de humedad próximo a la saturación, se le asigna a esta capa un coeficiente de drenaje $m_3 = 0.80$.

C.2. Base:

Corresponde a una capa con un espesor final de 18 cm, conformada a partir de un material granular selecto compactado al 95% del Próctor Modificado para alcanzar un *CBR* mínimo de 80.

De acuerdo con el *Método AASHTO*, se caracteriza por el número estructural a_2 , que se obtiene en este caso por correlación con el *CBR* a partir del siguiente gráfico C.2:

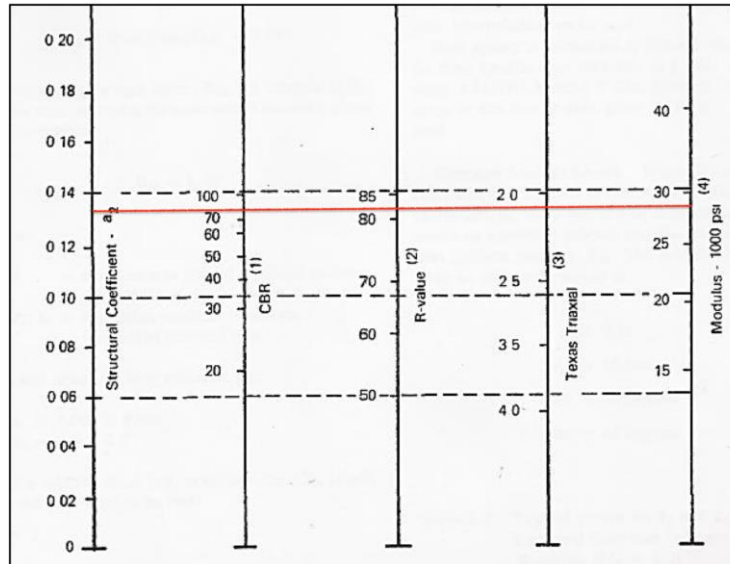


Figura C.2: Coeficiente estructural a_2 para diferentes parámetros de resistencia de la subbase.

Como se puede observar, para el valor de *CBR* considerado, la base se caracteriza por los siguientes parámetros:

- $a_2 = 0.134$
- $E_B = 28\,500$ psi

Considerando un drenaje aceptable (capaz de remover el agua en término de una semana) y un tiempo de exposición de la estructura del pavimento al mas del 25% del tiempo a un nivel de humedad próximo a la saturación, se le asigna a esta capa un coeficiente de drenaje $m_2 = 0.80$.

C.3. Carpeta asfáltica:

Para la capa asfáltica, de acuerdo con lo solicitado, se considera un espesor de 5,0 cm.

Considerando el espesor de la capa asfáltica ya indicado (h_s) y que la temperatura media en Santa Ana es de 24 °C (T_a), la temperatura efectiva para la capa asfáltica (T_s) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$T_s = (-0.0093 \cdot T_a^2 + 1.569 \cdot T_a - 1.578)(-0.084 \cdot \ln h_s + 1.55)$$

En donde las unidades de T_a y T_s son grados Celsius, y h_s está expresado en milímetros. De manera que:

$$T_s = (-0.0093 \cdot 24^2 + 1.569 \cdot 24 - 1.578)(-0.084 \cdot \ln 50 + 1.55) = 37.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Entonces, de acuerdo con el SHRP-P-654, el módulo resiliente de la carpeta asfáltica puede determinarse utilizando la siguiente ecuación:

$$\log_{10} E_{AC} = 6.464 - 0.000145 \cdot T_s^{1.94824}$$

En donde E_{AC} está expresado en 10^5 psi y T_s en grados Fahrenheit. Entonces:

$$\log_{10} E_{AC} = 6.464 - 0.000145 \cdot 99.5^{1.94824} = 5.333$$

Y, en consecuencia, $E_{AC} = 215\ 100$ psi.

Entonces, el coeficiente estructural a_1 para el asfalto, puede obtenerse a de la siguiente expresión, que describe la curva mostrada en la figura C.3.

$$a_1 = 0.184 \cdot \ln E_{AC} - 1.9547 = 0.184 \cdot \ln 215\ 100 - 1.9547 = 0.305$$

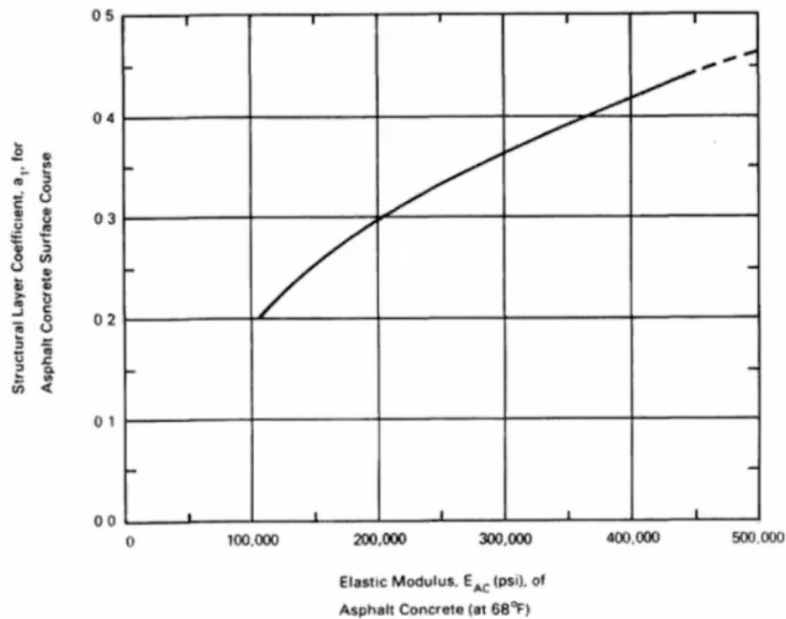


Figura C.3: Coeficiente estructural a_1 en función del módulo resiliente de la capa asfáltica.

D. Capacidad de carga de la estructura del pavimento:

La capacidad de la estructura del pavimento para resistir cargas depende del número estructural, SN , que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

En donde a_i y m_i son los parámetros de resistencia y drenaje descritos en la sección anterior y D_i es el espesor de cada capa en pulgadas.

Entonces, para el caso particular del pavimento que nos ocupa:

$$SN = 0.305 \cdot 1.969 + 0.134 \cdot 7.087 \cdot 0.800 + 0.110 \cdot 13.779 \cdot 0.800 = 2.573$$

La cantidad de ejes equivalentes de 8.2 ton, W_{18} , y el número estructural del pavimento se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$\log_{10} W_{18} = ZR \cdot S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \left[\frac{1094}{(SN + 1)^{5.29}} \right]} + 2.32 \log_{10} MR - 8.07$$

En donde:

- ZR es la desviación estándar normal, que depende del nivel de confiabilidad, R . Teniendo en cuenta que se trata de una vía colectora urbana, se considera un nivel de confiabilidad del 80%, de donde $ZR = 1.037$.
- S_0 es el error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento, que se considera en este caso igual a 0.45.
- ΔPSI es la diferencia entre el índice de servicio inicial P_0 y el final P_t , estimados respectivamente en 4.0 y 2.0, de donde, se obtiene una diferencia igual a 2.0.
- MR es, en este caso, el módulo resiliente de la subrasante, determinado en la sección B de este informe, y por lo tanto, igual a 6 000 psi.

De manera que:

$$\log_{10} W_{18} = 1.037 \cdot 0.45 + 9.36 \log_{10}(3.573) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{2.0}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \left[\frac{1094}{(3.573)^{5.29}} \right]} + 2.32 \log_{10} 6000 - 8.07$$

$$\log_{10} W_{18} = 6.062$$

De donde, finalmente se obtiene $W_{18} = 10^{6.062} = 1,153,453$ ejes equivalentes de 8.2 ton.

Sin embargo, de acuerdo con la tabla 7-2 del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, para dicho espesor de la capa asfáltica pueden considerarse como máximo la aplicación de 150,000 de ejes equivalentes de 8.2 ton, que será el dato a utilizar para la estimación del tránsito promedio diario (TPD) en la siguiente sección.

E. Estimación del Tráfico Promedio Diario inicial:

El tráfico promedio diario (TPA) y la cantidad de ejes equivalentes de 8.2 ton (W_{18}) están relacionadas mediante la siguiente expresión:

$$W_{18} = TPD \cdot \frac{A}{100} \cdot \frac{B}{100} \cdot 365 \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \cdot FC$$

En donde:

- A es el porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones), considerado en un 15%.
- B es el porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño, igual al 100%.
- r es la tasa de crecimiento del tránsito, considerada igual a 5.88%.
- n es el periodo de diseño, estimado en 15 años.
- FC es el factor de camión, igual a 2.49.

Como se ha indicado en la sección A de este informe, los valores de A , r y FC se han determinado a partir del documento “Propuesta para una guía de diseño de bajo volumen para pavimentos flexibles y semirrígidos” preparado por la Unidad de Gestión Municipal del [Lanamme](#).

Entonces, bajo las consideraciones anteriores, se estima que:

$$TPD = W_{18} \cdot \frac{100}{A} \cdot \frac{100}{B} \cdot \frac{1}{365} \cdot \frac{\ln(1+r)}{(1+r)^n - 1} \cdot \frac{1}{FC}$$

$$TPD = 1.5 \times 10^5 \cdot \frac{100}{15} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{1}{365} \cdot \frac{\ln(1+0.0588)}{(1+0.0588)^{15} - 1} \cdot \frac{1}{2.49} = 46$$

Se estima entonces, un valor de tránsito promedio diario inicial de 46 vehículos, que deberá ser revisado por las autoridades municipales, en función de los datos de volumen y composición de tránsito de los que disponen para esta ruta.

Sin más que agregar por el momento, quedamos en la mejor disposición de aclarar cualquier aspecto adicional sobre el particular.

Atentamente,