

PAVIMENTO

1) CONSIDERACIONES GENERALES

De acuerdo a los datos definidos hasta esta instancia, se planteó dos posibilidades para el dimensionado del paquete estructural, pavimento rígido para un periodo de 25 años y pavimento flexible para un periodo de 10 años, luego se evaluará la situación más rentable para definir el mismo.

2) -CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

A fines de proceder al dimensionado de los paquetes estructurales necesarios para este proyecto se adoptan criterios generales, válidos para este diseño.

A continuación se enuncian los valores adoptados, conceptos e hipótesis generales que se utilizarán en el cálculo:

1) Estructura tipo

PAVIMENTO FLEXIBLE

Se adoptó una estructura "tipo" constituida por una subbase granular de VS= 40% y una base granular de VS= 80%, donde la variable de ajuste para lograr el número estructural necesario resultó el espesor de la capa asfáltica .

PAVIMENTO RIGIDO

Se adoptó una estructura "tipo" constituida por una base granular drenante de VS= 80%, donde la variable de ajuste para lograr el número estructural necesario resultó el espesor de la losa de hormigón simple.

2) TMDA de diseño

De acuerdo a lo enunciado en el capítulo "Tránsito", se ha adoptado como tránsito de diseño el TMDA correspondiente al año de inauguración de la obra:

| |
|----------------|
| TMDA DE DISEÑO |
| 7557 |

1) Composición Porcentual del Tránsito

De acuerdo a las conclusiones del capítulo referente a tránsito se asumió siguientes composición porcentual:

Composición Porcentual:

| COMPOSICIÓN PORCENTUAL ADOPTADA | | | | | |
|---------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| CATEGORÍAS | AUTOS | OMNIBUS | CAM.S/A | CAM C/A | SEMIRR. |
| PORCENTAJE | 84.8% | 7.7% | 5.8% | 1.5% | 0.2% |

1) Cargas

Sobre este ítem se ha hecho referencia en el punto de Cargas Medias por eje del capítulo correspondiente a Tránsito.

3) CALCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

➤ DIMENSIONADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Una vez definido el número de ejes pasantes, mediante la utilización del soft de diseño de pavimento DARWIN vs. 3.1 (1997) desarrollado por AASHTO y ERES CONSULTANT, se procede al cálculo de los paquetes necesarios para cada alternativa y sus intervenciones.

➤ **Cálculo del SN Necesario**

En función de los valores de T.M.D.A. y composición porcentual del tránsito asumidos, de los que ya hemos hecho referencia, y adoptando como datos de entrada los siguientes:

DATOS DE ENTRADA:

- So (Desvío Standard) = **0.44** (s/ Tabla 4)
- Confiabilidad = **80 %** (s/ Tabla 6)

El método AASHTO aconseja que para lograr un nivel de confiabilidad del 80% en la evaluación durante el período de análisis, la confiabilidad de cada intervención será:

$$R_{\text{cada intervención}} = (R_{\text{global periodo de análisis}})^{\frac{1}{n}}$$

donde n es el número de intervenciones

- Psi (Índice serviciabilidad inicial) = **4.2** (s/ Tabla 7)
- Pst (Índice serviciabilidad final) = **2.5** (s/ Tabla 7)
- Psi= **1.7**
- MR (Módulo de Resiliencia en psi)= 1500 x C.B.R. = 1500 x 7= **10500** (Vs = 7 %)

- Nº de intervenciones:1

Se alcanza un SN necesario=3.64

➤ **Cálculo del SN adoptado**

A fin de evaluar la capacidad estructural de la estructura propuesta, se procedió a calcular el coeficiente de aporte estructural correspondiente mediante el uso de las tablas 1 Y 2 del AASHTO 1993.

Para las distintas capas del paquete propuesto, se adoptaron:

Carpeta Asfáltica:

$$a1=0.44$$

Base Granular:

$$a2=0.135$$

Subbase Granular:

$$a3=0.12$$

El número estructural se define en un perfil de i capas donde:

ai: coeficiente de aporte estructural para la capa i.

ei: espesor de la capa i

m_i: coeficiente de drenaje según **Tabla 3 (Tabla 2.6.3 AASHTO 1993)**

En primera instancia se adopta un coeficiente de drenaje m_i=1.15

$$SN=\sum_{i=1}^n a_i \times e_i \times m_i$$

En función de los valores antes mencionados, para llegar a cubrir un SN ≈3.64

se adopta una estructura de la siguiente manera:

| CAPA | ESPESOR (cm) | V.S.% | COEF.APORTE ESTRUCTURAL | COEF. mi | S.N.i |
|-------------------|-----------------|-------|----------------------------|-------------|-------|
| Carpeta Asfáltica | 8 | - | 0.44 | 1 | 1.39 |
| Base granular | 20 | 80 | 0.135 | 1.15 | 1.22 |
| Subbase granular | 20 | 40 | 0.12 | 1.15 | 1.09 |
| Subrasante | | 7 | | | |

SN TOTAL= 3.70

B) DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO

Para el dimensionado del paquete estructural, en la alternativa de pavimento rígido se plantearon dos métodos de cálculo, por el método AASHTO y por el método de la PCA, y se buscó una solución intermedia

➤ METODO AASHTO

Materiales

Se supuso un Hº con las siguientes características:

- Módulo de Rotura medio a 28 días: $S_c = 5 \text{ Mpa} = 51 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de Elasticidad del Hº a 28 días: $34000 \text{ Mpa} = 346800 \text{ Kg/c m}^2$ ($E = 4.93 \times 10^5$)
- La subrasante que tiene, según lo indica las especificaciones técnicas, un CBR= 7% se supone que tiene un módulo resiliente $M_r = 10500 \text{ Psi}$
- Como sub-base se adopta un estabilizado granular con CBR= 80% que le corresponde un módulo resiliente $E_{sb} = 19500 \text{ Psi}$ de 20 cm ≈8" de espesor

Dimensionado

Las tareas de dimensionado constaron de las siguientes etapas:

- (a) Determinación del módulo de reacción compuesto de la subrasante

Del gráfico de figura 3.3 del manual AASHTO 93 con espesor de sub-base 8", módulo resiliente de sub-base $E_{sb}=19500\text{ Psi}$, se obtuvo un módulo compuesto $K=240\text{ Pci}$

No se tiene conocimiento de una capa rígida a poca profundidad, por lo que su efecto se desprecia. Tampoco se tienen en cuenta las variaciones estacionales de la subrasante y sub-base por lo que el módulo efectivo de reacción de la subrasante y módulo de reacción compuesto coinciden.

- (b) Corrección del módulo de reacción compuesto por pérdida de soporte

Dado que se trata de una base de materiales granulares no ligados se adoptó una pérdida de soporte (LS) (Loss of support) igual a 1, dado que el clima es seco, hay un buen drenaje, y pocas posibilidades de bombeo.

Mediante el gráfico 3.6 del manual AASHTO 93 para módulo efectivo de reacción de subrasante igual a 1000 Pci y una pérdida de soporte $LS=1$, se tiene un módulo corregido igual a 185 Pci.

- (c) Adopción del coeficiente de transferencias de cargas

Para este caso, con cordones deHº y elementos de transferencia de cargas en juntas transversales y pavimento de hormigón simple, resulta un coeficiente de transferencia de cargas $J=3.1$ (s/ tabla nº8)

Metodología de cálculo

Se utilizó el Método AASHTO 1993

Se presentan a continuación en forma resumida los datos de entrada y salidas empleados.

Espesor de diseño

- Período de análisis: 25 años
- Ejes equivalentes 8.2 Tn: 24526006

- Módulo de Rotura medio del hormigón a 28 días: 5Mpa
- Módulo Elástico de elasticidad del hormigón a 28 días: 34000Mpa
- Nivel de Confiabilidad R: 80%(s/ Tabla 6)
- Desvío Normal So: 0.35 (s/ Tabla 4)
- Coeficiente de drenaje Cd: 1.15 (s/ Tabla 3)
- Coeficiente de transferencia de carga J: 3.1 (s/ Tabla 8)
- Módulo de reacción de la subrasante K para un valor soporte de 7% \approx 185 psi/in
- Índice de serviciabilidad Inicial: 4.5 (s/ Tabla 7)
- Índice de serviciabilidad Final: 2.5 (s/ Tabla 7)
- Pérdida de Valor Soporte LS=1 (s/ Tabla 9)
- Espesor de cálculo: 9.40 pulgadas (24 cm)

➤ METODO DE LA PCA

Se realizó la verificación del diseño de pavimento rígido mediante el método desarrollado por la PCA (Portland Cement Association), el mismo consiste en la determinación del espesor de la losa de hormigón, a partir del módulo de reacción de la subrasante (K), el módulo de rotura del seguridad a flexión (sf) , la vida útil para el diseño (n), y el tránsito estimado junto con su factor de seguridad.

Valores adoptados:

- Módulo de rotura a flexión del Hormigón= 51 Kg/cm²
- Módulo de reacción K de la subrasante, el cual es determinado mediante correlación con el ensayo CBR.
- Factor de Seguridad:

1.2 para calles del sistema de tránsito general con volumen tránsito pesado
1.1 para calles del sistema arterial mayor con moderado volumen de tránsito de camiones
1.0 para calles del sistema colector y local que soporten tránsito reducido de camiones

- Período de diseño o vida útil: 25 años
- Repeticiones de carga: debido a que no es conocida la distribución real de cargas, se adopta un espesor de la losa de hormigón, de manera de soportar un número ilimitado de repeticiones de carga de ejes simples de 10.6 tn y ejes tandem de 18 tn, que son las cargas reglamentarias.

RESULTADOS

Espesor de losa: 18 cm

5- REFUERZO DE PAVIMENTO

Para el pavimento flexible se plantéó un período de 25 años con dos intervenciones, la primera para una vida útil de 10 años y la segunda para 15 años.

Para el estudio de las intervenciones futuras se utilizó el soft de diseño de pavimento DARWIN vs. 3.1., el mismo plantea dos métodos y adoptamos el mayor de los dos resultados para estar del lado de la seguridad. El cálculo en ambos casos consiste en calcular el número estructural necesario para el recapado (SN_u) como la diferencia entre el número estructural para el tránsito futuro (SN_f) y el número estructural efectivo del pavimento existente (SN_{ex}).

$SN_u = SN_f - SN_{ex}$

• Component Analysis Method

En este método el número estructural efectivo del pavimento existente (SN_{ex}) es una medida de la capacidad estructural remanente del pavimento existente.

$SN_{ex} = a_1 \cdot d_1 \cdot m_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot d_3 \cdot m_3 + \dots + a_n \cdot d_n \cdot m_n$

Donde:

a_i , coeficiente estructural actual para cada capa existente i

d_i , espesor de capa existente i

m_i , coeficiente de drenaje de capa existente i

Los coeficientes estructurales asignados a materiales para pavimentos en servicio deben ser menores que los valores adoptados para los mismos materiales para la construcción nueva.

Para la selección de coeficientes estructurales de pavimentos en servicio, el método AASHTO 93 sugiere los valores que se adjuntan en la tabla N°19

• Remaining Life Method

En este método se determina la capacidad estructural existente basado en el concepto de reducir la capacidad estructural del pavimento debido a la fatiga acumulada durante el tiempo que estuvo en servicio.

La carga actual (número de ejes) es comparada con la carga total asignada al pavimento hasta alcanzar el índice de serviciabilidad final y se sustrae desde un 100% un porcentaje de vida remanente (RL). El RL es usado para obtener un Factor Condición (CF) utilizando la tabla nº 20 (Section III of the AASHTO Design Guide). El número estructural efectivo del

De acuerdo a lo antes dicho, se realizó el cálculo del recapado, y se obtuvieron los siguientes resultados:

| PAVIMENTO FLEXIBLE | |
|--|--|
| 1º INTERVENCIÓN (vida útil 10 años) | 2º INTERVENCIÓN (vida útil 25 años) |
| CARPETA ASFALTICA ESPESOR = 8 cm | RECAPADO ESPESOR = 6 cm |

6) ANALISIS ECONOMICO COMPARATIVO
PLANILLA RESUMEN DE COSTOS DE PAVIMENTO

Para realizar un análisis económico comparativo se debe tener en cuenta que el período de análisis empleado en este estudio ha sido de veinticinco (25) años a partir del momento en que se habilitan las obras .

Conforme al diseño del paquete estructural, para el pavimento flexible se realiza una intervención en el año once (11) que consiste en una carpeta asfáltica, cuyo espesor se determinará para cada caso más adelante, no realizándose ninguna otra mejora en el resto del período de estudio. El valor residual para esta variante se ha considerado nula

Para el pavimento rígido no se ha considerado ninguna intervención en todo el período de estudio.

Para ambos casos se ha estimado el monto de las obras de conservación de rutina, siguiendo los lineamientos de la Dirección Nacional de Vialidad, adoptándose para el caso del pavimento rígido un valor fijo anual de quinientos pesos por kilómetro (500 \$/Km-año) a partir del cuarto año de vida de la estructura, mientras que para el caso de pavimento flexible se ha adoptado un valor de dos mil pesos pesos por kilómetro (2000 \$/Km-año) a partir del segundo año de vida de la estructura. A continuación se adjunta, habiendo realizado el cálculo del paquete estructural necesario para las dos variantes , rígido y flexible, una planilla de costos y un flujo de caja para obtener el más rentable de ambos.