

Proyecto de Desarrollo Sustentable Cuenca Matanza – Riachuelo

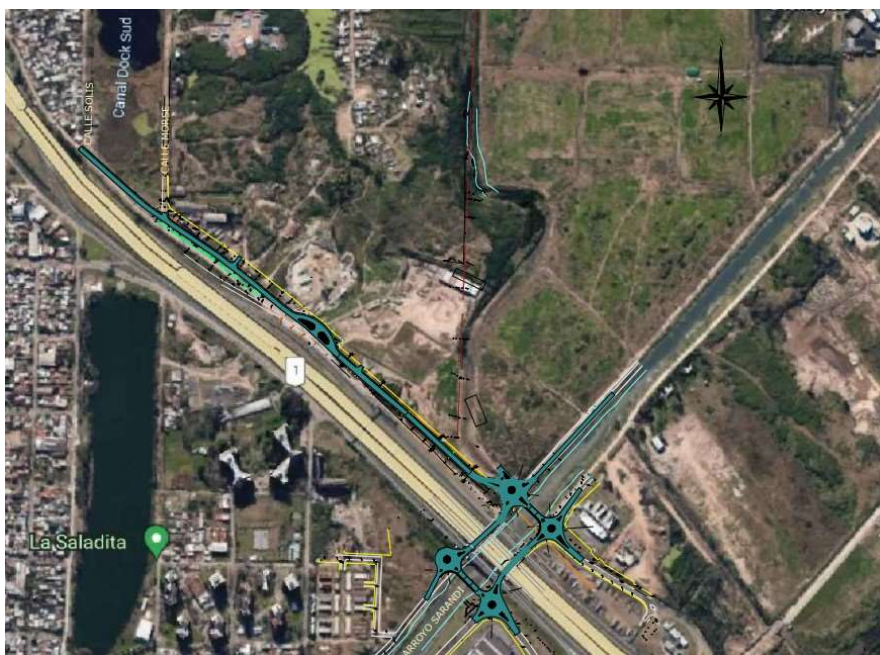
Préstamo BIRF 7706-AR - Préstamo BIRF 9008-AR

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS

1 OBJETO

Este informe tiene por objeto presentar el diseño de las estructuras de los pavimentos a ejecutar sobre el Arroyo Sarandí y Autopista Buenos Aires – La Plata.

En el siguiente esquema se indican los pavimentos a ejecutar:



2 OBRAS PROPUESTAS - TIPOLOGÍAS DE PAVIMENTO

Para este informe se plantean 2 tipologías de pavimento.

2.1. Carpeta de desgaste sobre la estructura del puente.

Se propone colocar, como capa de rodamiento, una carpeta desgaste de Concreto Asfáltico tipo CAC D20 en 5 cm de espesor con asfalto convencional sobre la superestructura del puente a construir.

Cabe destacar que, por tratarse de una carpeta de desgaste, para esta tipología no se requiere una verificación debido a que la superestructura del puente será que satisfaga los requerimientos estructurales.

2.2. Pavimento Rígido sobre el resto de los pavimentos (Cruces, calles y rotondas)

Para el resto de los sectores se propone ejecutar la siguiente estructura:

- Pavimento de hormigón (resistencia a la flexión 45 kg/cm² a los 28 días) en 22 cm de espesor. Con pasadores.
- Film de polietileno de 200 µm.
- Subbase de suelo Cemento (resistencia a la compresión 21 kg/cm² a los 7 días) en 15 cm de espesor.
- Relleno de suelo seleccionado en 30 cm de espesor total, colocado en dos capas de 15 cm de espesor cada una. Dicha capa deberá alcanzar un VSR> 8% al 95% de la densidad seca máxima
- Escarificado e incorporación de cal (3%) a fin de generar una base de asiento mejorada con cal en 0,30 m de espesor y VSR>5% al 90% de la densidad seca máxima
- Excavación para retiro de suelo vegetal y/o cumpliendo con los niveles altimétricos proyectados.

		Espesor
	Pavimento de hormigón	22,0 cm
	Film de polietileno 200 µm	-
	Subbase de Suelo Cemento	15,0 cm
	Relleno de Suelo seleccionado. CBR>8%	15,0 cm
	Relleno de Suelo seleccionado. CBR>8%	15,0 cm
	Mejoramiento de la Base de asiento con Cal. CBR> 5%	30,0 cm

3 VERIFICACIÓN DE OBRAS PROPUESTAS

A continuación, se desarrolla la verificación de la estructura de pavimento rígido propuesta, siguiendo la metodología de la Portland Cement Association (PCA).

3.1. TRÁNSITO

Dado que no se cuenta con datos específicos de tránsito, el diseño estructural se realiza teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

La flota de vehículos que circularán por estas calles estará compuesta por: autos, camionetas y principalmente camiones simples, camiones con acoplado y camiones semirremolques. En particular, se considera que circularán camiones de gran debido a el sector se emplaza en una zona fabril. Para el diseño, se considera que circularán 1000 camiones diarios.

3.2. Determinación del Número de Pasadas en el carril de diseño

Para el cálculo de pasadas de vehículos, que permiten el cálculo de los pavimentos rígidos, se ha utilizado el método de la Portland Cement Association (PCA) y se han considerado para el análisis los siguientes parámetros:

- Factores de direccionalidad (Fd): 0,5.
- Factor de distribución por carril (Fc): 1,0.
- Período de diseño: 25 años.
- Se ha adoptado una tasa de crecimiento fija y constante del 3%.
- Omisión de los vehículos livianos (autos, camionetas, combis, etc) en el diseño por su baja incidencia en el mismo.
- Porcentaje de vehículos pesados:

VEHICULOS PESADOS	DE EJES	POR TIPO
Camión sin acoplado	1 - 1	10.0%
	1 - 2	10.0%
Camión con acoplado	11 - 12	10.0%
	12 - 12	10.0%
Semi remolque	1 - 1 - 2	10.0%
	1 - 2 - 2	30.0%
	1 - 2 - 3	20.0%
TOTAL		100%

Basado en este porcentaje de vehículos, se obtiene el siguiente número de pasadas de camiones: 9.807.687.

A partir de este número, se calcula el número de ejes de cada tipo de la siguiente manera:

- $N^{\circ} \text{ ejes simples} = N^{\circ} \text{ S/A} + 2x N^{\circ} \text{ C/A} + N^{\circ} \text{ Semis}$
- $N^{\circ} \text{ ejes duales} = N^{\circ} \text{ C/A}$
- $N^{\circ} \text{ ejes Tridem} = N^{\circ} \text{ Semis}$

Los ejes delanteros no se tienen en cuenta en el cálculo de pavimentos rígidos por su baja incidencia en la fatiga del mismo.

EJE DUAL	EJE TANDEM	EJE TRIDEM
3.326.908	8.649.960	1.330.763

Para los tres tipos de ejes, Simples, Dobles y Trídem, se considera que el 100 % circulará con la carga legal máxima.

Se realizó la verificación de los pavimentos siguiendo la metodología desarrollada por la PCA.

Los parámetros de diseño adoptados fueron los siguientes:

- Resistencia a la flexión a 28 días: 45 kg/cm²
- Período de diseño: 25 años
- Factor de seguridad de cargas: 1,20
- Transferencia de carga: con pasadores y con banquetas de hormigón.

PAVIMENTO DE HORMIGON

Datos para el Cálculo del Espesor del Pavimento

1. CBR Subrasante (%):								8
2. Datos de la Subbase								
a	Posee Subbase (SI/NO):							SI
b	Tipo de Subbase (Granular o Cementada, G/C):							C
c	Espesor de subbase (cm):							15
3. Módulo de Reacción (Subrasante o Combinación Subrasante/Subbase, kg/cm3):								16.3
4. Resistencia a la flexión MR (kg/cm2):								45
5. Período de diseño (años):								25
7. Factor de Seguridad de cargas:								1.20
8. Transferencia de Carga								
a	Junta (Con o Sin Pasadores, CP/SP):							CP
b	Banquina (Con o Sin Banquina de Hormigón, CBH/SBH):							CBH

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE

Ejes simples			Ejes Dobles			Ejes Triples		
Cargas (tn)		Cantidad de Ejes	Cargas (tn)		Cantidad de Ejes	Cargas (tn)		Cantidad de Ejes
17.0			27.2			30.0		
15.4			25.4			29.0		
14.5			23.6			28.0		
13.6			21.8			27.0		
12.7			18.0	100.0%	8,649,960	26.0		
11.8			16.2			25.5	100.0%	1,330,763
10.9			14.4			24.0		
10.5	100.0%	3,326,908				23.0		
9.5						22.0		
8.6						21.0		
7.3						20.4		
6						19		
5						18		
4								
3								
2								
1								
Total ejes:		3,326,908	Total ejes:		8,649,960	Total ejes:		1,330,763

Esesor de Diseño (cm):							22
				Consumo de fatiga (%):			
				Erosión (%):			

CALCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO - METODO PCA

PLANILLA DE RESULTADOS

Esesor estimado (cm) :	22 cm	Junta con pasadores :	Si
"k" Subrasante - Subbase :	16 kg/cm ³	Banquina de Hormigón :	Si
Módulo de Rotura "MR" :	45 kg/cm ²	Posee Subbase :	Si
Factor de Seg. de Cargas "FSC" :	1.2	Tipo :	Cementada
Período de Diseño :	25 años	Esesor :	15 cm

Cargas de ejes	Carga por FSC	Repeticiones Esperadas	ANALISIS POR FATIGA		ANALISIS POR EROSION	
			REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO DE FATIGA (%)	REPETICIONES ADMISIBLES	DAÑO POR EROSION (%)
1	2	3	4	5	6	7

EJES SIMPLES

8. Tensión Equivalente :	10.58	10. Factor Erosión:	2.19
9. Factor de Rel. de Tens.:	0.235		

10.5	12.6	3,326,908	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
9.5	11.4	0	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
8.6	10.3	0	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
SUMA PARCIAL		3,326,908		0.00		0.00

EJES DOBLES

11. Tensión Equivalente :	8.83	13. Factor de Erosión:	2.20
12. Factor de Rel. de Tens.:	0.196		

18.0	21.6	8,649,960	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
16.2	19.4	0	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
14.4	17.3	0	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
SUMA PARCIAL		8,649,960		0.00		0.00

EJES TRIPLES

14. Tensión Equivalente :	7.15	16. Factor de Erosión:	2.23
15. Factor de Rel. de Tens.:	0.159		

25.5	30.6	1,330,763	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
23.0	27.6	0	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
20.4	24.5	0	Ilimitado	0.00	Ilimitado	0.00
SUMA PARCIAL		1,330,763		0.00		0.00

CONSUMO DE FATIGA 0.0 %

DAÑO POR EROSION 0.0 %

Se verifica que las estructuras responderán de manera satisfactoria a las cargas impuestas.

3. DISEÑO DE BARRAS DE UNIÓN Y PASADORES

➤ Diseño de las barras de unión

Las barras de unión se colocan para evitar la separación de los bordes de losas adyacentes, manteniéndolas juntas.

Calculada la separación entre barras de unión, que de acuerdo con la experiencia no debe ser mayor a 75 cm, la separación entre la barra de unión extrema y la junta debe ser la mitad de aquella. Las barras se deben ubicar en la mitad del espesor de la losa, en las juntas longitudinales.

A continuación, se efectúa el cálculo del diámetro y la separación de las barras de unión, siguiendo la metodología PCA. Para este caso se propone la utilización de acero conformado tipo III.

$$A_s = \frac{\gamma_c h L' f_a}{f_s}$$

En donde:

A_s = Área requerida de acero por unidad de longitud de la losa.

γ_c = Peso volumétrico del concreto

h = Espesor del pavimento.

f_a = Coeficiente promedio de fricción entre la losa y el terreno de soporte, que normalmente se considera de 1.5

f_s = Esfuerzo permisible en el acero.

L' = Distancia desde la junta longitudinal hasta el borde libre donde no existe barra de amarre. Para autopistas de 2 o 3 carriles, L' es el ancho del carril. Si las barras de amarre se usan en las tres juntas longitudinales de una carretera de 4 carriles, L' es igual al ancho del carril para las dos juntas exteriores y el doble del ancho para la junta interna.

Parámetro	valor
γ_c (peso unitario del hormigón)	2.400 kg/m ³
f_a (fricción entre losa y soporte)	1,8
f_s (tensión admisible del acero)	2.400 kg/cm ²
L' (distancia a borde libre)	3,65 m
h (espesor de losa)	22 cm
A_s (área requerida de acero por unidad de longitud de losa)	1,45 cm²/m

Para un ancho de losa de 3,65 m se obtiene $f_e = 1,45 \text{ cm}^2/\text{m}$. Adoptando $\phi 12$ (sección $A_{su} = 1,13 \text{ cm}^2$), la separación máxima se calcula como $A_{su} / A_s = 0,78 \text{ m}$. Se verifica que la separación de 75 cm es suficiente.

La longitud mínima de las barras de unión se obtiene a partir de la fuerza de adherencia entre barra y hormigón, mediante la siguiente fórmula:

$$t = 2 (A_1 \cdot f_s / \mu \cdot \Sigma o)$$

Donde:

t = Longitud de la barra de amarre.
 μ = Esfuerzo permisible.
 A_1 = Área transversal de una barra.
 Σo = Perímetro de la barra.

Para un diámetro de barra d, $A_1 = \pi d^2 / 4$ y $\Sigma o = \pi d$, así que la ecuación anterior se simplifica a:

$$t = \frac{1}{2} [(f_s \cdot d) / \mu]$$

La longitud "t" se debe incrementar en 3 in. por desalineamiento.

Parámetro	valor
f_s (tensión admisible del acero)	2.400 kg/cm ²
μ (adherencia acero-hormigón para barras corrugadas)	20 kg/cm ²
d (diámetro de barra)	12 mm
t (longitud de la barra de amarre corregida por desalineamiento)	80 cm

Entonces, las barras de unión estarán configuradas de la siguiente manera:

Barras de unión	
Diámetro	12 mm
Longitud	80 cm
Separación	75 cm

➤ Diseño de pasadores

Según el Método PCA, en función de un espesor de 22 cm se recomienda utilizar la siguiente configuración de pasadores:

Pasadores	
Diámetro	25 mm
Longitud	48 cm
Separación	30 cm

4. DISPOSICION Y TIPOS DE JUNTAS

Ver plano adjunto.