

INFORME SOBRE ALGUNOS ASPECTOS DE PROYECTO DE LOSAS DEL ESTUDIO PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RÍGIDO DE LA VÍA Terciaria DEPARTAMENTAL DESDE EL CORREGIMIENTO SAN DIEGO HASTA EL SECTOR LA ABISINIA DEL CORREGIMIENTO EL PLAYÓN MUNICIPIO DE LIBORINA ANT.

#### ANTECEDENTES

En el informe Pavimento Rígido del Corregimiento de San Diego se diseñaron losas con geometría de 2.00m de ancho por 2.00m de largo, espesor de 0.19m sobre subbase granular de CBR 30%.

El modulo de rotura del concreto fue de 4.20 MPa, se utilizó metodología de la PCA y verificación o comprobación de la estructura con el Manual de Diseño de Pavimentos Rígidos del INVIAS.

Se consulta sobre la viabilidad de hacer losas de 2.00m de ancho y 3.00m de largos y el efecto de la construcción monolítica de los bordillos a diferencia de construirlos por separados.

Existe una tendencia a realizar losas cortas debido a los beneficios sobre el comportamiento de esta a efecto de las cargas; las losas cortas atienden solo un eje del vehículo tipo camión, mientras que las losas largas podrían albergar o todo el camión o un tren de eje mayor por lo que sufriría mayores deformaciones y tendría que soportar mayores esfuerzos.

Los esfuerzos de tensión en los pavimentos rígidos son soportados o controlados por el parámetro denominado módulo de rotura (MR) que no es mas que la resistencia a flexo tracción del concreto; si la losa no es reforzada ese será el único parámetro de control.

También es sabido que los mayores esfuerzos se producen en los bordes, las esquina y en centro de la losa.

Se hace un análisis analítico de la situación de una losa cargada y con las dimensiones de 3.00m de largo y 2.00m de ancho, considerando que la relación largo ancho llegaría al extremo que algunos autores consideran como aceptables y es 1.5.

#### DISTANCIA ENTRE LOSAS (JUNTA TRANSVERSAL)

Una adecuada separación longitudinal de las losas del pavimento rígido es efectiva para la reducción de esfuerzos por deflexión, esto disminuye el agrietamiento en las losas.

El espaciado de las juntas depende en gran medida del entorno local, los materiales y la subrasante. Primero, los cambios de temperatura esperados influirán en las tensiones de alabeo de la losa. En general, cuantos mayores sean los cambios de temperatura, menor debe ser el espacio entre juntas. En segundo lugar, los materiales dentro de la losa de pavimento rígido (el agregado grueso es una preocupación principal) influirán en el coeficiente térmico de la losa. Cuanto mayor sea el coeficiente térmico, más se encogerá y expandirá una losa para un cambio de temperatura dado. Generalmente, las losas hechas con árido grueso calizo tienen coeficientes térmicos más bajos, mientras que las losas hechas con cuarzo o arenisca tienen coeficientes térmicos más altos. En tercer lugar, a medida que la losa se expande y contrae, la resistencia friccional que ofrece el material base

también influirá en las tensiones de la losa. En general, cuanto mayor sea la resistencia friccional, mayores serán las tensiones de la losa.

El espaciamiento de las juntas también está relacionado con el espesor de la losa. En general, cuanto más delgada es una losa, mayores son las tensiones de alabeo y, por lo tanto, más corta debe ser la separación entre juntas. Como regla general, el espacio entre juntas debe ser menor a aproximadamente 24 veces el espesor de la losa. Por lo tanto, una losa de 190 mm no debe tener juntas separadas más de 4.56 m. Además, como guía general, la relación entre la longitud de la losa lateral más larga y la longitud de la losa lateral más corta debe mantenerse por debajo de 1.25.

La FHWA (1990) recomienda que la relación  $L/\ell$  (longitud de la losa dividida por el radio de rigidez relativa) no supere 5,0 al determinar la longitud máxima de la losa.

Para determinar el radio de rigidez relativa se utiliza la siguiente expresión.

$$\ell = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}}$$

Donde:

$\ell$ : radio de rigidez relativa de la losa (pul)

E: Modulo de Elasticidad del concreto (psi)

H: espesor de losa (pul)

$\mu$ : relación Poisson del concreto (valor típico 0.15)

K: Modulo de reacción del suelo o soporte. (pci)

Del diseño se obtienen los siguientes datos:

Tabla 1 Datos del diseño

Parámetro	SI	Ingles
Espesor de losa	0.19 cm	7.48 in
Ancho de losa	2.0cm	78.74 in
Modulo de rotura del concreto	4.1 MPa	583 psi
k módulo de reacción subrasante	116.99 MPa/m	427 pci
E: Modulo de elasticidad del concreto	20,636 MPa	3,000,000 psi

El radio de rigidez relativa de las losas acá referidas seria de 22.4 pul (56.9cm)

La geometría de mejor desempeño corresponde a losas cuadradas.

Siendo así se tiene los siguientes valores máximos de losa.

Tabla 2 Máxima distancia entre losa

Parámetro	Separación Junta (m)	Máximo
24 veces el espesor	4.56	
1.25 ancho de losa	2.50	
Por radio de rigidez relativa	2.80	

El utilizar separaciones mayores a las recomendadas por algunas Agencias que garantizan un adecuado comportamiento de las losas en el control de fisuras de tracción tempranas, se debe realizar el chequeo de los esfuerzos inducidos por esas nuevas condiciones y disponer de un muy adecuado control de calidad de los materiales, así como la superficie de soporte de las losas, intentado, entre otras cosas, una superficie uniforme, adecuadamente compactada y de la mayor lisura posible, sin materiales que generen trabazón adicional entre la losa y la superficie de soporte.

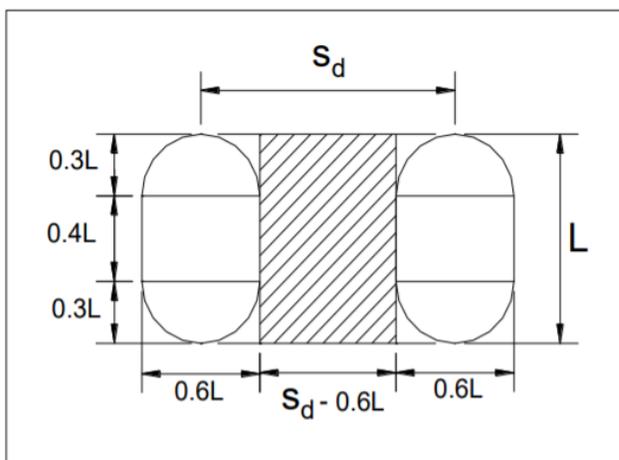
Dicho lo anterior se hace el chequeo de esfuerzos críticos de una losa de 2.0m de anchos y 3.0m de largo (relación entre lados de 1.5) y relación referida a la rigidez relativa de 5.27.

Para un eje de 8.2 ton el área equivalente cargada es de 282.9 plg<sup>2</sup>.

Tabla 3 Datos para modelación FEM

Pd carga en <u>UNA</u> llanta (lb)	4519.5	20.10	kN
Presión de contacto (psi)	80	552	kPa
Sd separación entre llantas (pul)	12.70	32.26	cm
L (pul)	10.40	26.41	cm
Área circular equivalente (plg <sup>2</sup> )	180.17	1162.39	cm <sup>2</sup>
a, Radio de carga equivalente (pul)	7.57	19.24	cm

Figura 1 Configuración de adaptación de modelos rueda doble a rueda única



Por la teoría de Westergaard se determinan los esfuerzos máximos en borde, esquina y centro. La carga para considerar es un eje trasero de 8.2ton.

Tabla 4 Esfuerzos máximo según Westergaad

	Stress (psi)	Deflection (in.)
Interior	165.9	0.0051
Edge	268.7	0.0133
Corner	175.1	0.0283

Se realiza modelo FEM con el programa EverFe a efecto de verificar de las placas cargadas de acuerdo con eje legal vigente, en la situación mas critica, que es el borde y en la esquina.

Figura 2 Modelos Elementos Finitos losas cargadas

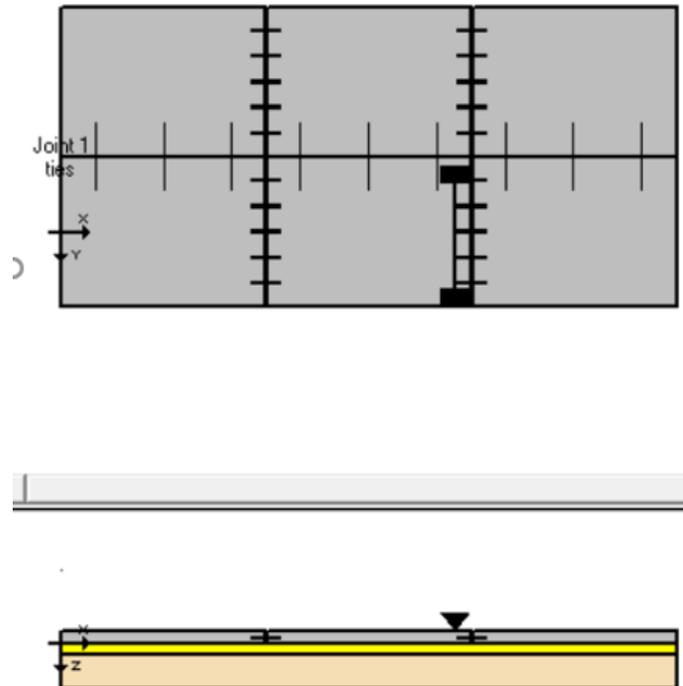


Figura 3 Diagrama de “calor” de estado de esfuerzos en las losas cargadas

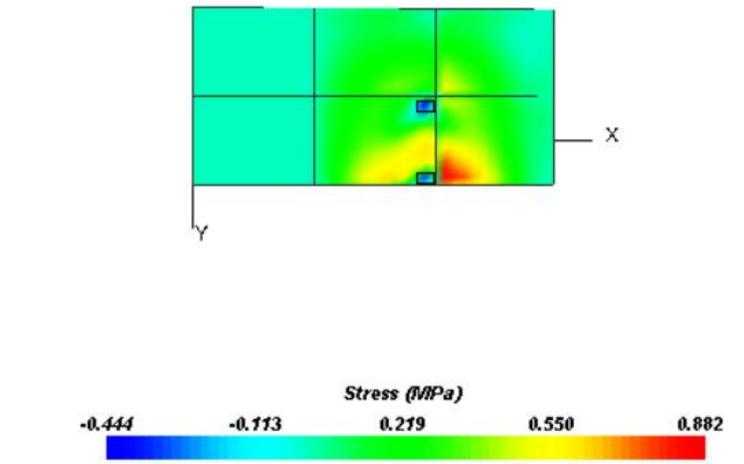


Figura 4 deformada (exagerada en vertical) de las losas cargadas

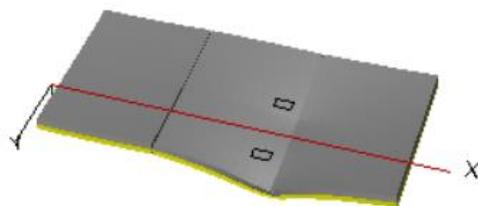


Tabla 5 Esfuerzos máximos en estado de carga planteado FEM

**Max/min Principal Stress Values per Slab:**

<b>MAX: 0.231673MPa</b> X: 2999.95mm Y: -1100.05mm Z: -0.01mm <b>MIN: -0.110446MPa</b> X: 2999.95mm Y: -3299.95mm Z: -0.01mm	<b>MAX: 0.775501MPa</b> X: 6012.65mm Y: -1100.05mm Z: -0.01mm <b>MIN: -0.428937MPa</b> X: 5762.66mm Y: -1100.05mm Z: -189.99mm	<b>MAX: 1.22846MPa</b> X: 6025.45mm Y: -1100.05mm Z: -0.01mm <b>MIN: -0.445536MPa</b> X: 6275.44mm Y: -1283.38mm Z: -0.01mm
<b>MAX: 0.216527MPa</b> X: 2999.95mm Y: 1099.95mm Z: -0.01mm <b>MIN: -0.079294MPa</b> X: 2749.96mm Y: 549.975mm Z: -189.99mm	<b>MAX: 1.30738MPa</b> X: 5762.66mm Y: 1099.95mm Z: -0.01mm <b>MIN: -1.55438MPa</b> X: 6012.65mm Y: 1099.95mm Z: -0.01mm	<b>MAX: 1.28588MPa</b> X: 6025.45mm Y: 1099.95mm Z: -0.01mm <b>MIN: -0.785651MPa</b> X: 6275.44mm Y: 916.625mm Z: -0.01mm

El esfuerzo máximo es de -1.55 MPa, equivalente a 255 psi, que puede ser soportado por la losa, considerando con un factor de seguridad superior a 2.0. Aquí se incluye el aporte de las dovelas de transferencia, que de alguna manera ayuda, para que el efecto sea menos crítico que el reportado por los modelos de Westergaard.

#### SARDINEL MONOLITICO CON LA LOSA.

El diseño de pavimento se puede realizar con condiciones de fronteras en confinamiento lateral o no; este confinamiento lo puede producir los andenes, las bermas o cualquier elemento que aumente la rigidez de la discontinuidad lateral de las losas, es el caso de los sardineles monolíticos, que dada su mayor inercia y su canto generan situaciones de control, principalmente a las deformaciones verticales; por lo tanto es válido el realizar este tipo de confinamiento monolíticamente con las losas, siempre y cuando se disponga de refuerzos tipo aros y longitudinales que garanticen la acción monolítica del sistema.

#### DISMINUCION DE LARGO DEL PASADOR DE TRANSFERENCIA DE 35cm A 30cm

Esta Consultoría no considera apropiado hacer simultáneamente modificación del largo de las losas y disminuir la longitud o dimensiones de las losas; ya que este elemento colabora, en forma efectiva, a la transferencia de cargas y al control de esfuerzos; además la cercanía a la junta de

final del pasador genera una concentración de esfuerzos que se puede traducir en una rotura prematura de la losa (en forma transversal), precisamente por la línea del final de los pasadores.

#### CONCLUSION

Modelado algunos aspectos de la operación de un sistema particular de pavimento rígido se puede concluir lo siguiente:

- 1.0 Se debe disponer de todos los requerimientos necesarios en obra, para que los pavimentos diseñados se comporten semejante a como se diseñaron esto es, en este caso, disponer de superficies lisas y bien compactadas, como base de las losas de concreto hidráulico. Igual un adecuado control de calidad en los materiales del concreto, la disposición de este y el cumplimiento de la resistencia a flexo tracción de diseño.
- 2.0 El aumentar la longitud de las losas incrementa los esfuerzos en borde, esquina o centro. El aumentarla de 2.0m a 3.0m esta en el imite máximo permitido por algunas agencias, que incluso recomienda, algunas, un máximo de 1.25. en este caso particular y luego de modelos FEM se concluye que el aumentar el largo hasta 3.0m es factible y el factor de seguridad por tracción es de 2.0 aceptable en este tipo de diseños.
- 3.0 El confinamiento lateral de los pavimentos rígidos se puede dar con elementos rígidos que restringe el movimiento lateral de las losas o por mayor inercia proporcionada por sardineles monolíticos laterales, construidos apropiadamente de tal manera que se garantice la acción tipo "viga" de la parte final de las losas.
- 4.0 No se recomienda disminuir la longitud de los pasadores, debido a la concentración de esfuerzos que se dan en una zona sensible por continuidad de carga, y se podría inducir la falla transversal paralela a la junta por los esfuerzos concentrados al final del pasador.



JOSE JOAQUIN LARA RUIZ., MI

#### BIBLIOGRAFIA

Federal Highway Administration. (1990). Concrete Pavement Joints, Technical Advisory T 5040.30.  
*Federal Highway Administration.*