

PAVIMENTO DE HORMIGÓN SIN JUNTAS LA SOLUCION POSTESADA

Ing. Aldo Loguercio (*)
Socio AIE

RESUMEN

Normalmente, el propósito de las juntas de contracción en pavimentos es predefinir la posición de las grietas. En pavimentos de hormigón simple, donde la fricción con la sub base es crítica, es común que la separación entre juntas se defina entre 4 a 5 m de separación. Con los actuales requerimientos de arquitectos y propietarios de contar con naves industriales cuyo destino sea para estanterías con el uso de autoelevadores modernos, es creciente la especificación de pavimentos sin juntas. La solución de hormigón postesado permite separación entre juntas de entre 30 a 100 m, agregando la ventaja de la eliminación del alabeo en los extremos y una elevada capacidad de carga.

En el presente trabajo se hace un resumen de la normativa vigente en la materia (Normas ACI), el análisis de algunas ecuaciones de cálculo y sus consecuencias en la práctica, se discuten detalles constructivos y de diseño, cuantías mínimas, métodos de llenado, preparación de la sub base, tensado por etapas, y se comentan experiencias del autor en Argentina: PSA Peugeot Citroen Centro Logístico Pacheco: 21.000 m² con juntas cada 100 m y cero fisuras.

ABSTRACT

In general, the purpose of contraction joints in slabs on grade is to define the position of cracks. In concrete slabs on grade, where friction with sub base is critical, the distance between joints is 4 to 5 m. With the new requirements of Architects and owners to have industrial floors for modern stackers and forklifts, is becoming more common the specification of slab on grade without joints.

In this paper, the author makes a summary of the Standard Codes (ACI), the analysis of some equations and their consequences. Design and construction details are discussed, minimal quantities, pouring methods, sub base preparation, post tensioning by steps. Finally the author comments his experience in Argentina: PSA Peugeot Citroen Centro Logístico Pacheco: 21.000 m² with a joint distance of 100 m and no cracks.

(*) El autor es Gerente General del Sistema de Postesado VSL en Argentina.
Ingeniero Civil UBA.

Experiencia en diseño y ejecución de estructuras metálicas y de hormigón armado y pretensado. En los últimos 10 años ha ejecutado más de 100 obras de hormigón postesado.

Ha participado en carácter de conferencista en el ciclo de conferencias "Diseño y Construcción de Pisos Industriales" dictado por el Comité del ACI 360, ASTM y PTI en varios países de Latinoamérica.

INTRODUCCION

Definimos como *pavimento o losa sobre terreno* a una losa, soportada en forma continua por el terreno, cuyo propósito principal es soportar las cargas aplicadas apoyándose en el terreno.

Los esfuerzos en los pavimentos son resultado tanto de las cargas exteriores impuestas, como los esfuerzos derivados de los cambios de volumen del hormigón.

Westergaad¹ desarrolló una de las primeras teorías rigurosas sobre el comportamiento estructural de los pavimentos rígidos, considerando una losa homogénea, isotrópica y elástica, apoyada sobre una subrasante ideal que ejerce en todos los puntos una reacción vertical proporcional a la deflexión de la losa (subrasante de Winkler). La constante de proporcionalidad K en unidades de presión por unidad de profundidad, es conocida como módulo de reacción de la subrasante o coeficiente de balasto. La mayoría de los métodos de diseño recomendados por distintos autores utilizan este modelo básico o con algunas correcciones.

La primera conclusión obvia a la que podemos arribar es que el aumento de la resistencia del suelo a tomar carga, mejora la capacidad de carga del pavimento.

El módulo de reacción de la sub rasante depende del tipo de suelo, el grado de compactación y del contenido de humedad.

En muchos casos suele resultar rentable el remplazo de una capa de suelo por otro de mejores características, o incluso el mejoramiento del módulo de reacción mediante el agregado de una sub base estabilizada de suelo cemento. (Fig 1)

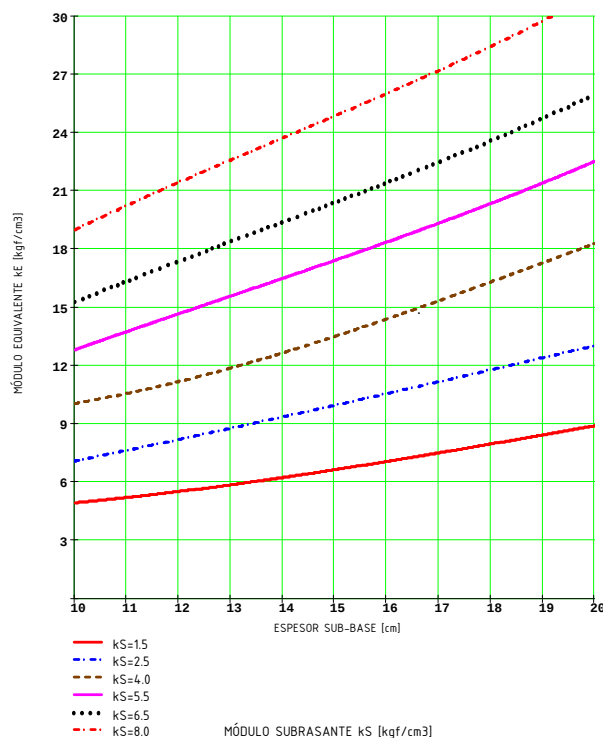


Fig. 1. Influencia de la sub base de suelo cemento en el módulo de reacción de la sub rasante.³

Por ejemplo: si contamos con un $K_S=4 \text{ kg/cm}^3$, y le agregamos una sub base de 15 cm de espesor de suelo cemento estabilizado, podremos contar con un módulo equivalente $K_e=12,5 \text{ kg/cm}^3$.

NECESIDADES ARQUITECTÓNICAS DEL MERCADO ACTUAL

El diseño convencional de losas de hormigón para pavimentos industriales depende de las juntas de contracción para controlar las grietas por retracción y alabeo. El propósito de las juntas de contracción es predefinir la ubicación de las grietas por motivos de estética y de funcionamiento. Al hacer que las juntas estén más cercanas (generalmente entre 4 y 5 m de separación) se logra disminuir e incluso evitar las grietas de retracción. Sin embargo, aumentar la cantidad de juntas tiene efectos indeseables en la funcionalidad del pavimento y en los costos de construcción y de mantenimiento.

Debido al incremento en el costo de terrenos y edificaciones, se observa una tendencia hacia el uso más eficiente de los espacios en depósitos. Esto conduce al diseño de pasillos más agostos, mayor altura de apilado de cargas y el uso de equipos de manipuleo más automatizados.

Con los actuales requerimientos de arquitectos y propietarios de contar con naves industriales cuyo destino requiera estanterías y el uso de autoelevadores modernos, es creciente la especificación de pavimentos sin juntas.



Fig (2). Uso creciente de estanterías y autoelevadores en pisos industriales, con requerimiento de eliminación de juntas. (Obra: Planta Bayer, Pilar)

LA SOLUCIÓN POSTESADA

El postesado consiste en comprimir el hormigón a través de cables de acero de alta resistencia. Son colocados dentro del hormigón y tesados con una fuerza de diseño al momento en que el hormigón es capaz de distribuir la fuerza de compresión. Se utilizan cables de acero dispuestos en línea recta, a la altura media del espesor de la losa. El postesado provoca que el hormigón quede en compresión, proporcionándole capacidad de carga adicional. El postesado es una técnica especialmente recomendable en pavimentos industriales para soportar elevadas cargas concentradas, así como son comúnmente usados en suelos inestables o expansivos.

La solución de hormigón postesado permite una separación entre juntas de entre 30 a 100 m, agregando la ventaja de la eliminación del alabeo en los extremos y una elevada capacidad de carga.

Las principales ventajas del uso de pavimentos postesados son:

- *Mayor espaciamiento o hasta eliminación de juntas de contracción.* Al eliminar el 90 % de las juntas constructivas y juntas de contracción, se elimina el 90 % de los problemas futuros de las losas sobre terreno.
- *Disminución de espesor de losa,* por aumento de la capacidad de carga.
- *Eliminación del alabeo en esquinas.* Es la causa más común de roturas en pavimentos de hormigón armado o simple.
- *Resiliencia.* Es improbable que una losa soportada sobre terreno tenga una deflexión tal como para exceder el límite de fluencia del acero de postesado, por lo que tiene una elevada capacidad de recuperación.
- *Menor coste de mantenimiento* por disminución de juntas.
- *Menor tiempo de ejecución en obra.* Normalmente se ejecutan 1.000 m² por día, sin interrupciones.
- *Mayores prestaciones del piso terminado:* mejor calidad de rodadura, mayor impermeabilidad, menor fisuración.

DISEÑO DE PAVIMENTOS POSTESADOS

Una vez conocida la capacidad de carga de la sub base, utilizando modelos computacionales modernos, es posible obtener los diagramas de momentos flexores sobre el pavimento de hormigón. Los puntos de momento máximo debajo de las cargas concentradas se dan en un punto teórico, que se integra en un ancho efectivo que se asume como el Radio de Rigidez Relativa (RRR).

El radio de rigidez relativa es referido a Westergaad y otros, y es función de la rigidez de la losa y de la sub rasante. Como valor aprox. puede adoptarse entre 4 a 6 veces el espesor de la losa.

$$RRR = \left[\frac{E_H \cdot e^3}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot K_e} \right]^{1/4} \quad (1)$$

Donde:

E_H = Módulo de Elasticidad del Hormigón
 e = espesor de losa

μ	=	Módulo de Poisson
K_e	=	Coeficiente de reacción de la sub rasante

La capacidad intrínseca del hormigón a flexotracción se define como MOR (Módulo de Rotura), y según ACI equivale a:

$$MOR = 0,75.(f'c)^{1/2} \quad (2)$$

$f'c$ = Resistencia a compresión de hormigón a los 28 días [MPa]

La ecuación práctica para la verificación de la capacidad portante se define como:

$$MOR / FS = \sum \sigma_i - P/A_f \quad (3)$$

FS	=	Factor o Coeficiente de seguridad
$\sum \sigma_i$	=	Suma de todos los esfuerzos externos [MPa]
P/A_f	=	pre compresión media de postesado a tiempo infinito [Mpa]

FACTOR O COEFICIENTE DE SEGURIDAD

Los factores de seguridad recomendados por ACI 360R³ varían entre 1,4 y 2,0. Sin embargo, la mayor parte de estos está entre 1,7 y 2,0, dependiendo del tipo de carga considerada: cargas de rueda en movimiento, estanterías, cargas uniformes, etc.

ESFUERZOS

Los esfuerzos que debe soportar la losa serán:

1. *Cargas de ruedas de vehículos*: es la más común de las cargas sobre pisos industriales, generales consistentes en montacargas neumáticos, y debe considerarse el análisis del área de contacto entre llantas y losa.
2. *Cargas concentradas*: en el caso de estanterías con alturas importantes de apilado, el esfuerzo de las cargas concentradas de sus apoyos suele ser más importante incluso que las cargas de vehículos.
3. *Cargas lineales*: tratamiento similar a las anteriores. Ejemplo: Cargas de tabiques o muros portantes.
4. *Cargas uniformes*: cuando los materiales son almacenados directamente sobre la losa, los esfuerzos resultantes suelen ser menores que los producidos por las cargas concentradas.
5. *Cargas de construcción*: deben tenerse en cuenta por ejemplo, los cargadores de montaje, camiones para hormigonado, etc.
6. *Efectos ambientales*: siempre deben considerarse los efectos en las tensiones producidos por los cambios de temperatura y humedad. La variación térmica

lineal entre ambas caras de la losa suele adoptarse entre 0,2 y 0,4 °C/cm. Para una losa de 20 cm sería una variación térmica de entre 4 y 8 °C. Otro caso de cargas ambientales serían las causadas por suelos expansivos, que escapa al alcance de este artículo.

7. *Cargas inusuales*: asentamientos diferenciales o cargas especiales.

Las losas de piso deben ser diseñadas para la combinación más crítica de las condiciones de carga.



Figs. 3 y 4: Cargas de autoelevadores y estanterías

CÁLCULO DE LA PRECOMPRESIÓN (POSTESADO)

Para ser efectiva, la fuerza de precompresión debe primero vencer la fricción de la subrasante. El coeficiente de fricción depende de las superficies de contacto.

$$Pr = W_l \cdot (L/2) \cdot CF \quad (4)$$

W_l	=	peso de la losa, que depende del espesor.
L	=	Longitud de la losa en la dirección considerada.
CF	=	coeficiente de fricción entre la losa y la sub base

Según Timms ⁷ se pueden usar los siguientes coeficientes de fricción:

- 0.5 a 0.75 losas sobre un film de polietileno
- 0.75 a 1.00 losas sobre una capa de arena

De modo que a las pérdidas de pretensado que tradicionalmente se calculan para otro tipo de estructuras, se agregan las pérdidas por fricción con la sub base.

Si consideramos por ejemplo una losa de 20 cm de espesor y 50 m de longitud en la dirección a considerar, con un coeficiente de fricción de 0.75, tendremos una pérdida por fricción con la sub base de 94 KN/m, o 0,47 N/mm² (independientemente del espesor).

La pre compresión a tiempo infinito requerida será entonces:

$$P/A_{req} = S_t + S_i + S_f \text{ (fricción)} - MOR / FS > P/A_{min} \quad (5)$$

S_t = Tensiones debidas a variación de temperatura
 S_i = Σ tensiones debidas a cargas externas
 S_f = Tensión debida a la fricción con la subrasante
 P/A_{min} = Pre compresión mínima

Las tensiones debidas a la variación de temperatura pueden calcularse como sigue:

$$S_t = \frac{E_H \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot e}{2(1 - \mu)} \quad (6)$$

α = Coeficiente de dilatación térmica [1/°C]
 Δt = Variación térmica lineal [°C/cm]

La norma ACI 360R incorporó en su edición de 2006 los siguientes niveles de pre compresión mínima residual requerida (P/A_{min}), después de ocurridas todas las pérdidas de pretensado y las debidas a la fricción con la sub base, para pisos de naves industriales:

- Hasta 30 m de longitud: 0.5 a 0.7 MPa
- Hasta 60 m de longitud: 0.7 a 1.0 MPa
- Hasta 90 m de longitud: 1.0 a 1.4 MPa
- Hasta 120 m de longitud: 1.4 a 1.7 MPa

Las pérdidas de pretensado tanto instantáneas como diferidas, se calculan con los métodos tradicionales.

Para el gráfico de la Fig 5, se fijaron algunas variables (fricción, espesor de losa, características del hormigón, etc.). dejando como variable la magnitud de las cargas externas, calculándose la pre compresión requerida para satisfacer los requerimientos de diseño. Se observa que la necesidad de pretensado no es lineal con el aumento de los esfuerzos. Esto se debe a que las pérdidas por fricción con la sub base son de magnitud importante y no dependen de las cargas externas. Se puede concluir que el pavimento postesado es especialmente económico para las

cargas que producen esfuerzos importantes, tales como las cargas concentradas de magnitudes medianas a altas.

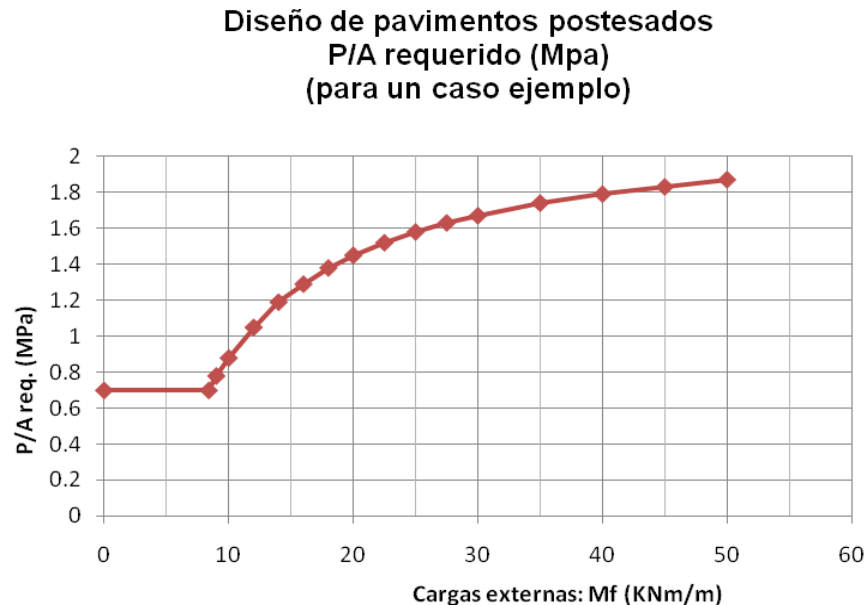


Fig. 5. Pre compresión requerida en función de las cargas externas

MATERIALES

Para el hormigón se especifica una resistencia característica a la compresión mínima de 30 Mpa (H30). Sin embargo, aunque en nuestro mercado la resistencia a compresión del hormigón es la característica física más distintiva, se recomienda especificar directamente el MOR (Módulo de Resistencia a flexo-tracción) y/o ensayar el mismo para garantizar los valores adoptados en los cálculos. Tampoco es difundido en nuestro medio, pero se recomienda fuertemente la especificación de la retracción máxima del hormigón a corto y largo plazo. Para esto será fundamental las propiedades del hormigón elaborado, pero también las condiciones de colocación y el curado.

Para el acero de postesado se especifican cables de baja relajación, compuestos por 7 hebras que conforman una sección de 99 mm² (para diámetros de 0.5") o 140 mm² (para diámetros de 0.6"). La resistencia última es de 18.900 kg/cm². El acero debe ajustarse a norma ASTM A-416 o IRAM IAS U 500 –3/89.

Todos los elementos de anclaje deberán cumplir con los requisitos mínimos establecidos por el código del American Concrete Institute "Building Code Requirements For Reinforced Concrete" (ACI 318-89 capítulo 18) ¹² o por el código del Prestressed Concrete Institute (PCI) "Standard Building Code For Prestressed Concrete". ¹³

CURADO DEL HORMIGÓN

Los Objetivos del curado del hormigón se pueden resumir en:

- Hidratación del cemento
- Aumento de la resistencia a la abrasión de la superficie.
- Resistencia del hormigón.
- Disminución del alabeo de las losas.
- Control del desprendimiento de polvo de la superficie.
- Disminución del agrietamiento por contracción plástica.



Fig 6. Curado de la losa de piso

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Se comienza con la preparación de la subrasante, que consiste en la nivelación y compactación del material base. La compactación puede hacerse con rodillo vibratorio u otro método mecánico. Luego se dispone de una sub base de suelo cemento del espesor especificado en el proyecto y a continuación se coloca la capa de arena y el/los film de polietileno, que sirve para reducir la fricción entre la losa y la sub base. Los film de polietileno deben disponerse solapados.

Por último, se coloca la armadura pasiva a fondo de losa (donde se requiera) y los cordones de pretensado, generalmente ubicados en forma recta, en el tercio central de la losa. Para darle la altura especificada, se los apoya sobre soportes de plástico especialmente diseñados. (Fig 7).



Fig 7. Colocación de los cordones sobre soportes plásticos



Fig 8. Pavimento postesado listo para ser hormigonado

TIPO Y DISPOSICIÓN DE LAS JUNTAS

Existen 3 tipos de juntas en las losas de pisos: las juntas de aislamiento, las juntas constructivas y las juntas de dilatación / Contracción.

Las *juntas de aislamiento* se utilizan para liberar completamente el movimiento horizontal de la losa respecto a cualquier elemento estructural (columnas o zapatas de fundación) o no estructural (andenes de carga, cámaras de inspección, etc.). Ver Fig 9.



Fig 9. Junta de aislamiento en columnas

Las *juntas constructivas* se elijen de manera de pre definir el tamaño de cada uno de los vaciados. Las dimensiones de cada paño dependerán del método de colado. Pueden destacarse dos métodos más usuales: *colado por fajas* o *por colado continuo*.

El *colado por fajas* se utiliza cuando se usan reglas vibratoras, que suelen tener un ancho de 5 a 10 m, y definen vaciados sin límite de longitud. (Fig 10) En este caso es posible obtener terminaciones súper planas, aunque depende de la calidad y experiencia de la mano de obra. Debe intentarse que la diferencia de edad de los vaciados contiguos no sea muy grande, para limitar la diferencia de retracción longitudinal a ambos lados de la junta.

En estos casos se diseña la posición de las juntas constructivas longitudinales de modo que queden dispuestas debajo de las estanterías.

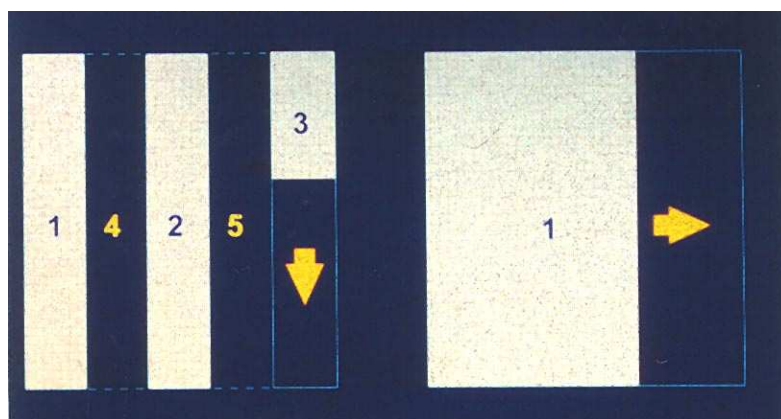


Fig 10. a) Colado por fajas. b) Colado continuo

El *método de colado* continuo se ejecuta con máquinas enrasadoras laser y normalmente se ejecutan paños de unos 40 x 40 m en un día. La calidad del llaneado es más confiable, obteniéndose valores de planitud y nivelación aceptables. (Figs. 11 y 12)

Las *juntas de contracción* (mal llamadas de dilatación) se elijen de manera que las pérdidas por fricción con la sub base se vean limitadas a valores aceptables. Normalmente para pavimentos postesados, la separación entre juntas es de entre 50 y 100 m. Debe tenerse en cuenta que el acortamiento de la losa de hormigón a largo plazo es del orden de 0.8 mm/m de longitud. O sea que una junta de contracción entre losas de 50 m, deberá soportar una apertura de 4 cm.



Fig 11. Enrasadora laser



Fig 12. Vaciado continuo. Espolvoreado con brazo telescópico



Fig 13. Llanoado mecánico

OPERACIÓN DE TESADO DE CORDONES

Para controlar las tensiones debidas a la retracción a edad temprana, se lleva a cabo un tesado inicial, tan pronto como sea posible luego del llenado de la losa. La fuerza aplicada es del orden de 15 al 40 % de la fuerza final de pretensado.

La cantidad exacta de horas requeridas después del hormigonado para tener suficiente resistencia (8 a 10 Mpa) depende de las características de la mezcla y las condiciones de humedad.



Fig. 14. Tesado de los cordones

La decisión de cuándo empezar con el tesado inicial depende de las dimensiones de la losa, las propiedades de contracción de la mezcla, el grado de exposición, etc.

El tesado puede comenzar tan pronto como a las 4 hs. y hasta las 12 hs. después de completado el hormigonado, para otorgar el mejor control posible sobre la retracción temprana, otorgando tanta pre compresión como lo permita la resistencia a compresión del hormigón a esa edad. Será necesario entonces, ensayar probetas para determinar la resistencia del hormigón a las pocas horas de llenado. Si es necesario, se dará una segunda fase de tesado, en caso que la primera fase se haya realizado a las pocas horas.

El tesado definitivo se lleva a cabo cuando la resistencia del hormigón alcanza 20 Mpa, en general al día 3 desde el llenado.

PLANTA PSA PEUGEOT CITROEN. PACHECO, PCIA. BUENOS AIRES

En el verano de 2007, se ejecutó la obra del Centro Logístico Pacheco para PSA Peugeot Citroen. El destino de esta nueva nave industrial es el almacenaje de repuestos y autopartes para la industria automotriz.

Se contempló la utilización de un **pavimento postesado tipo III**, según la recomendación del "Post Tensioned Commercial and Industrial Floors" del PTI ⁶ y el Código ACI 360R ³. El uso de la categoría III implica el diseño del pavimento armado, ya sea con postesado como es este caso, o con armadura pasiva, cuyo objetivo es reforzar el pavimento **para soportar las cargas gravitatorias actuantes**, además de la retracción del hormigón y contracción por temperatura. Los pavimentos tipo I (no reforzados) y los tipo II (reforzados para soportar los esfuerzos de retracción y temperatura, solamente), confían su estabilidad estructural solamente a la sub – base. Entre algunas soluciones de este tipo pueden considerarse tanto los pavimentos con fibras, hormigones de retracción compensada, y pavimentos armados con armadura pasiva o activa (postesado) diseñada sólo para ese fin.

Para este proyecto se especificó un espesor de losa de 15 cm. Se obtiene 10 kg/cm³ como módulo de reacción equivalente de la sub rasante, luego del agregado de una capa de suelo cemento de 10 cm al suelo existente.

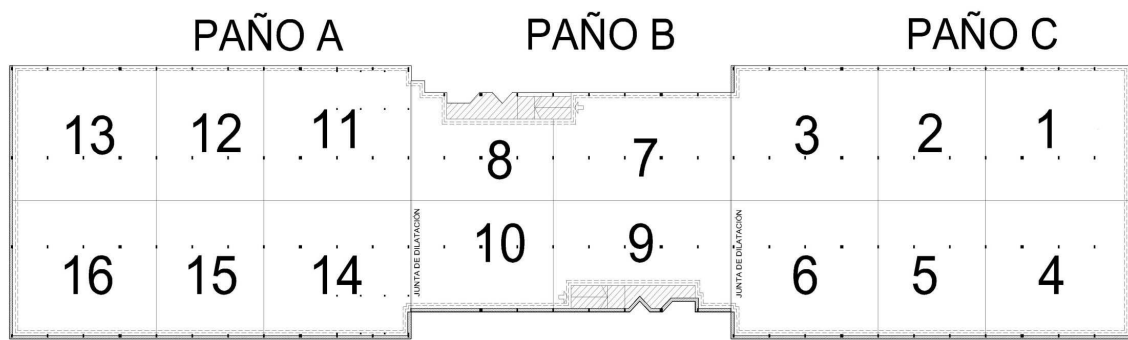


Fig 15: Distribución de paños y sectores de hormigonado

La superficie total de la losa de piso es de aproximadamente 21.000 m², (313 x 70 m aprox.). Se dispusieron de 2 juntas de contracción obteniéndose 3 paños cuya longitud máxima es de 112 m sin juntas de contracción. En total se utilizaron 16 vaciados, promediándose una superficie por vaciado de 1350 m².

Las cargas principales consideradas en el diseño fueron:

- Autoelevador cargado: 8.200 kg
- Estanterías de 5 niveles, carga máxima por pata: 11 ton para 2 patas adyacentes.
- Variación de temperatura

Materiales:

- Hormigón H30.
- Acero de pretensado engrasado y plastificado para postesado no adherente, diámetro 12,7 mm.
- Anclajes para pretensado tipo monocordón.

Para el llenado se utilizaron máquinas enrasadoras laser lo que permitió un hormigonado continuo.



Fig 16. Planta PSA Peugeot Citroen. Llenado continuo en cada sector

Para las juntas de contracción se calculó una retracción total del hormigón a largo plazo de entre 45 y 55 mm, lo que obligó a un diseño especial de la junta como puede observarse en la fig. 17. Además de permitir el deslizamiento transversal a la junta y la transferencia de esfuerzos de corte mediante pasadores, se aseguró la posibilidad de movimiento diferencial a cada lado de la junta, en el sentido paralelo a la misma.



Fig 17 Junta de contracción



Fig 18. Llenado



Fig 19. Llanoado mecánico

El llenado del piso se ejecutó una vez finalizado el montaje de la estructura metálica y la colocación de los cerramientos, para minimizar las influencias climáticas y el secado temprano de la superficie.

A pesar de las grandes dimensiones de los paños de hormigón sin juntas de contracción (hasta 8.000 m²), el uso de la técnica de postesado permitió obtener un pavimento de hormigón de alta prestación, con cero fisuras.



Fig 20. Paños de más de 100 m de longitud sin fisuras

Empresas involucradas en la obra:

Propietario:	PSA Peugeot Citroen
Contratista Principal:	CAPUTO S. A.
Contratista hormigonado y llaneado:	Tecnipisos S. A.
Diseño y ejecución Pavimento Postesado:	VSL Argentina

REFERENCIAS:

1. Westeraad, H. M., Stresses in Concrete Pavements Computed by Theoretical Analysis", Public Roads, V.7., N°2, Abril 1926.
2. American Concrete Institute, 302. IR, Guide for Concrete Floor and Slab Construction, 1996.
3. American Concrete Institute, 360R, Design of Slabs-on-Ground, 2006.
4. American Concrete Institute, 325.7R, Recommendations for Designing Prestressed Concrete Pavements, 1988.
5. Post Tensioning Institute, Design and Construction of Post-Tensioned Slabs-on-Ground, 1996.
6. Post Tensioning Institute, Post-Tensioned commercial and industrial floors, 1983.
7. Timms, A. G. Evaluating Subgrade Friction Reducing Mediums for Rigid Pavements, Highway Research Board, Report Number 60, 1964, pp 48-59.
8. Packard, Robert G., Slab Thickness Design for Industrial Concrete Floors on Grade, IS195.01D, Portland Cement Association, Skokie, IL, 1976.
9. Ringo, Boyd C. and Anderson, Robert B., Designing floor slabs on grade, Second edition, The Aberdeen Group, 1996.
10. Holland Jerry, Seminario de Diseño y Construcción de Pisos y Pavimentos de Concreto, Capitulo Peruano, ACI Segunda Edición, Febrero 2002.
11. Sindel, John, A design Procedure for Post-tensioned Concrete Pavements, VSL International Ltd.
12. American Concrete Institute, Building Code Requirements For Reinforced Concrete (ACI 318, Cap. 18), 2002
13. Prestressed Concrete Institute (PCI) Standard Building Code For Prestressed Concrete, 2002.