



**14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto**

**2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto**





**14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto**

**2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto**



Federación Iberoamericana  
del Hormigón Preacastado  
*Fihp*



FICEM  
FEDERACIÓN IBEROAMERICANA  
DEL CEMENTO



ICCYC  
INSTITUTO COSTARRICENSE  
DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN  
EN CONSTRUCCIÓN

## Innovaciones recientes en pisos industriales sostenibles y su aplicación comercial.

**Ing. Osvaldo Villalobos Pereira.  
Balbeck Costa Rica.  
Costa Rica**

**BLKCR**  
Balbeck S.A. Soluciones innovadoras para la construcción





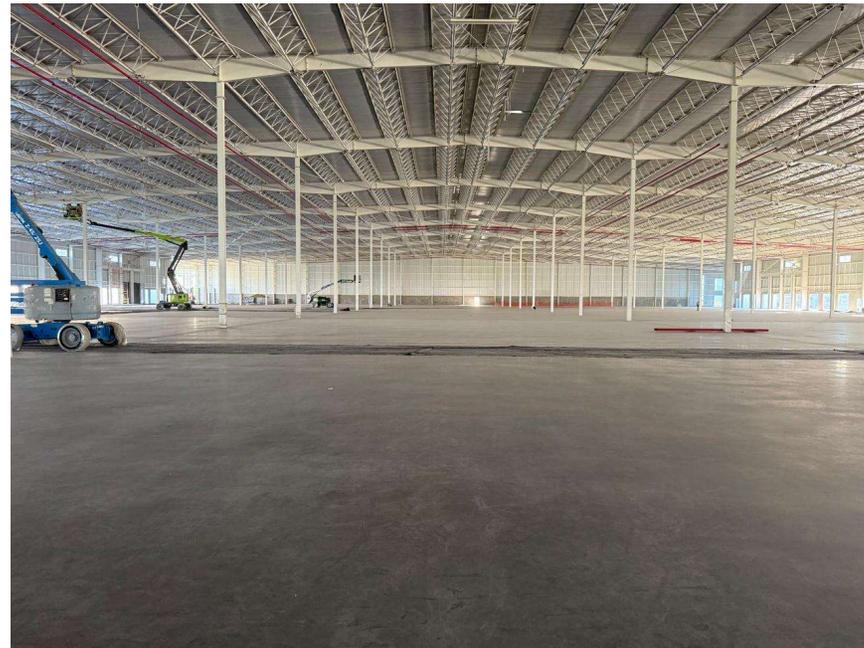
14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Nuevas exigencias

Los pisos industriales se han convertido en un elemento primordial para el éxito de la operación eficiente de una industria, es uno de los principales activos de muchos tipo de operaciones de logística y producción.





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## *Nuevas exigencias de servicio*

Estos deben cumplir exigencias tales como:

- Mayor Durabilidad.
- Alta capacidad de carga.
- Mayor eficiencia operativa, tráfico, sistemas automatizados.
- Planicidades y acabados de alto rango.
- Sostenibilidad.
- Deben cumplir con normativas y reglamentos que exigen higiene y limpieza para su operación.

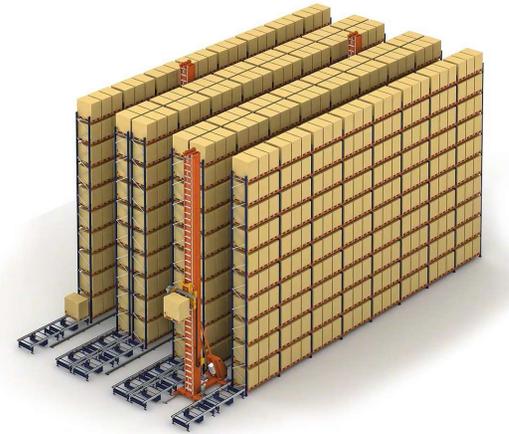




**14**vo Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
**2**do Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Nuevas exigencias





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## *Nuevas exigencias*

Para poder cumplir con estas nuevas exigencias, en los últimos años se a debido innovar en cada uno de los elementos y procesos que conforman un piso industrial:

- Estructura de soporte sobre el cual se construye el pavimento.
- Diseño y propiedades estructurales, con materiales innovadores aplicables a los diferentes tipo de pavimentos de concreto.
- Nuevas tecnologías en juntas, según las exigencias técnicas que debe cumplir el proyecto.
- El principal material con el que se construye un piso industrial, el concreto.
- Métodos y sistemas de construcción y colocación del concreto.
- Sinergia entre todas las partes que participan en la ejecución de este tipo de proyectos.



14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

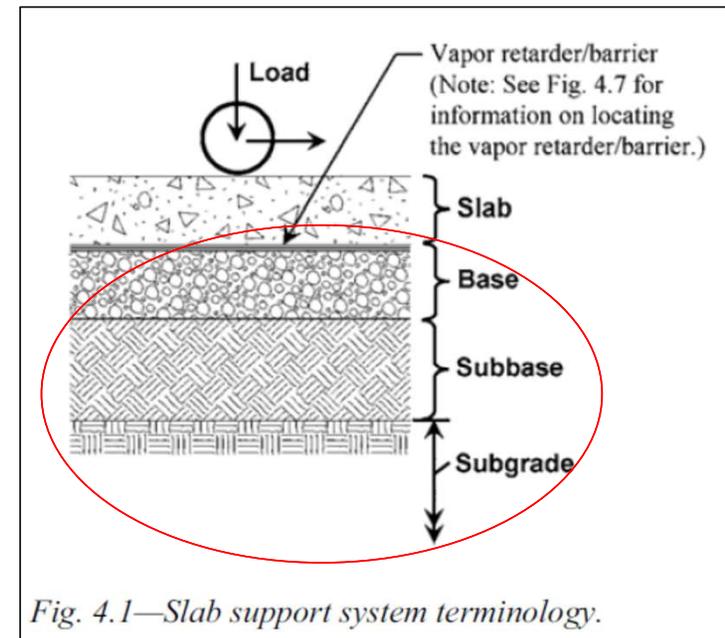
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Innovación en la estructura de soporte

Los principales factores que determinan la capacidad que va tener un pavimento son:

- **Capacidad de soporte de la estructura de soporte (modulo de reacción del suelo K).**
- Espesor de losa.
- Resistencia del concreto.
- Refuerzo estructural.



by ACI Committee 360



14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## *Innovación en la estructura de soporte*

Una de las soluciones innovadoras para mejorar la capacidad de soporte de un suelo o estructura de soporte, es el uso de geomallas:

- Mayor durabilidad.
- Se pueden confeccionar de materiales reciclados.
- Permiten mejorar significativamente la capacidad portante y capacidad de carga de bases, con reducción de espesores, debido a su mejor distribución de esfuerzos.
- Reducción en el movimiento y uso de materiales como base y sub bases, por lo que reduce el impacto al medio ambiente. Un 30% más económico a medio y largo plazo.

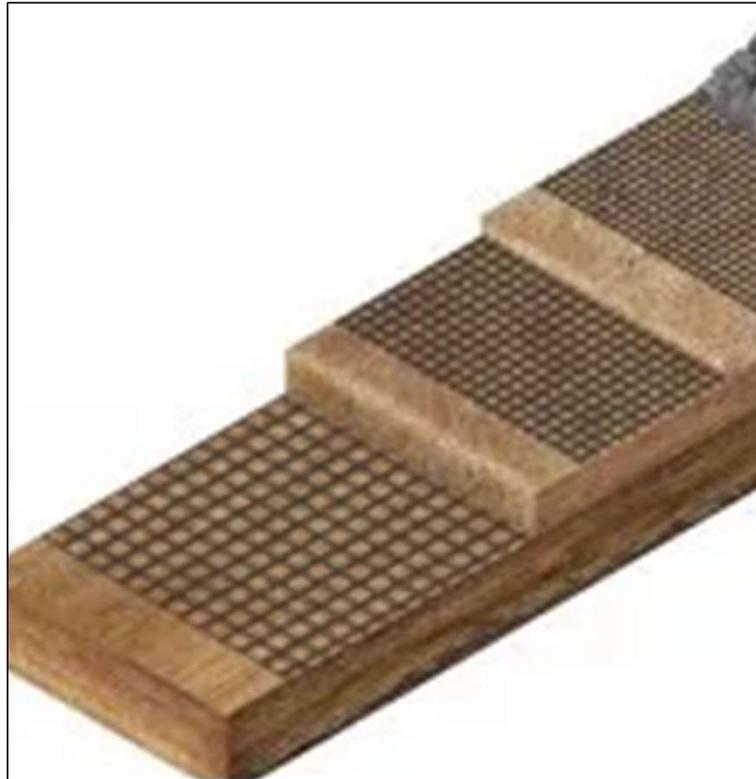




**14**vo Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
**2**do Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## *Innovación en la estructura de soporte*





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

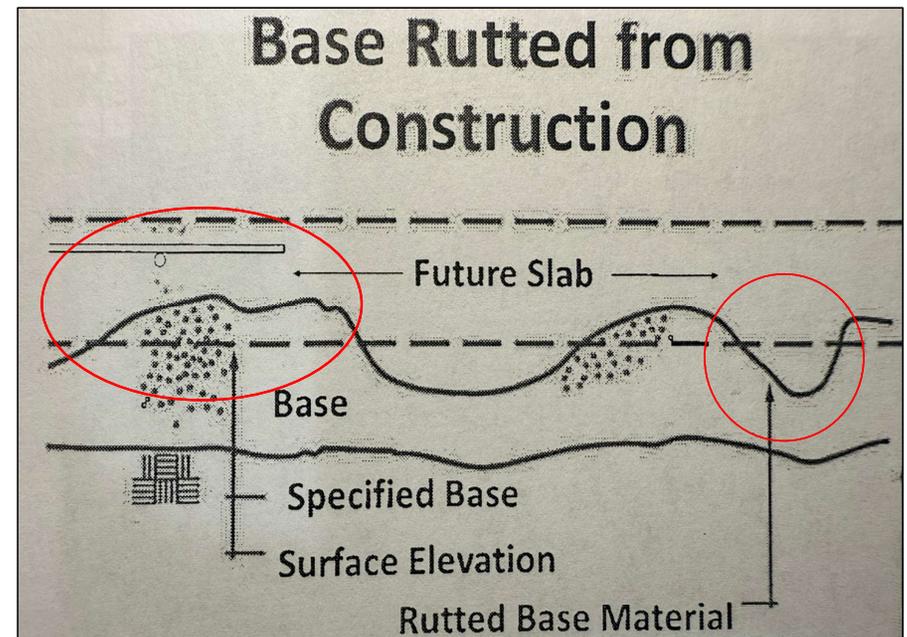
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## *Innovación en la estructura de soporte*

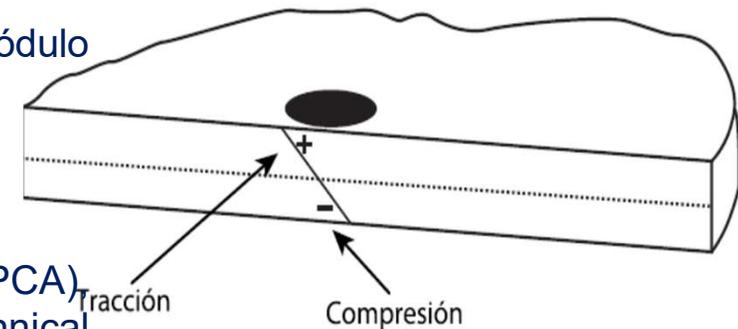
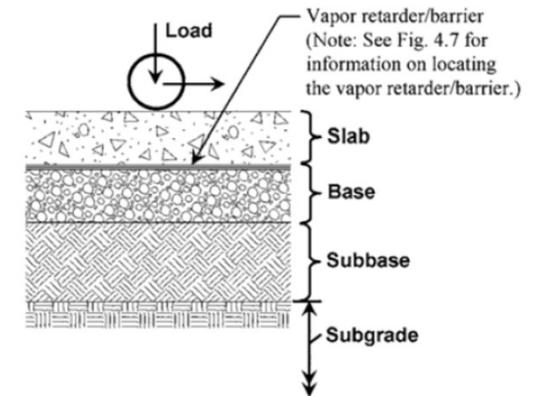
Innovación en la colocación de la estructura de soporte:

- Control de calidad de los materiales.
- Cumplimiento de especificaciones de diseño, compactaciones y espesores.
- Uso de equipos especiales con sistemas laser, para minimizar las posibles variaciones de espesores y garantizar mejor planicidad.
- Reducción en el coeficiente de fricción losa-base.



Como parte de la innovación en la determinación de los parámetros de diseño, se busca usar tecnologías que permitan optimizar los requerimientos de cada proyecto:

- Espesor de losa.
- Separación entre juntas de control. Disminuir costos de mantenimiento al máximo y optimizar diseños con el uso de juntas capaces de transferir carga.
- Características del concreto como resistencia a la compresión, módulo de ruptura, contracción, trabajabilidad entre otros.
- Tipo de refuerzo estructural.
- Métodos de diseño : ACI 360, Asociación Cemento Portland (PCA), Método de Diseño del Instituto de Refuerzo con Cable (WRI), Technical Report 34, Método diseño del Cuerpo de Ingenieros COE.





## *Diseño y propiedades estructurales*

Entre los distintos tipos de pavimentos, se pueden enumerar los siguientes:

- Pavimentos de concreto simple con juntas con o sin dispositivos de transferencia de carga.
- Pavimentos de concreto reforzados para el control de ancho de grietas. (COE)
- Pavimentos de concreto con fibras (FCR).
- Pavimentos de concreto de retracción compensada (HCR).
- Pavimentos de concreto postensados (WRI) .



14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

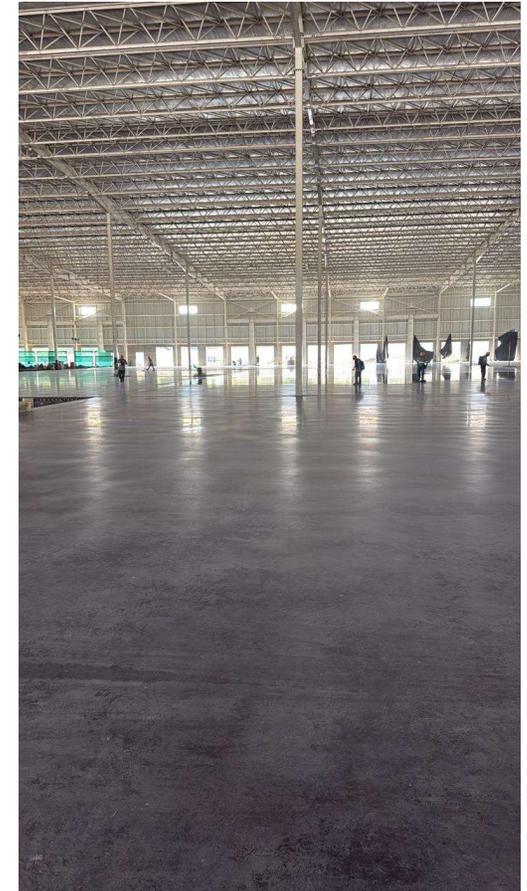
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## *Diseño y propiedades estructurales*

De acuerdo con los métodos de diseño mencionados para algunos tipos de losas industriales, como innovación sostenible de acuerdo con las nuevas exigencias y rendimientos constructivos de desempeño se ha implementado la construcción de pisos sin juntas, macro paños con dimensiones de 35 m x 35 m hasta 42 m x 42 m, espesores desde 170 mm:

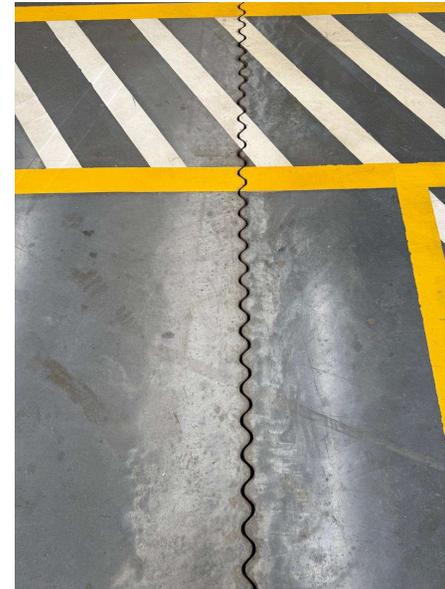
- Pavimentos de concreto sin juntas de control, estos son sistemas híbridos con refuerzo tradicional, FCR y con concretos de retracción compensada (HCR).
- Pavimentos de concreto con fibras (FCR) con juntas blindadas con gran capacidad de transferencia de carga.
- Pavimentos de concreto de retracción compensada (HCR).
- Pavimentos de concreto postensados (WRI).





**14**vo Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
**2**do Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto

## *Diseño y propiedades estructurales*



Para pisos industriales con concreto FCR de grandes áreas sin juntas, para ser sostenibles e innovadores, deben tener en su diseño y construcción elementos tales como:

- Refuerzo con fibras que generen curvas residuales óptimas, estas fibras pueden ser macro fibras metálicas o sintéticas, además que permitan optimizar espesores de losa.
- Un diseño de concreto FCR, en donde las fibras estructurales se integren adecuadamente con el concreto dando una reología óptima para su colocación. Estos deben ser de contracción controlada (0,03% a 0,05%) o bien de ser necesario de contracción compensada (expansión mínima de 0,03%).
- Uso de elementos que transfieran la mayor de cantidad de carga de un borde de losa a otro, como lo son las juntas blindadas o especializadas para tal fin.
- Uso de materiales que reduzcan el coeficiente de fricción entre la losa y la base a valores de 0,5. Aplicación capa de plástico mínimo 12 mils.





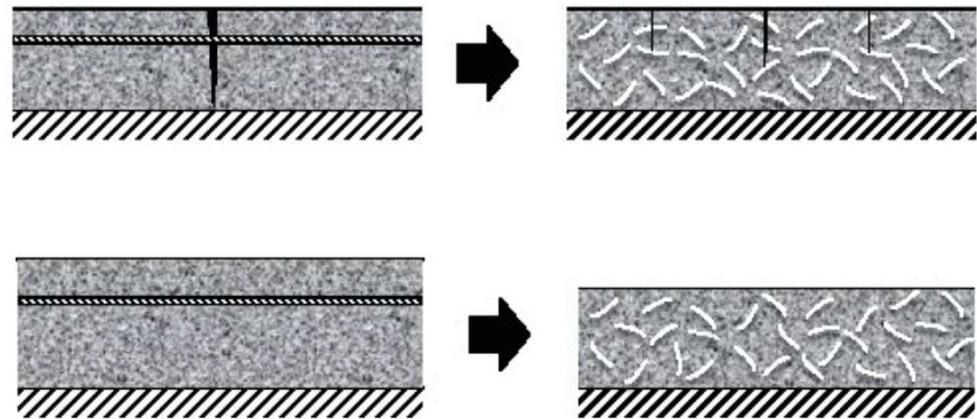
14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Diseño y propiedades estructurales

Con el uso de macro fibras estructurales sintéticas:

- Se controla los espesores de las fisuras, siendo estas mas cerradas y controladas de 0,1 mm a 0,3 mm.
- Con el uso de concretos FCR es posible reducir los espesores de los pisos industriales, cumpliendo con las mismas capacidades.
- Reducción en la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado al medio.



Losas de 10 000 m <sup>2</sup> con 15 cm de espesor	
Losas con acero convencional	Losas con macro fibra sintética
Doble malla de barra #4@20cm	2,5 kg/m <sup>3</sup> Macro Fibra sintética BLK Twist 54
Emisión de 458,36 Ton de CO <sub>2</sub>	Emisión de 5,04 Ton de CO <sub>2</sub>
Reducción de 453,32 Ton de CO <sub>2</sub>	

## *Diseño y propiedades estructurales*

En una nave industrial el piso es el elemento que aporta el 50% del total de las emisiones del proyecto, por tanto toda optimización afecta positivamente en la reducción en el impacto de emisiones.

- El uso de concretos fibroreforzado que ayudan a optimizar espesores de las losas, reducción de costos al no tener juntas y al maximizar la durabilidad del elemento la reducción en la huella de carbono estará entorno de un 15% a 50%.
- Los ahorros en mantenimiento de los equipos de almacenaje es otro valor que aporta sostenibilidad a este tipo de sistemas.
- Además el poder ser más rápidos en los procesos de movimiento de cargas en las naves hace más eficiente la operación.

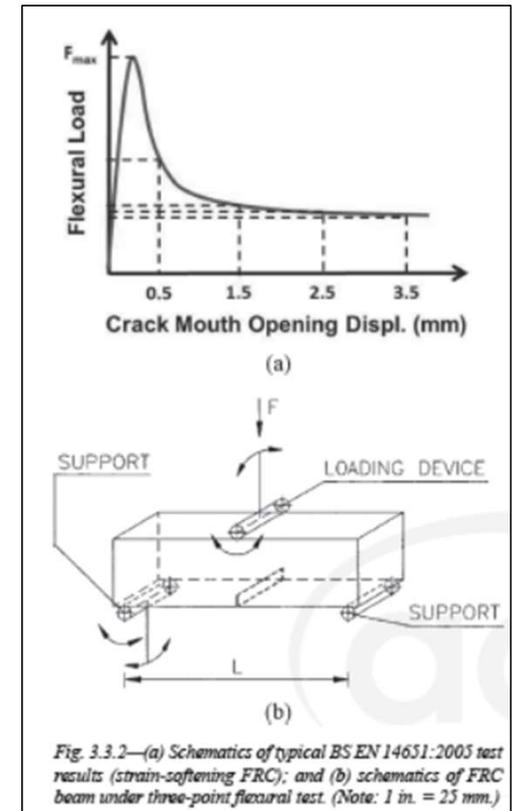
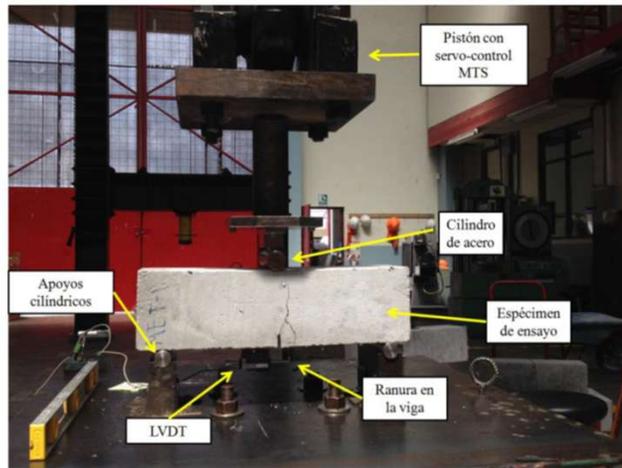
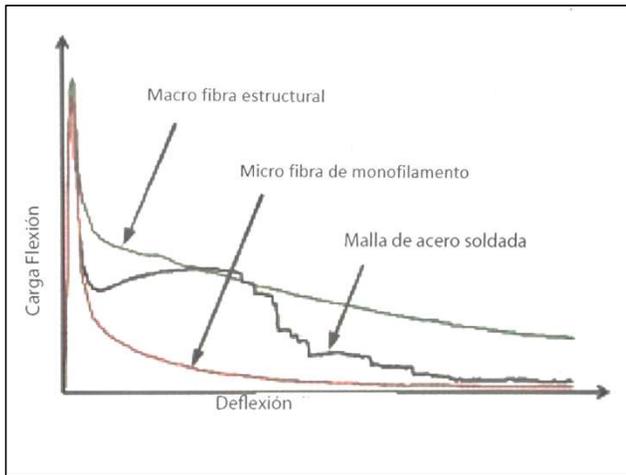




**14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto**  
**2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto**



# Diseño y propiedades estructurales



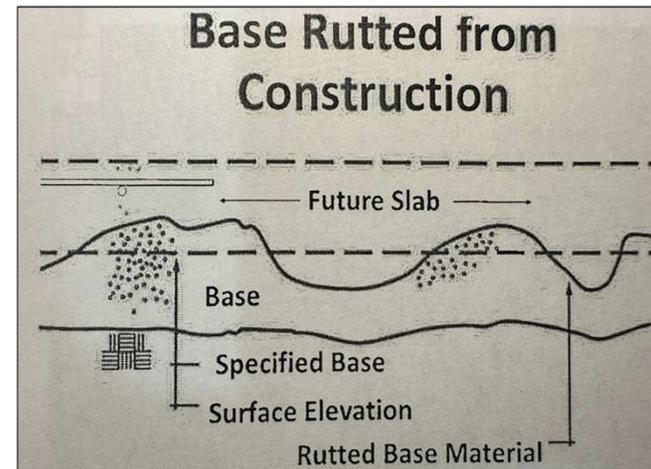
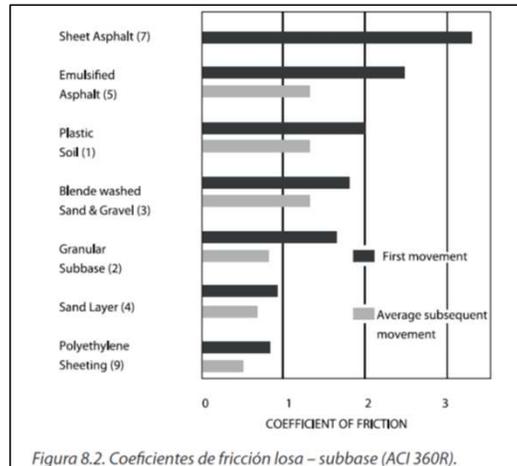
**Tabla 2. Resultados del ensayo de flexión en vigas de concreto reforzadas con fibra**

Muestra N°	Carga límite de proporcionalidad (kN)	Límite del rango de proporcionalidad (MPa)	Resistencia residual a CMOD=0,5 mm (MPa)	Resistencia residual a CMOD=1,5 mm (MPa)	Resistencia residual a CMOD=2,5 mm (MPa)	Resistencia residual a CMOD=3,5 mm (MPa)	
1137-16	1	12,9	3,64	1,07	1,05	1,08	1,07
	2	14,0	3,94	1,51	1,82	1,97	1,99
	3	13,2	3,71	1,12	1,04	1,13	1,13
	4	13,2	3,70	1,33	1,33	1,47	1,47
	5	13,0	3,65	1,33	1,34	1,46	1,34
	6	14,5	4,06	1,50	1,82	1,97	1,95



14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

## Diseño y propiedades estructurales

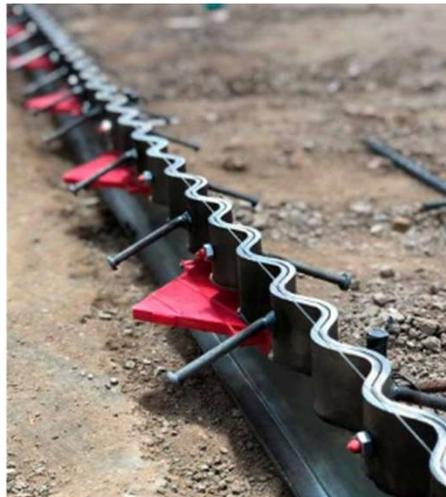




14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
 2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



# Diseño y propiedades estructurales



concrete bursting resistance, dowels acc. TR34 4<sup>th</sup> edition vs. Cosinus Slide® testing results.  
 Results at ULS ( $\gamma_c = 1,5$ ) in [kN/m], concrete C30/37, calculated from the center of section, joint opening 15 mm

slab thickness [mm]	dowel / joint type				Cosinus Slide® 2018 160-215
	plate dowel 6 mm, round 150 mm, c-c 500 mm	plate dowel 6 mm, rect. b/d 150/120 mm, c-c 600 mm	square bars, 20/20 mm, l = 420 mm c-c 300 mm	round bars, Ø 20 mm, l = 500 mm c-c 300 mm	
160	32,7	31,5	32,5	32,5	49,6
170	36,4	34,8	34,6	34,6	52,7
180	40,3	38,3	36,6	36,6	55,8
190	44,4	42,0	38,6	38,6	58,9
200	48,7	45,8	40,7	40,7	62,0
210	53,1	49,8	42,7	42,7	65,1
220	57,8	54,0	44,7	44,7	68,2
230	62,6	58,3	46,7	46,7	71,3
240	67,7	62,8	48,8	48,8	74,4
250	67,7	67,4	50,8	50,8	77,5
260	67,7	72,2	52,8	52,8	80,6
270	67,7	77,1	54,9	54,9	82,1
280	67,7	82,2	56,9	56,9	83,7
290	67,7	87,5	58,9	58,9	85,3



14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Características deseadas en el concreto

Un concreto FCR adecuado debe cumplir:

- Con un diseño que permita satisfacer con los requerimientos de servicio de la losa.
- Que se pueda producir y transportar.
- Que pueda ser colocado de forma eficiente.
- Que se pueda dar el acabado adecuadamente para cumplir con las especificaciones del proyecto.





## ***Características deseadas en el concreto***

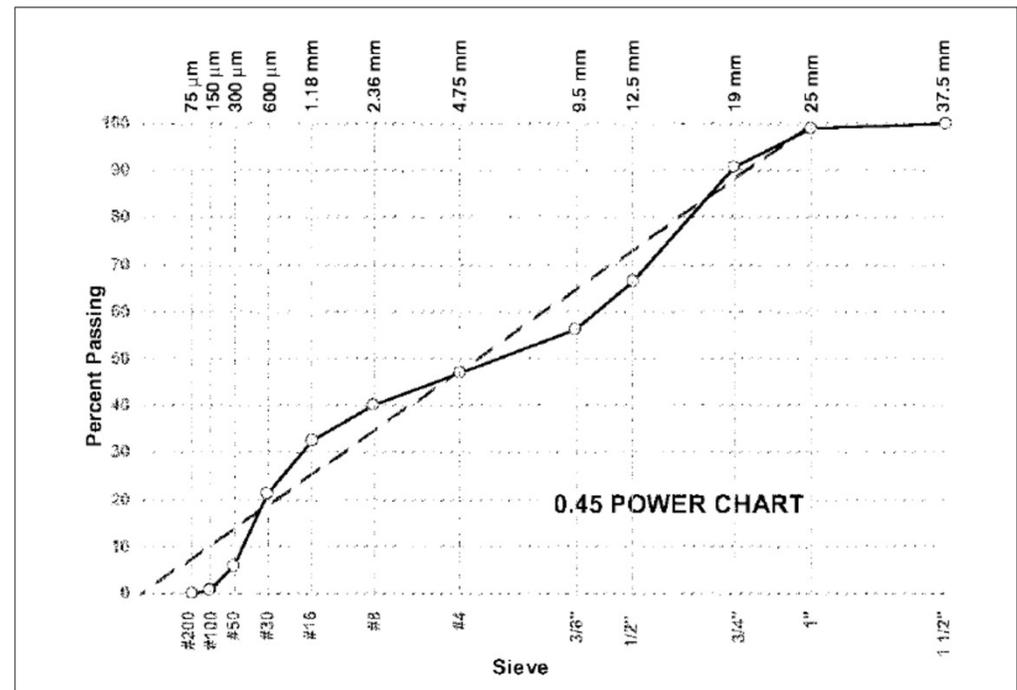
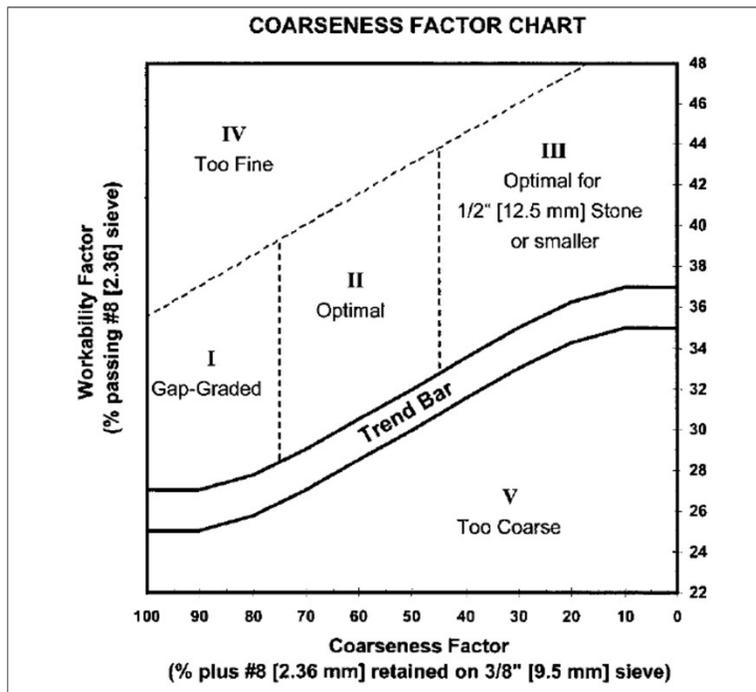
Proporcionamiento de los agregados en el diseño:

- La cantidad de pasta y agua en la mezcla de concreto son unos de los parámetros que afectan la contracción de un determinado diseño de concreto.
- Por tanto, un adecuado proporcionamiento de los agregados en la mezcla ayuda a bajar la cantidad de pasta y por tanto los consumos de agua.
- El uso de agregados de mayor diámetro con combinaciones granulométricas suaves y continuos con el uso de menos pasta son ideales para concretos usados en la elaboración de losas sin juntas.
- El ACI 302R, presenta métodos para la combinación granulométrica óptimas:
  - Método Shiltone (Factor de gruesura y Factor de trabajabilidad)
  - Power Charta 0,45



14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

# Características deseadas en el concreto





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Características deseadas en el concreto

Otros parámetros de diseño:

- Relación A/C máxima recomendada de 0,5. Pero dependiendo del acabado de la losa, de las condiciones ambientales de humedad relativa y temperatura se puede recomendar usar hasta 0,52.
- Revenimiento de colocación recomendado es de 150 mm +/- 25 mm. (uso de aditivos). Dependiendo de la fibra que se use se puede especificar un revenimiento mayor manteniendo relaciones A/C recomendadas. (Revenimiento aparente).
- Temperatura máxima de 30 °C a 32 °C (ACI 305R) para elementos como macro paños. (Índice de evaporación).
- Tiempo de fraguado de 6 a 8 horas, un secado más lento es favorable para que las tensiones internas por retracción sean mejor asimiladas por la estructura. (ASTM C 1702).
- Retracción máxima de 600 millonésimas (0,06 %) es un valor típico, pero con todos los cuidados señalados se puede especificar un valor máximo de 500 millonésimas (0,05 %).
- Resistencia de diseño por módulo de ruptura y contenido de fibra de acuerdo a las cargas de servicio.

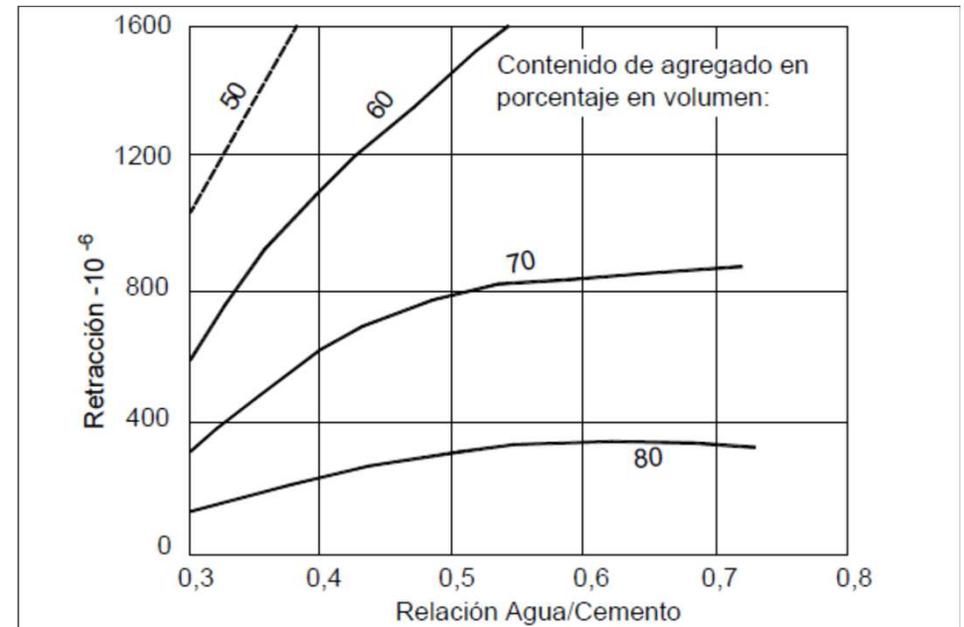
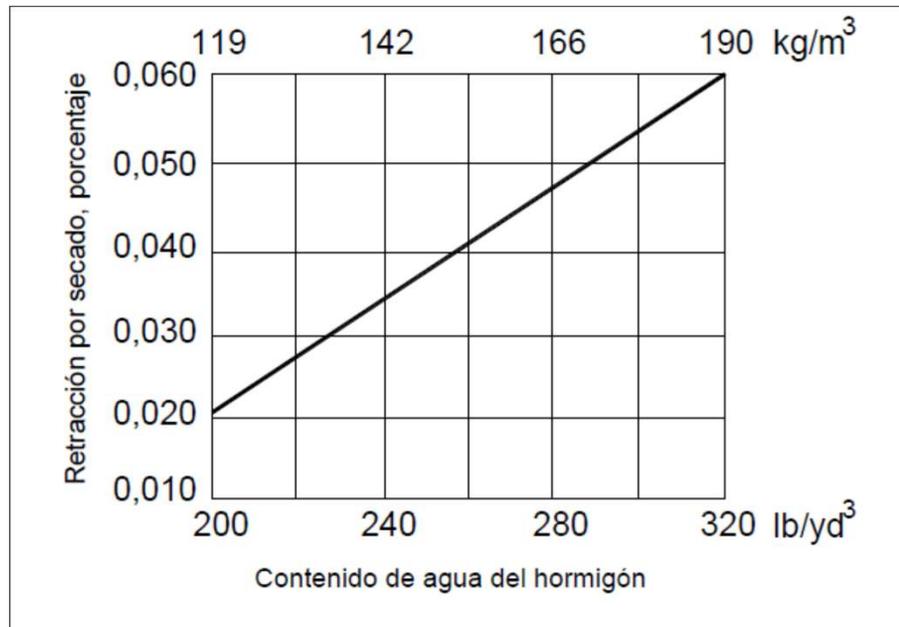


14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



## Diseño y propiedades estructurales

Relación A/C no mayor a 5,0 (ACI 224R)





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

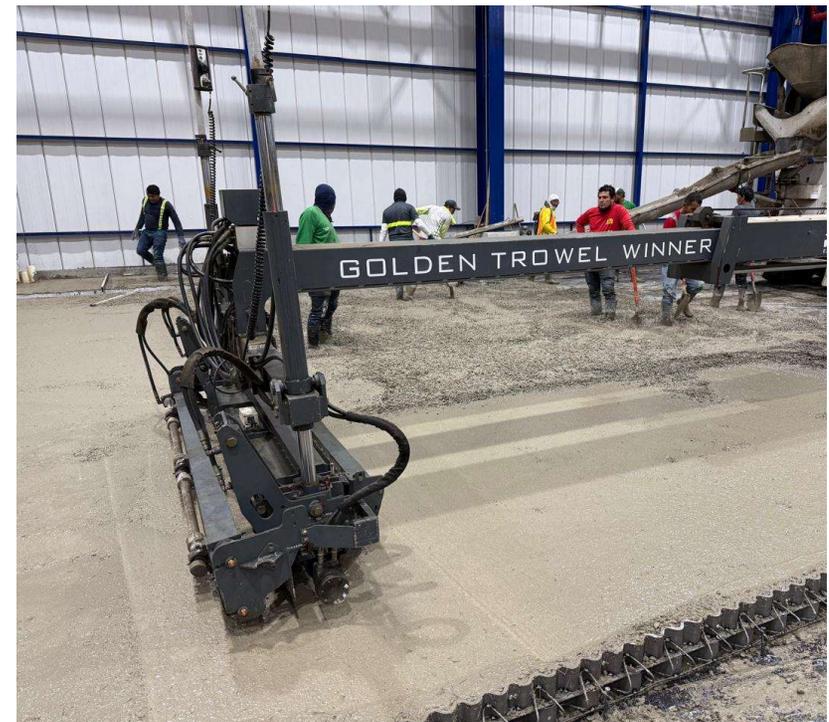
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Colocación y acabado

### Equipo de colocación

- Las losas sin juntas, requieren del uso de equipos con tecnología que permitan cumplir con los requerimientos de acabado y planicidad, que aseguren el adecuado desempeño del piso industrial.
- El uso de equipo de colocación tipo Laser es de uso obligatorio para asegurar los valores de FF y FL mínimos que debe cumplir la superficie de la losa.
- Se debe usar equipos idóneos para dar el mejor acabado, como lo son los helicópteros dobles con plato y con aspa.
- Curado adecuado para garantizar que no se tendrán pérdidas de humedad rápidas que afecten la contracción del concreto.

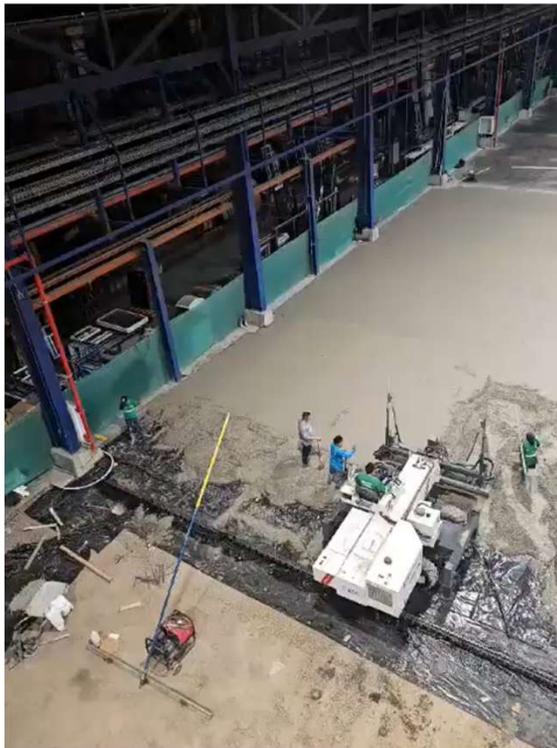




14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



## Colocación y acabado



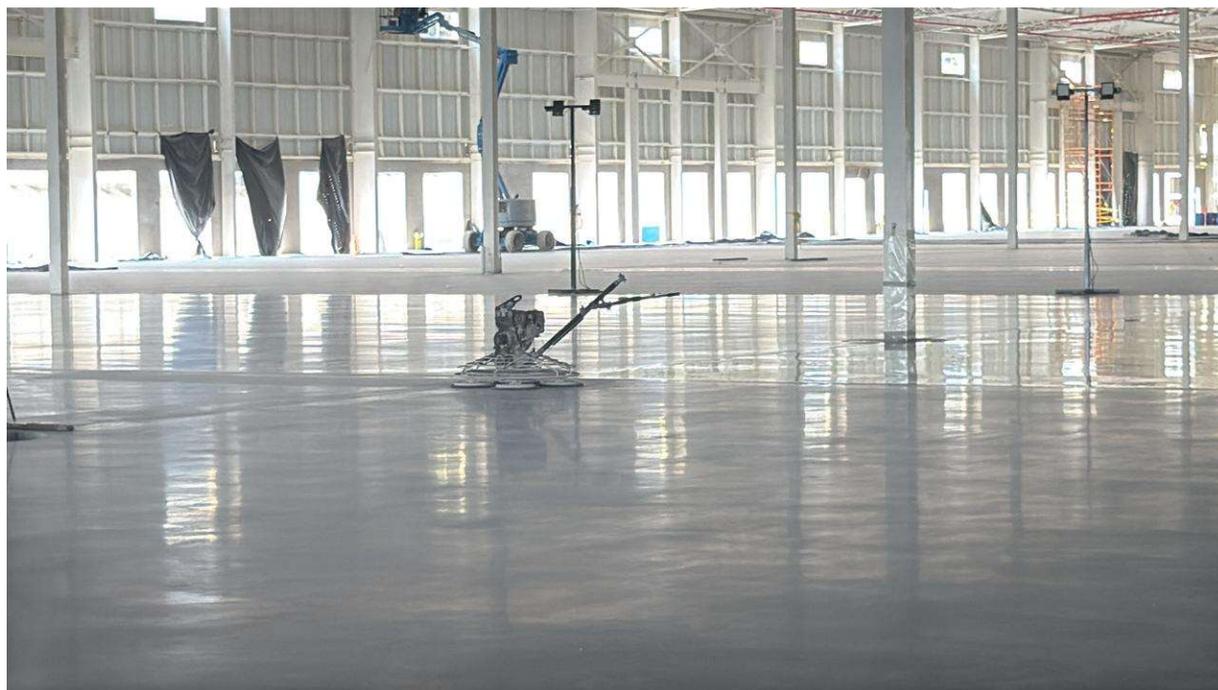


14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto

2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto



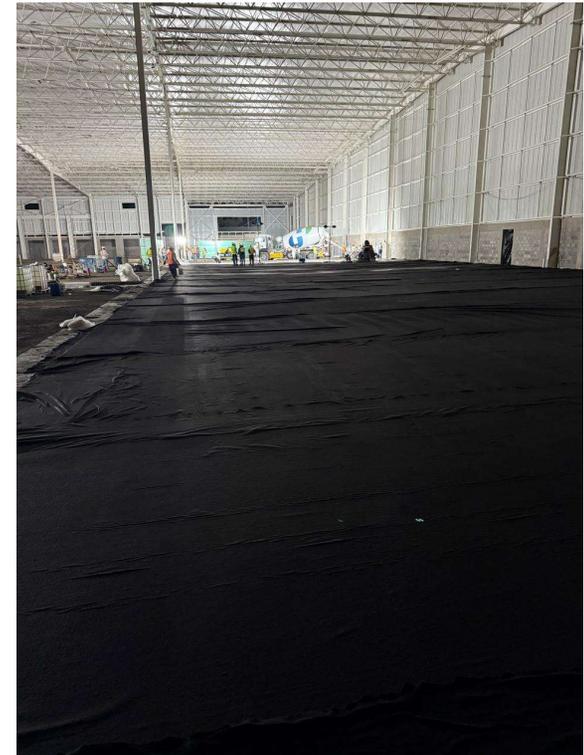
## Colocación y acabado





**14**vo Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto  
**2**do Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto

## Colocación y acabado





14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto  
 2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

# Colocación y acabado

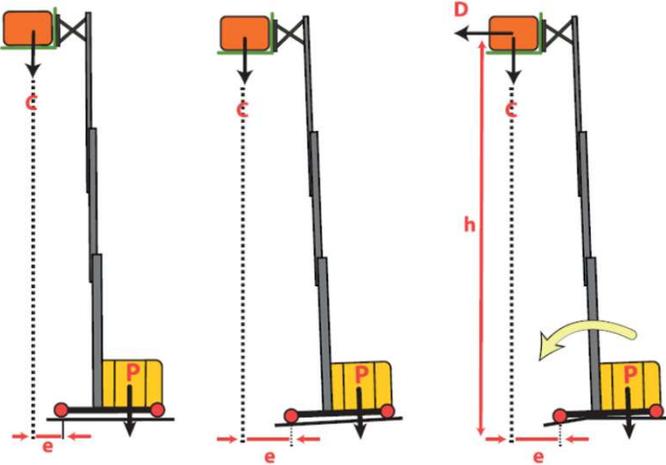


Figura 3.1- Estabilidad longitudinal de equipos de levante

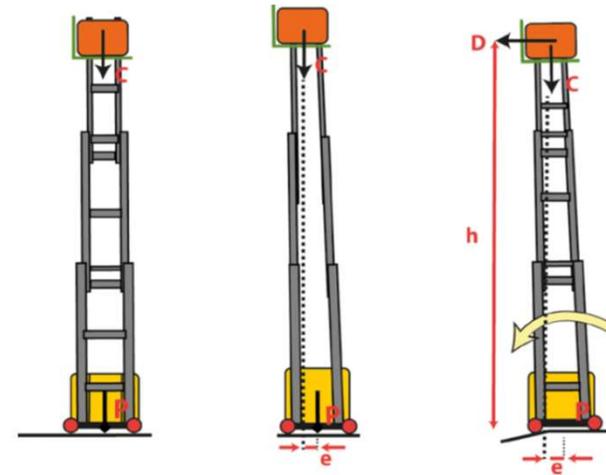


Figura 3.2- Estabilidad transversal de equipos de levante

Tomado del Manual de diseño de Pisos Industriales, Instituto del Cemento y del Hormigón de CHILE

REGULARIDAD	$F_r$	$F_l$
Corriente	20	15
Normal	25	20
Plana	35	25
Muy Plana	45	35
Súper plana	>50	>50



## *Sinergia entre todas las partes involucradas*



### Equipo de trabajo:

- Una de las innovaciones más importantes es lograr que todas las partes involucradas en el proyecto trabajen con una meta en común, que es lograr ejecutar un proyecto con altos estándares de calidad.
- Se deben tener claro todos los parámetros que se deben cumplir y que el contratista General dirija cada parte del proceso y compruebe el cumplimiento de las especificaciones técnicas de cada uno antes de pasar a uno nuevo.
- Cada proveedor de servicios, como lo es la colocación de base, colocador del concreto deben tener claros los parámetros a cumplir.
- Se deben involucrar todos los proveedores de insumos en el proceso constructivo.





**14<sup>vo</sup> Congreso Iberoamericano  
de Pavimentos de Concreto**

**2<sup>do</sup> Congreso Iberoamericano de  
Pisos Industriales de Concreto**



***GRACIAS***

**Ing. Osvaldo Villalobos Pereira**  
**Balbeck Costa Rica**  
**[ovillalobospe@gmail.com](mailto:ovillalobospe@gmail.com)**