

Variabilidad de resultados en la modelación numérica de pisos industriales, alterando el módulo de rotura del concreto

Liliana Patricia Álvarez Ponguta, Mirley Alexandra Martínez Ñaños

*Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia,
lpalvarez40@ucatonica.edu.co; mamartinez83@ucatonica.edu.co;
jcruge@ucatonica.edu.co*

RESUMEN

En esta investigación se realizó la modelación numérica de pisos industriales variando cinco módulos de rotura los cuales están en función del módulo de elasticidad ($MR = 38, 40, 42, 45, 48 \text{ kg/cm}^2$). Para dar alcance al proyecto se estableció como carga puntual, la correspondiente a un vehículo con ejes "single Wheel tandem" con una carga de (120KN), espesor de losa de 25cm, espesor de base 15cm, y modulación de losa con dimensiones de 4.6mX3.6m. Con lo cual se visualizó los esfuerzos de tensión máximos y tensión mínima, esfuerzos de compresión máximos y compresión mínima, y la ubicación de los esfuerzos máximos y mínimos (x, y, z) en la losa, un plano de deformaciones de cada una de las simulaciones realizadas, encontrando como resultados que los esfuerzos de tensión se presentan en menor magnitud que los esfuerzos de compresión.

Abstract

In this investigation of numerical modeling was performed varying industrial floors breaking five modules which are a function of modulus ($MR = 38, 40, 42, 45, 48 \text{ kg / cm}^2$). To reach the project was established as a point charge, corresponding to a vehicle with axes "single Wheel tandem" with a load of (120kN), slab thickness of 25cm, 15cm thick base, and modulation slab with dimensions of 4.6 mX3.6m. Whereby efforts maximum voltage and minimum voltage, maximum compression efforts and minimum compression, and every effort location (x, y, z) visualized in the slab plane deformation of each of the simulations and miss to find results that tensile stresses occur in lesser magnitude than the compressive forces.

PALABRAS CLAVES: pisos industriales, losa de concreto, esfuerzos a tensión, esfuerzos a compresión, EverFE 2.24.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día en Colombia se incrementa la construcción de pisos industriales, ya que éstos presentan una mayor durabilidad, así como un alto grado de ingeniería y exigencias técnicas y constructivas para obtener superficies de alto rendimiento y seguras. Normalmente los pisos con alto desempeño son requeridos en fábricas, bodegas, centros de distribución y otro tipo de áreas industriales sujetas a tráfico vehicular, es por ello que se requiere de un buen estudio de diseño para la determinación de las especificaciones técnicas, así como de materiales eficientes que cumplan con todos requerimientos de acuerdo al uso que va a tener el piso.

Así mismo se requiere de estudios con los cuales se permita analizar el comportamiento de los pisos industriales en el momento de ser usados, teniendo en cuenta las diferentes

cargas a los que son expuestos, para prever problemas futuros y aplicar mejores técnicas de construcción, es por este motivo que el presente trabajo de investigación pretende realizar la modelación numérica de pisos industriales variando el módulo de rotura del concreto utilizando una carga puntual, esta modelación se realizará por medio de la ejecución de un software libre llamado EverFE 2.24, que con sus resultados se podrán analizar los esfuerzos que adquiere una losa para las futuras construcciones de pisos industriales.

II. MARCO DE REFERENCIA

Según Lazarus & Lazarus soluciones. Los pisos son estructuras planas que generalmente se usan para el tránsito peatonal, de vehículos y en bodegas o fábricas donde hay maquinaria pesada, lo que requiere que las superficies sean fuertes y que tengan mayor resistencia y durabilidad los pisos industriales

requieren una buena planeación y diseño antes de ser construidos, es importante por tal motivo conocer bien los requerimientos necesarios relacionados con el uso que se le va a dar al piso, de este modo ser más durables y resistentes

Acero de Refuerzo. La presencia del refuerzo en la losa tiene como consecuencia un mejor desempeño que aquellas losas que no se refuerzan, la función que tiene el refuerzo de acero es mantener juntas las caras de las fracturas o grietas, cuando éstas aparecen en la losa de concreto. Las grietas en los pisos, son a menudo causadas por la restricción a cambios volumétricos en una masa de concreto, creando esfuerzos de tensión. Cuando estos esfuerzos de tensión exceden la resistencia a la tensión propia del concreto, sucede entonces el agrietamiento. Existe la posibilidad de un agrietamiento en forma aleatoria del elemento, debido a las inevitables contracciones por enfriamiento y contracciones por secado, propiedades inherentes del concreto endurecido.

La aparición de agrietamiento aleatorio en el concreto debe de ser controlado y hay varias maneras efectivas de lograrlo. Como primera consideración se tiene que minimizar los cambios volumétricos en el concreto endurecido y otras maneras de lograrlo incluyen la utilización de juntas, el uso de acero de refuerzo y el uso de fibras que ayuden a controlar el agrietamiento plástico. También pueden ser usado sistemas de postensado o concretos de contracción compensada para controlar la aparición de agrietamiento aleatorio.

Las juntas, le permiten al concreto un ligero movimiento, por lo cual, se reducen los esfuerzos por restricción, así como el alivio de esfuerzos, evitando de ésta manera el agrietamiento. Existen principalmente tres tipos de juntas dependiendo su función, ubicación y condiciones en obra. Los tres tipos de juntas comúnmente utilizados en los pisos de concreto son:

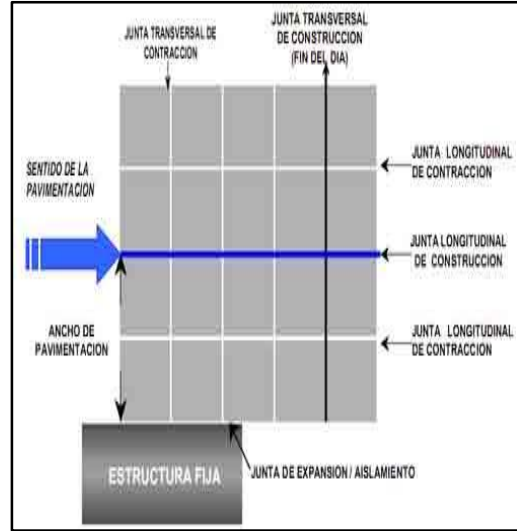
➤ **Junta Transversal de Expansión/Aislamiento:** Estas juntas son colocadas en donde se permita el movimiento de la losa sin dañar estructuras adyacentes (estructuras de drenaje, muros, etc.).

➤ **Junta Longitudinal de Contracción:** Son las juntas longitudinales intermedias dentro del área o franja del piso que se esté colando y controlan el agrietamiento donde van a ser colados en una sola franja dos o más losas de concreto.

➤ **Juntas Transversales de Contracción:** Son las juntas que son construidas transversalmente al sentido del colado y que son espaciadas para controlar el agrietamiento provocado por los efectos de las contracciones como por los cambios de temperatura y de humedad.

➤ **Junta Longitudinal de Construcción:** Estas juntas unen losas adyacentes cuando van a ser coladas las franjas o áreas en tiempos diferentes

Fig. 1. Tipos de Juntas para Pisos Industriales.



Fuente. **CONSTRUCTOR CIVIL. Tipos de Juntas en Pavimentos de Concreto [en línea].** Bogotá: La Empresa [citado 15 mayo, 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.elconstructorcivil.com/2011/04/tipos-de-juntas-en-pavimentos-de.html>>.

Resistencia a la flexión por tensión. Cuando una carga es aplicada a un piso industrial soportado sobre el terreno, está producirá esfuerzos en la losa de concreto. Los esfuerzos por compresión provocados por la carga en la losa son considerablemente menores que la resistencia a la compresión del concreto, sin embargo, no sucede lo mismo con los esfuerzos de flexión. La flexión es crítica ya que una parte de la losa al aplicar la carga se encuentra en tensión y la resistencia a la tensión del concreto es apenas una pequeña porción de la resistencia a la compresión.

La resistencia a la flexión se determina a través de la prueba de módulo de ruptura (MR)

Según BECKER, Edgardo las deformaciones Son los que son generados a partir de otros esfuerzos que se pueden dar por efectos térmicos e hídricos a deformación típica alabeo para minimizar este efecto se deben de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- "Diseñar espesores generalmente de 15 y 30 cm.
- La geometría sea en lo posible cuadrada $1,0 < \text{largo/ancho} < 1,5$.
- Tener en cuenta las separaciones entre juntas siguiendo las recomendaciones de la PCA"

III. METODOLOGÍA

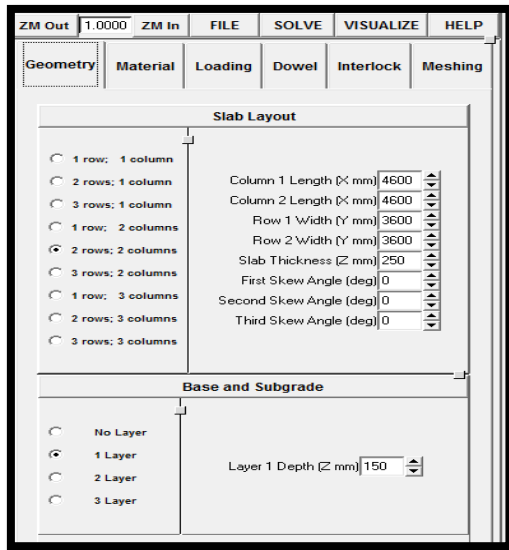
Para el desarrollo del trabajo lo primero que se realizó fue la recopilación de información utilizando material de consulta como la web, material impreso, accesorias a profesionales, etc.

Con ello se logró tener una relación estrecha con el tema escogido, además se investigó los valores de módulo de rotura más comunes con los cuales se realizó la modelación en el programa Everfe 2.24.

- Se implantó todas las variables de estudio y definió los valores que se van a emplear al momento de la modelación en el programa.
- Se establecieron parámetros fijos y variables, los siguientes son los que el programa Everfe 2.24 tiene predeterminado y no se modifican.

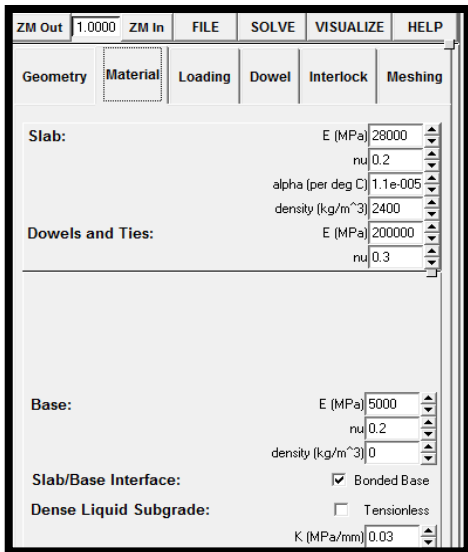
También se muestra el proceso con el que se llevó a cabo la modelación.

Fig. 2. geometría de las losas predeterminada por el programa Everfe 2.24.



Fuente: Los autores

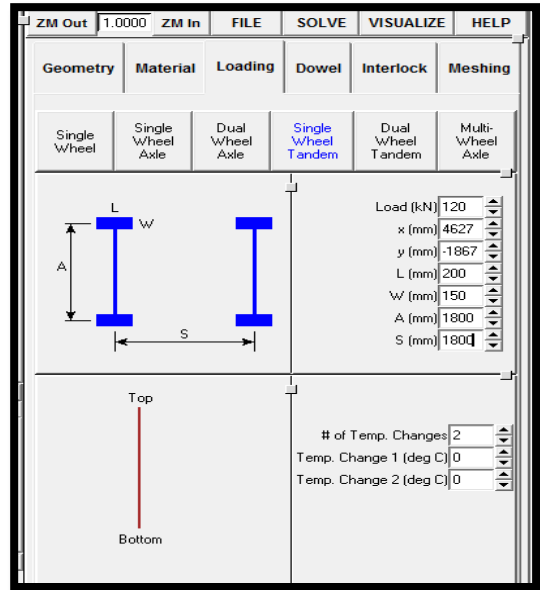
Fig. 3. Materiales de la losa predeterminada por el programa Everfe 2.24.



Fuente: Los autores.

Nota: en esta pantalla se modifica el módulo de elasticidad E (MPa), ya que éste es el valor a variar en el proyecto.

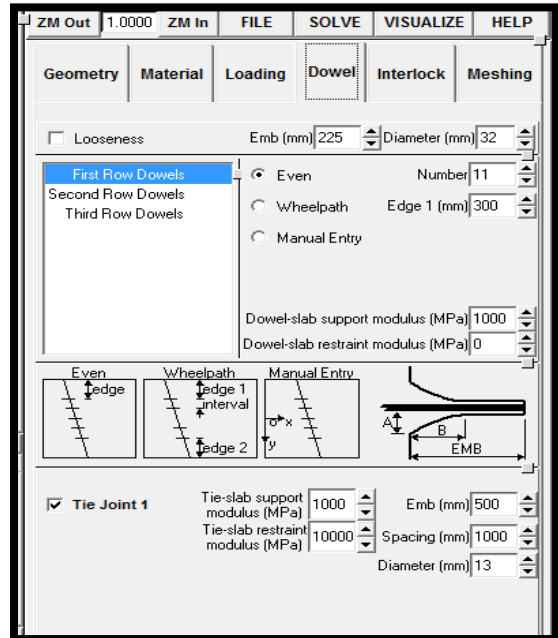
Fig. 4. Carga aplicada a la losa.



Fuente: Los autores

Nota: la carga escogida para el proyecto es “single Wheel tándem”, la posición en la que se ubica la carga, se ajusta igual para todas las modelaciones.

Fig. 5. valores de dovelas predeterminadas por el programa.



Fuente: Los autores.

- El parámetro a variar es el módulo de elasticidad. Para ingresar los datos en el programa Everfe 2.24 fue necesario tomar el módulo de rotura y hacer una

conversión de unidades, luego multiplicarlo por un coeficiente (6750) el cual permite obtener el módulo de elasticidad con las unidades que utiliza el programa.

$$MR = 38 \frac{Kg}{cm^2} * \frac{(100cm)^2}{1m^2} * \frac{10N}{1Kg} = 3.8 \frac{MN}{m^2} = 3.8 MPa$$

$$E = 3.8 MPa * 6750 = 25650 MPa$$

Tabla 1: Resultados de conversiones.

Módulo de Rotura kg/cm ²	Módulo de Elasticidad MPa
38	25650
40	27000
42	28350
45	30375
48	32400

Fuente: Los autores

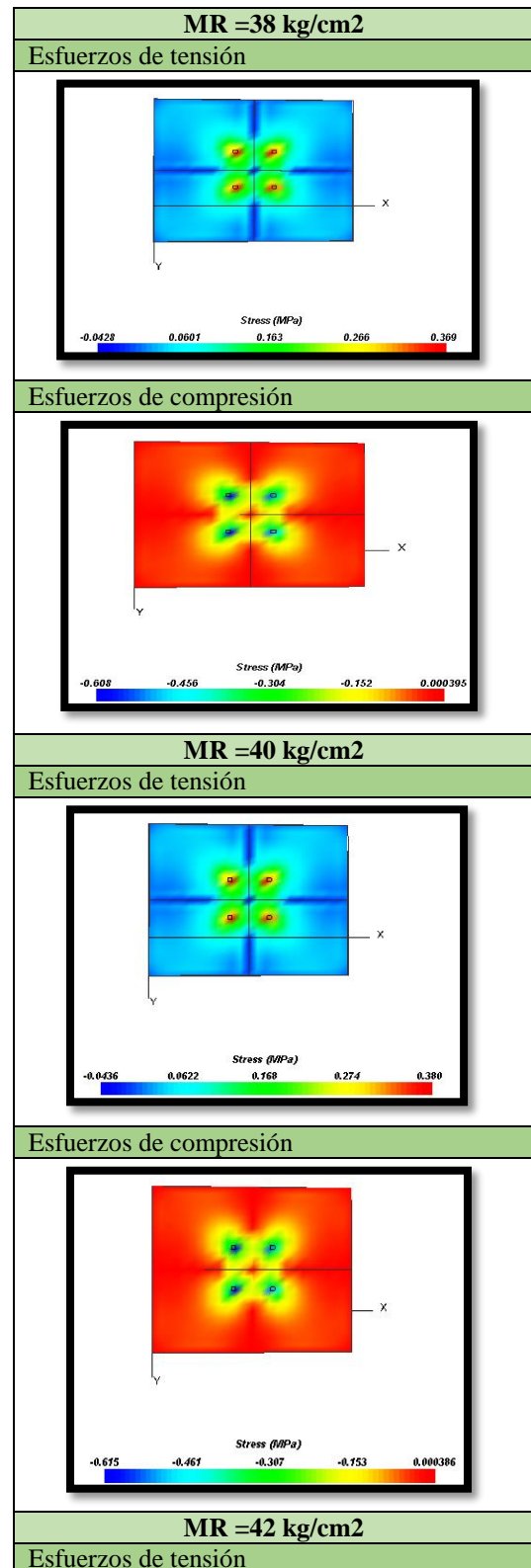
Tabla 2: parámetros fijos en la ejecución de Everfe 2.24.

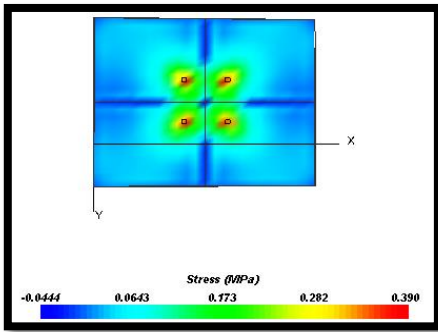
GEOMETRIA		
No. De losas	4	
Distribución	2 filas X 2 columnas	
Espesor de la losa	250	mm
No. De bases	1	
espesor de base	150	mm
Dimensión losa en X	4600	mm
Dimensión losa en Y	3600	mm
MATERIAL		
Parámetros del concreto	Módulo de elasticidad E(Mpa)	variable
	coeficiente de poisson (μ)	0,2
	densidad (Kg/m ³)	2400
	coefi. expansión térmica alpha	1,1 e-005
Parámetros de los pasadores	Módulo de elasticidad E (Mpa)	200000
	coeficiente de poisson μ	0,3
Parámetros de la base	Módulo de elasticidad E (Mpa)	5000
	coeficiente de poisson μ	0,2
	densidad (Kg/m ³)	0
CARGA		
carga	120	KN
Posición en el plano X	4627	mm
Posición en el plano Y	-1867	mm
PASADORES		
diámetro	32 mm	
longitud embebida en la placa	225 mm	
longitud borde de placa-primer pasador	300 mm	
No. De dovelas	11	

Fuente: Los autores.

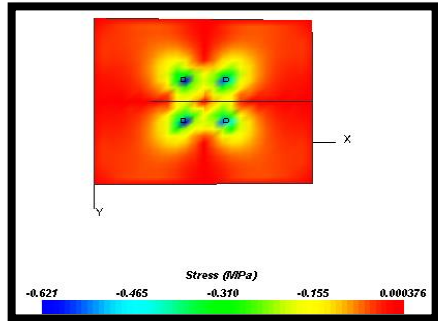
IV RESULTADOS

Tabla 3: resultados visualizados de esfuerzos de tensión y compresión Max, Min.



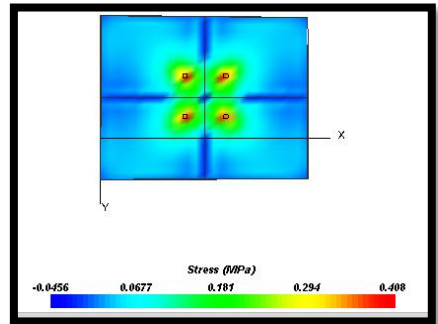


Esfuerzos de compresión

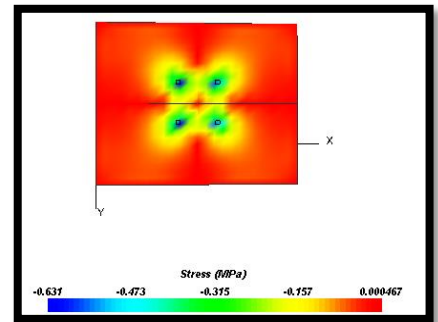


MR =45 kg/cm2

Esfuerzos de tensión

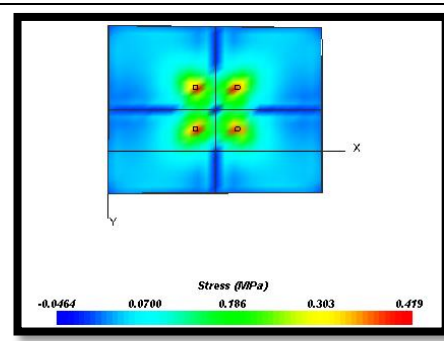


Esfuerzos de compresión

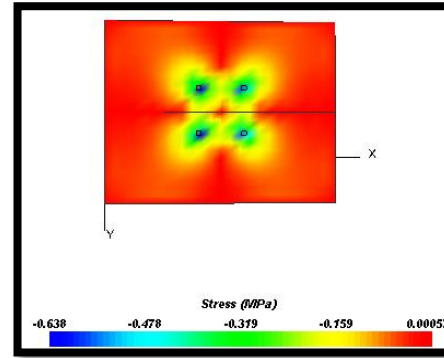


MR =48 kg/cm2

Esfuerzos de tensión



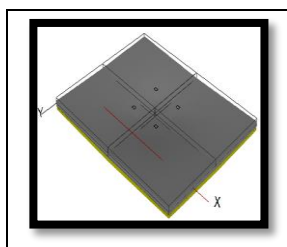
Esfuerzos de compresión



Fuente: Los autores.

Tabla: 4: Resultados Visualizados de deformaciones de los Diferentes módulos de rotura al Aplicar una Carga de 120Kn.

Deformaciones módulo de rotura 38kg/cm ²	Deformaciones módulo de rotura 40kg/cm ²
Deformaciones módulo de rotura 42kg/cm ²	Deformaciones módulo de rotura 45kg/cm ²
Deformaciones módulo de rotura 48kg/cm ²	



Fuente: Los autores.

Tabla 5: resultados visualizados de esfuerzos a tensión máximos, mínimos.

ESFUERZOS TENSION		Smax (Mpa)	Smin (Mpa)
M.R = 38	Kg /cm ²	0,369	-0,0428
M.R = 40	Kg /cm ²	0,38	-0,0436
M.R = 42	Kg /cm ²	0,39	-0,0444
M.R = 45	Kg /cm ²	0,408	-0,0456
M.R = 48	Kg /cm ²	0,419	-0,0464

Fuente: Los autores

Tabla 6: resultados visualizados de esfuerzos a compresión máximos, mínimos.

ESFUERZOS COMPRESIÓN		Smax (Mpa)	Smin (Mpa)
M.R = 38	Kg /cm ²	-0,608	0,000395
M.R = 40	Kg /cm ²	-0,615	0,000386
M.R = 42	Kg /cm ²	-0,621	0,000376
M.R = 45	Kg /cm ²	-0,631	0,000467
M.R = 48	Kg /cm ²	-0,638	0,000577

Fuente: Los autores.

V. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de la modelación permite identificar que entre mayor sea el módulo de elasticidad, el cual está en función del módulo de rotura, mayores son los esfuerzos que adquiere la losa simultáneamente y las deformaciones que sufre son menores.
- Los resultados de los esfuerzos son sensibles en un 15% al variar el módulo de rotura.
- Los esfuerzos máximos de tensión se presentan en la fibra inferior de la losa y los esfuerzos máximos a compresión en la fibra superior de la losa.
- Los valores de los esfuerzos máximos de compresión son mayores que los de tensión, por consiguiente la losa presentaría falla por compresión.

BIBLIOGRAFIA

BECKER, Edgardo. Alabeo de losas de pisos industriales [en Línea]. Bogotá: Loma Negra [citado 26 abril, 2015]. Disponible en Internet: <URL: http://www.lomanegra.com.ar/img/alabeo_de_losas_de_pisos_industriales.pdf>

CEMEX. Manual de Diseño y Construcción de Pisos Industriales. Bogotá: La Empresa, 2011. 91 p.

GRACIA ALARCÓN, Oscar Alberto y QUESADA BOLAÑOS, Gonzalo. Evaluación de una alternativa para la construcción de pisos industriales de gran formato en Colombia. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Modalidad trabajo de grado para maestría, 2012. 76 p.

HERNÁNDEZ PALACIOS, Tomás. Pisos industriales – otras alternativas existentes. México: Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, 2012. 15 p.

INSTITUTO COSTARRICENSE DE CEMENTO Y CONCRETO. Manual de construcción de pisos de concreto sobre el terreno. San José: El Instituto, 2012. 28 p.

LAZARUS & LAZARUS SOLUCIONES PARA PISOS INDUSTRIALES. Descripción y Uso de Pisos Industriales. En: Lazo Noticias. Junio – Agosto, 2006. no. 2.

PRIETO M., Ángel L Modelación Numérica de Pisos Industriales Considerando la Variabilidad en la Solicitación de Cargas. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Modalidad trabajo de grado, 2011. 98 p.

QUIMINET. Análisis de superficies en los pisos industriales [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 15 mayo, 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.quiminet.com/articulos/analisis-de-superficies-en-los-pisos-industriales-16650.htm>>

QUIMINET. Conozca las características con las que debe de contar un piso industrial [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 10 mayo, 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.quiminet.com/articulos/conozca-las-caracteristicas-con-las-que-debe-de-contar-un-piso-industrial-3444885.htm>>

REVISTA CONSTRUCCION Y TECNOLOGÍA EN CONCRETO. Pisos industriales de concreto: materiales, diseño y construcción [en línea]. México: La Revista [citado 15 mayo, 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.imeyc.com/revistacyt/jul11/artingenieria.html>>

VIDAUD E. Pisos industriales de concreto: materiales, diseño y construcción [en línea]. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto [citado 20 febrero, 2015]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.imeyc.com/revistacyt/jul11/artingenieria.html>>