

Losas de fundación de almacenes autoportantes

Ingeniero Agustín Escamez Sánchez

Director RCRCrete Engineering, S.A.

Reproducción autorizada por la revista Noticrete # 118, de Mayo – Junio 2013. Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO.

¿QUÉ ES UN ALMACÉN AUTOPORTANTE?

Un almacén autoportante es aquel donde se sustituyen las estructuras tradicionales de pilares y vigas por un sistema hiperestático a manera de “mecano” formado por las estanterías destinadas al almacenaje.

Ante la vista de una estructura de tal magnitud es intuitivo pensar que las estanterías del almacén están diseñadas bajo formidables trabajos de diseño e ingeniería y que su desarrollo es un acierto notable de las grandes empresas dedicadas al almacenaje y servicio del sector logístico. Pero de inmediato nos asalta una pregunta: ¿qué ventajas tiene un almacén autoportante sobre un almacén tradicional? Tenemos para ello varias respuestas:

- La optimización de los volúmenes de almacenamiento, pues las estructuras de este tipo nos permiten “elear” el almacén hasta alturas de 40 metros, reduciendo la superficie de ocupación.
- La rapidez de instalación y construcción del almacén: es notable la reducción de los plazos de ejecución.
- La instalación de métodos automatizados de almacenamiento y manejo de cargas como los transelevadores y los montacargas trilaterales.
- La singular operatividad de este tipo de almacenes frente a las soluciones tradicionales, puesto que utilizan medios mecanizados de alto rendimiento.
- La seguridad estructural, pues son construcciones de gran estabilidad.

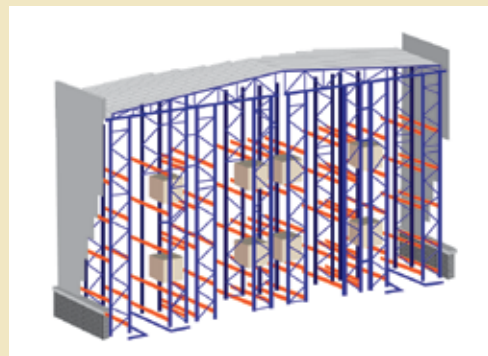
Aspecto de la construcción de un almacén autoportante.





Figura 1

Sección esquemática de la disposición de las estanterías que sustentan la cubierta.



- Son tantas las ventajas de los almacenes autoportantes que su éxito y su acogida son superiores a lo esperado, y se convierten en el único tipo que reclaman determinados sectores del mundo logístico en Europa.

La optimización de los actuales sistemas de almacenaje es un aspecto clave para el éxito de la logística. La múltiple diversidad de productos que mueven los mercados debe almacenarse y clasificarse de la manera más rápida y económica posible, aprovechando al máximo el espacio y el volumen de almacenamiento, en lo cual es fundamental la rapidez de operación para los intereses y la calidad del servicio.

Un claro ejemplo de este desarrollo y automatización son los almacenes autoportantes, cuyos estantes apilan las paletas pero al mismo tiempo constituyen la estructura y soportan el peso de cubierta, cerramientos e instalaciones.

Estas novedades han puesto sobre la mesa un problema de ingeniería y construcción que exige la mejor respuesta por parte de diseñadores y constructores. La losa de fundación donde se apoya la totalidad del almacén necesita condicionantes estructurales especiales de singulares características que, unidos a la posterior necesidad de operatividad y de automatización del almacén, nos obliga a cambiar el tradicional concepto de losa de fundación por el de "piso estructural".

Tolerancias en el nivel de la superficie de la losa bajo normas FEM.

- Longitud de almacén hasta 50 metros: ± 10 mm
- Longitud de almacén desde 50 hasta 150 metros: ± 15 mm
- Longitud de almacén superior a 150 metros: ± 20 mm

DISEÑO DE LA LOSA DE FUNDACIÓN

Condicionantes

El sistema de estanterías metálicas que "autosportan" el almacén descansa sobre la losa de fundación en un gran número de apoyos (pies de estanterías) de muy pequeña dimensión. Estos apoyos van anclados a la losa mediante pernos metálicos de dimensiones y longitudes variables. Por lo tanto, la losa de fundación debe ofrecer, por lo general, una serie de condiciones cuyo diseño y puesta en obra son importantísimos para el buen funcionamiento del sistema de almacenaje. Podemos asegurar que lo que es válido y funcional para un edificio tradicional, no es válido en absoluto para un almacén autoportante.

Los condicionantes respectivos son:

- Conseguir gran resistencia mecánica para soportar grandes cargas puntuales derivadas de la estructura.
- Obtener una exquisita nivelación de la losa, la cual se regula con la normativa FEM (Fédération Européenne de la Manutention) para asegurar que todos los apoyos estén en un mismo plano y propiciar condiciones de gran facilidad y velocidad para la instalación de los apoyos que fijan la estructura a la losa, reduciendo así tiempo y costos.



El bombeo dificulta obtener un buen nivel de acabado y encarece la solución.

De nuevo nos asaltan varias preguntas:

¿Podemos garantizar un diseño de losa que cumpla tan estrictos condicionantes? La respuesta es sí, pero sólo si concebimos la losa de fundación como un piso industrial especial, y no como un elemento estructural.

¿Qué tipo de sistema constructivo debemos emplear? La respuesta es clara: debemos ajustar la ejecución a los sistemas de extendido de los pisos industriales, desligándonos de la puesta en obra tradicional y de los poderosos armados con barras de acero. Para ello debemos utilizar materiales y soluciones modernas que nos permitan usar medios mecánicos de extendido, huyendo de los armados tradicionales. Estos materiales son: fibras de acero estructural, juntas y pasajuntas especiales para transmisión de grandes cargas, y endurecedores de superficie con terminación pulida mediante modernas máquinas de acabado.

También es necesario establecer un protocolo de todo el proceso constructivo, seguido a pie de obra por técnicos especializados en pavimentación. Deben crearse y establecerse documentos de control que finalmente registren y verifiquen la idoneidad de todo el proceso (calidad del concreto, tiempos de obra, ensayos, condicionantes, dosificación de las fibras) y que sirvan de testimonio de lo ocurrido en obra. Con ello daremos una garantía total sobre la ejecución de estas losas tan especiales.

Seguimos con nuestras preguntas: ¿Es posible en todos los casos adecuar el proceso constructivo de una losa de fundación a un piso industrial? No, no lo es, ya que existen casos especiales donde se ponen en práctica elementos (como la presencia de pilotes) que impiden el diseño único con fibras de acero. En tales casos, la solución debe ser un híbrido entre métodos tradicionales y actuales, combinando barras de acero con fibras estructurales.

Losas tradicionales

Tradicionalmente las losas de fundación para grandes estructuras se diseñan y construyen:

- a. Con grandes espesores de concreto.
- b. Con grandes armados de barras de acero.
- c. Sin juntas funcionales.

Esto nos lleva a la siguiente reflexión:

Los armados tradicionales exigen plazos de obra que deben tenerse en cuenta en la planificación de proyecto y, por tanto, en los costos de ejecución de obra (a mayor plazo de ejecución, mayor costo global). Además, la presencia de estas armaduras obliga a utilizar bombas para la colocación posterior del concreto, lo cual encarece y complica aún más el resultado final.

La utilización de bombas obliga a subir el asentamiento para la puesta en obra, lo que se traduce en el uso de fluidificantes y plastificantes en el concreto. ¿Qué pasa cuando el concreto cuenta con gran cantidad de aditivos y se coloca en grandes espesores? El fraguado se torna desigual (endurecimiento no uniforme del concreto), lo que a su vez dificulta obtener los niveles de tolerancia en la nivelación de la losa; con esto ya estamos incumpliendo algunos condicionantes de los expuestos en la primera parte de este artículo.

Como si fuera poco, la presencia de estas barras de acero cerca de la superficie (de gran diámetro la mayor parte de las veces) dificulta sobremanera la colocación de los pernos de anclaje de los apoyos de las estanterías del almacén. Tengan en cuenta que los pernos que deben colocarse en cada almacén para sujetar semejante estructura son miles y de gran longitud. ¿Se imaginan el costo de tiempo y el material necesario

para esa tarea en caso de una gran densidad de armado?

Otra desventaja que se deriva de las soluciones tradicionales es la ausencia de juntas funcionales. Las losas suelen diseñarse de forma continua, sin juntas, donde no deben interrumpirse los armados. Eso condiciona mucho la ejecución puesto que es necesario mover enormes cantidades de concreto y la planificación de la obra se torna muy difícil, a veces llega al absurdo, pues es imposible suministrar los volúmenes de concreto.

Podemos por ello afirmar que del diseño tradicional de las losas de fundación se deriva una serie de desventajas que se son:

- Prolongado plazo de ejecución.
- Dificultad para obtener una nivelación adecuada a la norma que regula los almacenes autoportantes.
- Dificultad para instalar los anclajes.
- Mayor costo global.
- Dificultad de planificación.

USO DE FIBRAS ESTRUCTURALES

La presencia de las fibras de acero estructurales en la masa del concreto nos aporta los siguientes beneficios:

- Reduce los espesores de las losas: el armado multidireccional de las fibras permite incrementar las resistencias a flexotracción de la losa sin exigir recubrimientos ni distancias mínimas entre armaduras, lo que se corresponde con la optimización de los espesores.
- Reduce los plazos de obra: el armado va incluido en el concreto, lo cual elimina una fase de obra.
- Elimina la presencia de bombas y reduce el contenido de aditivos en el concreto.
- Permite utilizar medios mecánicos de extendido (laser screed y reglas vibrantes de celosía) que aseguran una nivelación acorde con las normas vigentes.
- Por supuesto, la ausencia de barras facilita la instalación de los pernos que soportan la estructura, aumentando la velocidad de instalación y reduciendo los plazos de obra.

El diseño y utilización de juntas de construcción con pasajuntas de gran capacidad de transmisión de carga nos facilita una adecuada planificación de la obra, ya que podemos "dividir" la losa en pastillas cuyo tamaño nos permita gestionar volúmenes de concreto acordes a la capacidad de servicio y suministro de las concreteteras de la zona.

Ponderación de las cargas actuantes

Las estanterías del almacén autoportante son solicitadas por multitud de fuerzas externas que se combinan formando un complejo mapa de cargas sobre la losa.

Estas cargas son:

- Las provenientes de las paletas almacenadas y de su movimiento y circulación dentro del almacén.



Incorporación de las fibras en el concreto.

Conforme a:

| ASTM C39 – AASHTO T22 |

Nuevas prensas automáticas AUTOMAX y PILOT El poder de la innovación



CUSTOMER'S VALUE
DRIVES THE INNOVATION



Distribuidor exclusivo en México:

EQUIPOS DE ENSAYE CONTROLS, S.A DE C.V.

Av. Hacienda 42, Col. Club de Golf Hacienda,

Atizapán de Zaragoza, C.P. 52959, Estado de México.

Tels. (+52 55) 55 32 07 99, 55 32 07 22, 53 78 14 82

CONTROLS Your Partners
Masters of Technology

info@controls.com.mx

www.controls.com.mx

ADVANTEST

**Un sistema
servo-hidráulico
multifunción para
ensayos bajo**

**CONTROL
DE CARGA**

**CONTROL DE
DESPLAZAMIENTO Y
DEFORMACIÓN**

Conforme con normas y métodos:
ASTM, AASHTO, EN, EFNARC, NMX



- ▶ Control en lazo cerrado de alta sensibilidad
- ▶ Control automático de hasta 4 bastidores
- ▶ Control integral vía PC
- ▶ Rapido set up a través del módulo software de calibración

VARIAS CONFIGURACIONES

CONCRETOS, BLOQUES Y MORTEROS



CONCRETO LANZADO Y REFORZADO CON FIBRAS



ROCAS: PRUEBAS UNIAXIALES Y TRIAXIALES





Vibración de correo con herramientas mecánicas.



Ejemplo de gran densidad de armado.



Extendidora *laser screed*.

- La proveniente de la cubierta y cerramientos verticales.
- Cargas por empuje de viento.
- Cargas por sobrecarga de cubierta (nieve en países templados, arena en regiones desérticas).
- Cargas por sismo.
- Cargas por los empujes de los elementos de elevación y almacenaje (traselevadores y montacargas).

Cada uno de los apoyos de la estructura sufre de manera diferente la combinación de los distintos valores de cada una de estas cargas. No sufren por igual la carga de viento los apoyos más cercanos a los muros del almacén donde empujan los vientos dominantes (experimentan tensiones de tracción) que los que se sitúan en el lado contrario (que experimentan importantes esfuerzos a compresión). Esto se denomina "efecto vela de barco" y tiene gran importancia en el cálculo y diseño del almacén. Los esfuerzos generados por un sismo o por la ubicación de las paletas tampoco tienen igual incidencia sobre todos los apoyos.

Así nos encontramos con cientos o miles de pequeños apoyos con una resultante distinta que viene de sumar las diferentes cargas de viento, nieve, sismo, paletas, etc. Es muy alta la complejidad del mapa de esfuerzos sobre la losa.

Como curiosidad podemos apuntar que existe un caso muy delicado denominado "almacén en vacío" que ocurre cuando el almacén está ya construido, pero aún no tiene carga viva en su interior. Una gran racha de viento o un vendaval puede desestabilizar la estructura. Los diseñadores tienen en cuenta este efecto y para contrarrestar el fenómeno suelen colocar refuerzos extras con barras de acero o sobre espesores.

Una vez determinados los esfuerzos en todos los apoyos (mediante programas informáticos y con gran paciencia por parte de los diseñadores), y aplicando en cada caso los diferentes coeficientes de mayoración en función de la naturaleza de cada carga, estaremos en capacidad de calcular estructuralmente la losa. Recuerden que cada país, y a veces cada región, tiene normativas diferentes y debemos estar muy atentos a lo que determina cada una de ellas, por ejemplo en el caso de sismos.

Viene la realización de un buen estudio geotécnico de la zona que sustentará el autoportante para determinar las acciones de mejora del terreno.

Ya tenemos todo lo necesario para diseñar la losa. Utilizando las fibras de acero podemos afinar el cálculo y proponer soluciones de gran esbeltez y fiabilidad. Ahora solo falta construirla.

MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

Básicamente existen dos formas de construir las losas de almacén autoportante: una, en "gran panel" o con losas de gran superficie, mediante medios mecanizados de extendido (extendedoras laser screed). La otra forma es mediante paños de gran formato (con el uso de reglas vibrantes). El primer caso es propio de losas cuyo espesor no excede de los 35 cm. Para espesores mayores se recomienda el extendido por calles.

Este último nos permite, además, controlar con todo detalle los niveles de las reglas y encofrados que conforman la calle, lo que nos proporciona unas planimetrías que sobrepasan las exigencias de la normativa FEM.

Son muchos los casos en que las losas deben llevar algún armado complementario por la presencia de pilotes, o por la determinación de esfuerzos ante posibles asentamientos diferenciales del terreno. En tal caso se complica la puesta en obra y se deben combinar métodos tradicionales (bombeo) con paños de gran formato.

Otro caso singular son los almacenes autoportantes frigoríficos. Las losas deben ejecutarse sobre aislamientos térmicos que impiden utilizar medios de extendido mecanizado tipo laser screed. En tales casos cobra interés la ejecución por paños.

CONCLUSIÓN

Lo arriba expuesto nos deja claro que el diseño y la ejecución de losas para almacenes autoportantes deben contratarse con empresas especializadas en el ámbito de la pavimentación industrial, ya que disponen de los conocimientos y medios necesarios para realizarlas con toda garantía.

No podemos escatimar medios cuando se trata de una losa de fundación que va a soportar sobre ella enormes sumas de dinero bajo la forma de almacén, mercancía, maquinaria y medios automatizados de manutención.

En la actualidad se da una estrecha relación entre las empresas que realizan estante-rías autoportantes y las empresas de pavimentación industrial con alta cualificación técnica, pues conforman un paquete conjunto cuya solución es operativa y de grandes resultados.

En Europa existen innumerables ejemplos de esta simbiosis, con multitud de proyectos exitosos y grandes resultados. Es grato comprobar la satisfacción de los empresarios que han confiado en este tipo de almacenes y han dejado en manos de especialistas en pavimentación industrial la ejecución de sus "pavimentos estructurales".

El futuro de los almacenes autoportantes está llamando con fuerza a las puertas de América Latina y exige de las empresas que prestan servicio al mundo logístico la mejor de sus respuestas. **C**



Acabado de losas de concreto mediante herramientas de tipo helicóptero.