



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN, DISEÑO Y MONTAJE DE  
INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO (ESTANTERÍAS), PARA USO  
INDUSTRIAL**

**Julio Roberto Quixtan Cajas**

Asesorado por el Ing. José Marcos Mejía Son

Guatemala, enero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN, DISEÑO Y MONTAJE DE  
INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO (ESTANTERÍAS), PARA USO  
INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**JULIO ROBERTO QUIXTAN CAJAS**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MARCOS MEJÍA SON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ENERO DE 2011  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Alba Maritza Guerrero López
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Herberth René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Félix Aguilar
EXAMINADOR	Ing. Eduardo Ramírez Saravia
EXAMINADOR	Ing. Elfego Orozco Fuentes
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN, DISEÑO Y MONTAJE DE  
INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO (ESTANTERÍAS), PARA USO  
INDUSTRIAL,**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el día 19 de mayo de 2010.

  
**Julio Roberto Quixtan Cajas**

Guatemala 26 de octubre de 2010

Ingeniero

Ronald Estuardo Galindo Cabrera

Coordinador Área de Estructuras

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

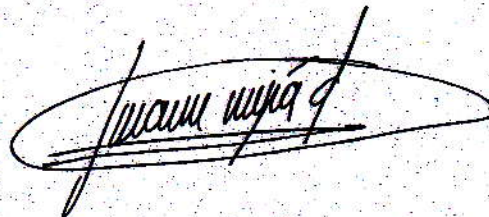
Ing. Galindo Cabrera:

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de Graduación titulado "CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN, DISEÑO Y MONTAJE DE INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO (ESTANTERIAS), PARA USO INDUSTRIAL", desarrollado por el estudiante Julio Roberto Quixtan Cajas, con número de carné 9030237 quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo elaborado satisface los requisitos exigidos en la Facultad, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradeciendo su atención, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



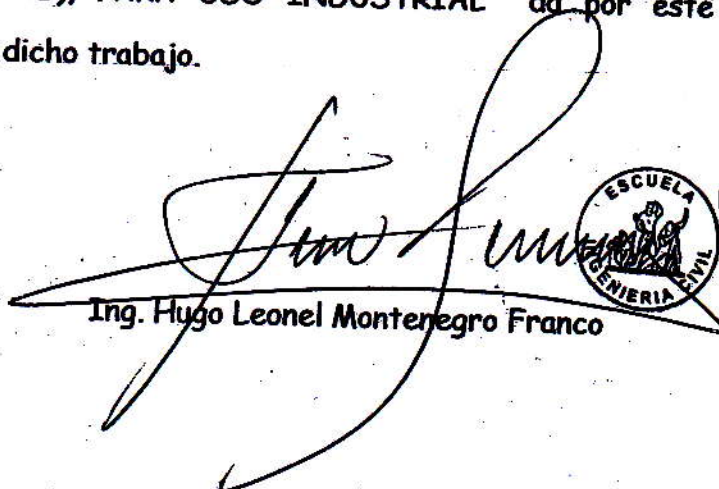
Ing. José Marcos Mejía Son

Col. 7401

Asesor Trabajo de Graduación



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. José Marcos Mejía Son y del Coordinador del Área del Departamento de Estructuras, Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera al trabajo de graduación del estudiante Julio Roberto Quixtan Cajas, titulado CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN, DISEÑO Y MONTAJE DE INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO (ESTANTERIAS), PARA USO INDUSTRIAL da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECTOR  
USAC

Guatemala, enero de 2011

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
19 de noviembre 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN, DISEÑO Y MONTAJE DE INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO (ESTANTERÍAS), PARA USO INDUSTRIAL**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Julio Roberto Quixtan Cajas, quien contó con la asesoría del Ing. José Marcos Mejía Son.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabre  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Universidad de San**

#### **Carlos de Guatemala:**

Por darme la formación profesional y así obtener un nivel académico universitario.

### **Escuela**

#### **de Ingeniería Civil:**

Por ser mi fuente de estudio y permitirme ser parte del grupo profesional de dicha institución.

### **El Ing. José**

#### **Marcos Mejía Son:**

Por su confianza y apoyo al trabajo realizado, mil gracias.

### **Comunidad Católica**

#### **Monte Carmelo:**

Por sus oraciones, apoyo espiritual y consejos para alcanzar la meta lograda.

### **Mis amigos:**

Arnoldo, Juan, Héctor, José, Jaime, Erick, Evelyn, Erick del Valle, Vitalino, Irma, Ing. Pablo de León, Luis Amado, Ing. Humberto Duarte, Dilma por su amistad y consejos en este triunfo alcanzado.



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios:** Por ser mi salvador, guía, fortaleza, fuente de sabiduría y darme la oportunidad de finalizar esta etapa de mi vida.
- Mi madre:** María Antonieta Cajas Aguilar, por confiar siempre en mí y brindarme su apoyo incondicional que con este triunfo te devuelva algo de lo mucho que me has dado, este triunfo es tuyo, gracias mami.
- Mi padre:** Jaime Quixtan Oroxom, por tu apoyo y consejos a lo largo de este caminar.
- Mi esposa y bebés:** Flor de María, Josué Roberto y Saúl Andrés, por ser regalo y bendiciones de Dios en mi vida, e inspiración para seguir alcanzando nuevos triunfos y compartirlos con alegría en familia.
- Mis hermanos y cuñadas:** Gracias por su apoyo, oraciones, amistad, amor y ejemplo, comparto con ustedes este triunfo.
- Mis sobrinos:** Melani, Gaby, Claudia, Fátima, Pablo, Kimberly, Yoselin y Joaquín, que esta meta alcanzada me permita apoyarles más y que en su momento ustedes junto a Josué y Saúl alcancen esta meta, les quiero mucho.

**Mis suegros:**

Encarnación Rodríguez y Carmen León, gracias por su apoyo, han sido una bendición a nuestras vidas, sin su ayuda este logro se hubiera complicado más.

**Mis abuelas:**

Demecia Vda. de Quixtan y Romelia Vda. de Cajas, por su amor y sabios consejos, los llevo en mi corazón y agradezco a Dios el privilegio de compartir con ustedes este momento tan especial.

**Tíos, tías y primos:**

Por su apoyo, consejos y amor que siempre me han servido como guías en mi vida y hoy ayudan a culminar una meta importante en mi vida, mil gracias.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	IX
<b>RESUMEN</b>	XI
<b>OBJETIVOS</b>	XIII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XV
<b>1 BODEGAS INDUSTRIALES</b>	1
1.1 Definición	1
1.2 Generalidades	1
1.2.1 Funciones de la bodega	2
1.3 Tipos	4
1.3.1 De acuerdo a su organización	4
1.3.2 De acuerdo a su operación	4
1.3.3 De acuerdo al movimiento y tipo de material	4
1.4 Especificaciones	5
<b>2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA BODEGAS</b>	7
2.1 Definición	7
2.2 Generalidades	7

2.3	Tipos	8
2.3.1	De acuerdo a las características de la empresa	8
2.3.2	De acuerdo a su funcionamiento	8
2.3.3	De acuerdo a sus características de operación	9
2.4	Medios y materiales	10
2.5	Especificaciones	12
<b>3</b>	<b>ESTANTERÍAS METÁLICAS</b>	<b>15</b>
3.1	Definición	15
3.2	Generalidades	15
3.3	Tipos	16
3.4	Materiales	17
3.5	Especificaciones	17
3.6	Diseño	18
3.7	Modificación de las estanterías	20
3.8	Señalización	20
3.9	Mantenimiento	20
3.10	Iluminación	21
<b>4</b>	<b>TABULACIÓN, ANÁLISIS E INFORMACIÓN</b>	<b>23</b>
4.1	Descripción de la actividad	23
4.1.1	Actividades preliminares	23
4.1.2	Descripción de la boleta	23
4.2	Resultados	23

4.3	Análisis de resultados	25
<b>5</b>	<b>PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN, DISEÑO Y MONTAJE DE ESTANTERÍAS METÁLICAS</b>	<b>27</b>
5.1	Generalidades	27
5.2	Fase de selección	27
5.2.1	Condiciones de servicio y mantenimiento	28
5.2.2	Características de los materiales	29
5.2.3	Costos de la estructura	29
5.3	Fase de diseño	30
5.3.1	Condiciones de servicio	30
5.3.2	Tipo y calidad del piso	32
5.3.3	Criterios de diseño	32
5.3.3.1	Ubicación de la bodega	32
5.3.3.2	Condiciones locales del suelo en el sitio	32
5.4	Instalación de la estantería	34
5.5	Condiciones de operación (acceso al público, servicios esenciales, nivel de daño de la mercadería en caídas)	35
5.6	Nivel de ocupación promedio	35
5.7	Características de la estantería	35
5.8	Análisis estático del modelo de estructura propuesto	36
5.8.1	Estabilidad	39
5.8.2	Fuerzas horizontales	40

5.8.3	Características cimientos	40
5.9	Memoria de cálculo y técnica	41
5.9.1	Información general	41
5.9.2	Características del sistema	41
5.9.3	Consideraciones de diseño	42
5.10	Fase de montaje	43
5.10.1	Preparación del sitio o nave industrial	46
5.10.2	Proceso de traslado y armado de estructuras	46
5.10.3	Control de calidad instalaciones	48
5.10.3.1	Durante la operación	49
5.10.3.2	Modificaciones	50
5.10.3.3	Mantenimiento	51
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>59</b>
<b>APÉNDICE</b>		<b>61</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Bodega industrial	2
2	Procesos sistemas de almacenamiento	3
3	Bodega industrial	4
4	Sistema de almacenamiento tipo bulto	7
5	Sistema de almacenamiento tipo paletizado	8
6	Sistema de almacenamiento dinámico	9
7	Sistema de almacenamiento industrial	10
8	Estructuras de almacenamiento	10
9	Tipos de estibas y tarimas	11
10	Elementos de las estanterías	15
11	Planta de sistema de almacenamiento típico	17
12	Protección integral de estanterías	17
13	Medidas generales de seguridad	28
14	Esquema gráfico de números F	32
15	Dirección de análisis	37
16	Modelo estructural análisis de estanterías	38

17 Distancia entre soportes. Pandeo máximo admisible de los elementos sustentadores	39
18 Control a esfuerzos horizontales	40
19 Planta y elevación sistema de almacenamiento	43
20 Desviaciones máximas respecto a la vertical y horizontal en el montaje de estanterías metálicas	45
21 Separadores entre estanterías adosadas	45
22 Sistemas de protección de estanterías	48
23 Clasificación daños categoría ámbar	49
24 Clasificación daños estantería dañada	51

## **TABLAS**

I Daños graves en las estructuras de estanterías metálicas	19
II Resumen resultados encuesta	24
III Espesores recomendados pavimentos de concreto bodegas	32
IV Características de estanterías	36
V Niveles de iluminación recomendados	46



## LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
<b>cm</b>	Centímetros
<b>F'y</b>	Resistencia nominal acero
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>m</b>	Metros
<b>PSI</b>	Libras sobre pulgada cuadrada
<b>kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramos sobre metro cuadrado



## GLOSARIO

- Apilar:** Colocar ordenadamente un objeto sobre otro.
- Artículo:** Es la menor unidad física depositada en un almacén.
- Costo unitario:** Se refiere al precio de compra, más los gastos relacionados con los fletes, aduanas, transporte a destino, etc., en los materiales importados con que se abastece a producción o ventas. En el caso de los materiales nacionales, se considera como un costo unitario al precio de los artículos puestos en los almacenes de la empresa.
- Costo de almacenamiento:** Tener materiales en los almacenes exige cuidarlos, ubicándolos en un determinado espacio y mantenerlos para evitar su deterioro, así como controlarlos para eliminar los desperdicios, la obsolescencia y la acumulación de materiales sin movimiento. Esto origina horas hombre para el control y cuidado de todos y cada uno de los artículos almacenados, que lógicamente, es mayor cuanto mayor es el volumen y la variedad de los materiales con que cuenta la empresa.
- Distribución en planta:** Es la ordenación física de los elementos industriales, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y

todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller.

- Embalaje:** Empaque o cubierta que protege una mercancía o material.
- Euro paleta:** La paleta europea es un medio auxiliar para constituir, mover y almacenar las unidades de carga dentro de un almacén. La principal materia con la que está confeccionada es la madera y sus medidas genéricas son 1.200 x 800 mm.
- Gestión de almacén:** La gestión de almacén concierne a todo lo relativo a los flujos físicos de los artículos en almacén: direcciones físicas de almacenamiento, preparación de pedidos, etc.
- Logística:** Se encarga de optimizar fletes, asegurarse que los productos vayan bien transportados, calcular tiempos de espera y de descarga, manejo y control de almacenamiento. El objetivo final de la logística es disminuir los niveles de inventario y de optimizar el funcionamiento de toda la cadena de distribución.
- Mercancías:** Bienes que pueden ser objeto de regímenes, operaciones y destinos aduaneros.
- Paletización convencional:** Formada por estanterías para productos paletizados con gran variedad de referencias. Facilita la retirada de la mercancía y el acceso a cada paleta sin necesidad de desplazar otras.

## **RESUMEN**

Entre los elementos que forman la estructura del sistema logístico, en las empresas industriales o comerciales, el almacén o bodega es una de las funciones que actúa en las dos etapas del flujo de materiales, el abastecimiento y la distribución física, constituyendo una de las actividades importantes para su funcionamiento. Las técnicas de almacenamiento, día a día incorporan elementos que proporcionan mayor capacidad y facilidad de operación, para la organización y movilización de los materiales con la mayor agilidad posible.

Dentro de los recursos más elementales, pero de gran utilidad, se dispone de las estanterías que permiten utilizar la capacidad vertical de las bodegas, al disponer de productos paletizados en altura. El almacenamiento en estanterías y estructuras consiste en situar los distintos tipos y formas de carga en estantes y estructuras alveolares de altura variable, sirviéndose para ello de equipos de manutención manual o mecánica, existen distintos tipos de almacenamiento en estanterías y estructuras.

Los principales riesgos relacionados con el diseño, construcción y montaje de este tipo de instalaciones son: caída de cargas o elementos de las cargas sobre pasillos o zonas de trabajos, choques entre vehículos o atropellos a peatones. Para su cálculo y diseño se deben de considerar los siguientes aspectos: naturaleza y resistencia del suelo, sistemas de trabajo y dimensiones, pesos, localización y tipo de rotación de cargas. Por esta razón el presente estudio plantea evaluar este tipo de instalaciones de manera técnica y económica, así como la descripción de los tipos de almacenamiento en estanterías y estructuras, indicándose los riesgos relacionados con el diseño, montaje y durante los trabajos de explotación, así como las medidas de prevención y protección en cada caso, se considera únicamente el almacenamiento estático en estanterías.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

- Recopilar, evaluar y presentar consideraciones técnicas y económicas para la selección, diseño y montaje de instalaciones de almacenamiento industrial.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Realizar investigación bibliográfica sobre sistemas de almacenamiento industriales.
2. Identificar los diferentes materiales utilizados para sistemas de almacenamiento industriales.
3. Conocer las normas, especificaciones y criterios de diseño para estanterías metálicas.
4. Generar información sobre aspectos técnicos y económicos de estanterías industriales.
5. Ofrecer metodología que permita la selección, diseño y montaje de estructuras metálicas industriales.





## INTRODUCCIÓN

Las técnicas de almacenamiento, día a día incorporan elementos que proporcionan mayor capacidad y facilidad de operación, para la organización y movilización de los materiales con la mayor agilidad posible. Uno de los principales sistemas de almacenamiento está constituido por las estructuras de estanterías metálicas, las que consisten en situar los distintos tipos y formas de carga en estantes y estructuras alveolares de altura variable, sirviéndose para ello, de equipos de manutención manual o mecánica. Existen distintos tipos de almacenamiento en estanterías y estructuras.

El capítulo uno se refiere a lo que son las bodegas industriales, incluyendo su definición, tipos y especificaciones. En el capítulo dos se presentan aspectos teóricos sobre los sistemas de almacenamiento para bodegas como lo son: definición, materiales, especificaciones aplicables, entre otros.

Dentro del capítulo tres se desarrollan los temas de estanterías metálicas incluyendo: definiciones, tipos, características, materiales, y especificaciones aplicables. En el capítulo cuatro se incluye la tabulación y análisis de la información local sobre sistemas de almacenamiento, los cuales se obtuvieron por medio de encuesta y entrevistas personales.

El capítulo cinco presenta la metodología propuesta para la selección, diseño y montaje de estanterías metálicas. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones producto de este trabajo, las que se esperan que sean de interés para los relacionados con el tema de este estudio.



# 1 BODEGAS INDUSTRIALES

## 1.1 Definición

Es el lugar o espacio físico en el que se depositan las materias primas, el producto semiterminado o el producto terminado a la espera de ser transferido al siguiente eslabón en la cadena de suministro. Sirve como centro regulador del flujo de mercancías entre la disponibilidad y la necesidad de fabricantes, comerciantes y consumidores.

Lugar donde se guardan o almacenan ordenadamente los materiales, se despachan y reciben materiales. También incluyen patios de almacenamiento, zonas de cargue y descargue.

## 1.2 Generalidades

Entre los elementos que forman la estructura del sistema logístico, en las empresas industriales o comerciales, el almacén (bodega) es una de las funciones que actúa en las dos etapas del flujo de materiales, el abastecimiento y la distribución física, constituyendo una de las actividades importantes para su funcionamiento. Es un lugar especialmente estructurado y planificado para custodiar, proteger y controlar los bienes de activo fijo o variable de la empresa, antes de ser requeridos para la administración, la producción o la venta de artículos o mercancías.

Todo manejo y almacenamiento de materiales y productos es algo que eleva el costo del producto final sin agregarle valor, razón por la cual se debe conservar el mínimo de existencias con el mínimo de riesgo de faltantes y al menor costo posible de operación. Las bodegas puede ser una empresa manufacturera, distribuidora, o una tienda de productos de consumo, normalmente una planta manufacturera o una empresa comercializadora debe tener tres áreas en la bodega, como base de su planeación:

- Recepción.
- Almacenamiento.

- Entrega.

El tamaño y distribución de estas tres áreas depende del volumen de operaciones y de la organización de cada empresa en lo particular. Estas pueden estar completamente separadas e independientes unas de otras, o bien, dentro de un solo local.

**Figura 1. Bodega industrial**



Fuente: <http://www.manceras.com.co>

### 1.2.1 Funciones de la bodega

La manera de organizar y administrar las bodegas depende de varios factores tales como: el tamaño y el plano de organización de la empresa, el grado de descentralización deseado, la variedad de productos que se manejan, la flexibilidad relativa de los equipos y facilidades de manufactura y de la programación de la producción. Sin embargo, para proporcionar un servicio eficiente, las siguientes funciones son comunes a todo tipo de almacenes:

- Recibir mercancías: se responsabiliza de las mercancías que recibe de transportistas externos o provenientes de una fábrica cercana.

- Identificar mercancías: se registran y se anotan las cantidades recibidas de cada artículo. A veces es necesario marcar los artículos mediante una clave, el código de barras etc.
- Clasificar mercancías: como su nombre lo indica, se clasifican las mercancías en las áreas apropiadas.
- Enviar las mercancías al almacén: tiene identificado el lugar donde se encuentra las mercancías.
- Conservar mercancías: protege las mercancías hasta que se necesite.
- Retirar, seleccionar o escoger mercancías: los artículos deben seleccionarse en forma eficaz del lugar donde se encuentran adecuadamente almacenados para el siguiente paso.
- Ordenar el embarque. los artículos que integran el embarque se agrupan y revisan para comprobar que estén completos o determinar la causa de los faltantes.
- Despachar el embarque: el pedido se empaca de forma apropiada, se lleva el vehículo de transporte correspondiente y se preparan los documentos necesarios.

**Figura 2. Procesos sistemas de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

### 1.3 Tipos

Las bodegas pueden ser una empresa manufacturera, distribuidora, o una tienda de productos de consumo.

#### 1.3.1 De acuerdo a su organización

- Centralizados o descentralizados.
- Locales únicos o por una serie de locales separados o secciones comunicadas.

#### 1.3.2 De acuerdo a su operación

- Con transporte mecanizado (fijo, semi-fijo, móviles)
- Más o menos elevado
- Bodegas sin mecanización

**Figura 3. Bodega industrial**



Fuente: <http://www.manceras.com.co>

#### 1.3.3 De acuerdo al movimiento y tipo de material

- Los que se pueden tener en la intemperie.
- Los que no pueden estar a la intemperie.

- Bodega de materia prima y partes componentes.
- Bodega de materias auxiliares
- Bodega de productos en proceso.
- Bodega de productos terminados.
- Bodega de herramientas.
- Bodega de materiales de desperdicio.
- Bodega de materiales obsoletos.
- Bodega de devoluciones.

#### 1.4 Especificaciones

En una bodega o almacén bien diseñado, se utiliza todo el espacio disponible y la manipulación se reduce al mínimo imprescindible. Deben de contar con las áreas de recepción, almacenamiento y entrega; el tamaño y distribución de estas tres áreas depende del volumen de operaciones y de la organización de cada empresa en lo particular. A continuación se presentan algunos de los métodos, normas, y procedimientos seguros aplicables en la dirección y operación de almacenes, bodegas y depósitos, por lo que analizados los aprovechamientos de los espacios y de las áreas especiales del almacenamiento se debe tener en cuenta:

- Pasillos: hasta donde sea posible, deben ser rectos y conducir directamente a las salidas
- Deben existir el menor número de cruces posibles.
- Se deben situar donde existe la mayor iluminación y visibilidad.
- Dejar un pasillo peatonal periférico entre los materiales almacenados y los muros del almacén, lo que facilita realizar inspecciones, prevención de incendios y defensa del muro contra los derrumbes.
- Los pasillos interiores longitudinales y transversales deben tener dimensiones apropiadas al tipo de manipulación y al equipo a utilizar en esta maniobra.

- Los pasillos de circulación de mercados deben estar constantemente libres de obstáculos.



## 2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA BODEGAS

### 2.1 Definición

El almacenamiento en estanterías y estructuras consiste en situar los distintos tipos y formas de carga en estantes y estructuras alveolares de altura variable, sirviéndose para ello de equipos de manutención manual o mecánica.

### 2.2 Generalidades

Las técnicas de almacenamiento, día a día van incorporando elementos que proporcionan mayor capacidad y facilidad de operación, para la organización y movilización de los materiales con la mayor agilidad posible. Dentro de los recursos más elementales, pero de gran utilidad, se dispone de las estanterías que permiten utilizar la capacidad vertical de las bodegas, se destacan las compuestas por conjuntos de bastidores o paralelos perforados que permiten ubicar los entrepaños a diversas alturas, condición que ofrece la opción de adecuarlos a las variaciones de dimensiones de las cargas que se almacenen. Dentro de estas estanterías se ofrecen diseños para carga pesada, mediana y liviana.

**Figura 4 Sistema de almacenamiento tipo bulto**



Fuente: **Logística de almacenamiento.** 2006.

Las estanterías pueden ser de madera, vidrio, plástico y metálicas en diferentes estilos de acuerdo a cada fabricante.

## 2.3 Tipos

### 2.3.1 De acuerdo a las características de la empresa

- En estantería: se debe calcular la capacidad y resistencia de la estantería para sostener los materiales por almacenar, teniendo en cuenta que la altura más apropiada la determina la capacidad portante del piso, la altura disponible al techo, la capacidad del alcance del equipo de manipulación y la altura media de la carga en los entrepaños. Los materiales más pesados, voluminosos y tóxicos, se deben almacenar en la parte baja.
- En apilamiento ordenado: se debe tener en cuenta la resistencia, estabilidad y facilidad de manipulación del embalaje.

### **Figura 5. Sistema de almacenamiento tipo paletizado**

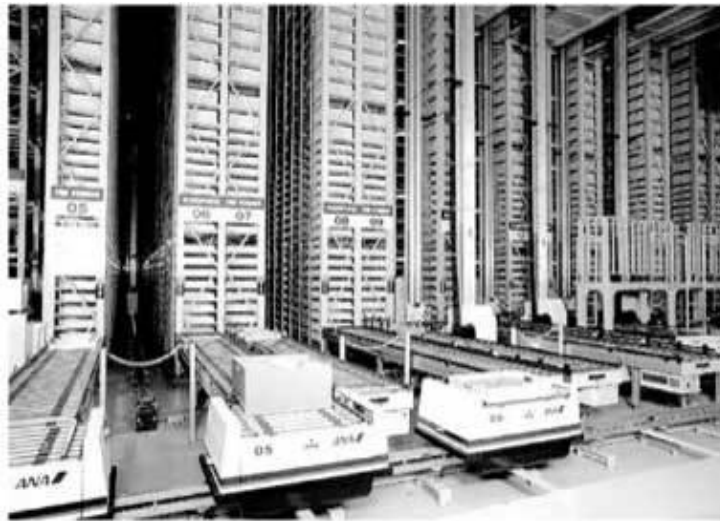


Fuente: **Logística de almacenamiento.** 2006.

### 2.3.2 De acuerdo a su funcionamiento

- Almacenamiento estático: sistemas en los que el dispositivo de almacenamiento y las cargas permanecen inmóviles durante todo el proceso.
- Almacenamiento móvil: sistemas en los que, si bien las cargas unitarias permanecen inmóviles sobre el dispositivo de almacenamiento, el conjunto de ambos experimenta movimiento durante todo el proceso.

**Figura 6. Sistema de almacenamiento dinámico**



Fuente: **Logística de almacenamiento.** 2006.

### 2.3.3 De acuerdo a sus características de operación

- Estanterías selectivas: para almacenar cargas grandes de cualquier tipo.
- Estanterías mezanine: para almacenar cargas pequeñas de cualquier tipo.
- Estanterías drive in: para almacenar grandes volúmenes.
- Estanterías cantilever: para almacenar cargas largas e irregulares.
- Estanterías dinámicas flujo cajas y estibas: para almacenar grandes volúmenes con alta eficiencia.

**Figura 7. Sistemas de almacenamiento industrial**

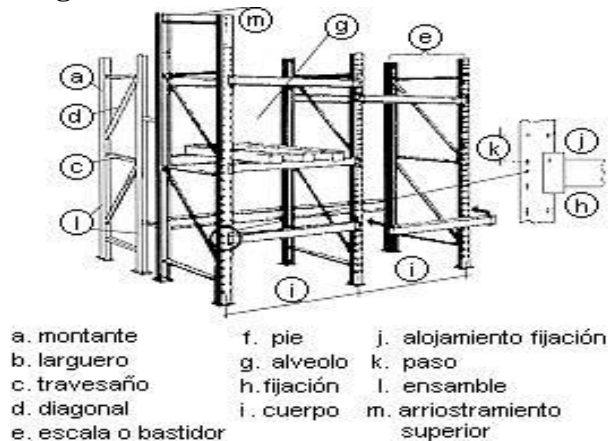


Fuente: **Logística de almacenamiento.** 2006.

#### 2.4 Medios y materiales

Los medios y materiales son los que ayudan al personal a cumplir con sus funciones (recepción almacenamiento y despacho). Se consideran los locales, las estanterías, los medios de transporte interno y equipo de almacenaje. Se presentan los principales dispositivos para manejo de materiales, estos son: transportadores, grúas, ductos, carros y dispositivos diversos.

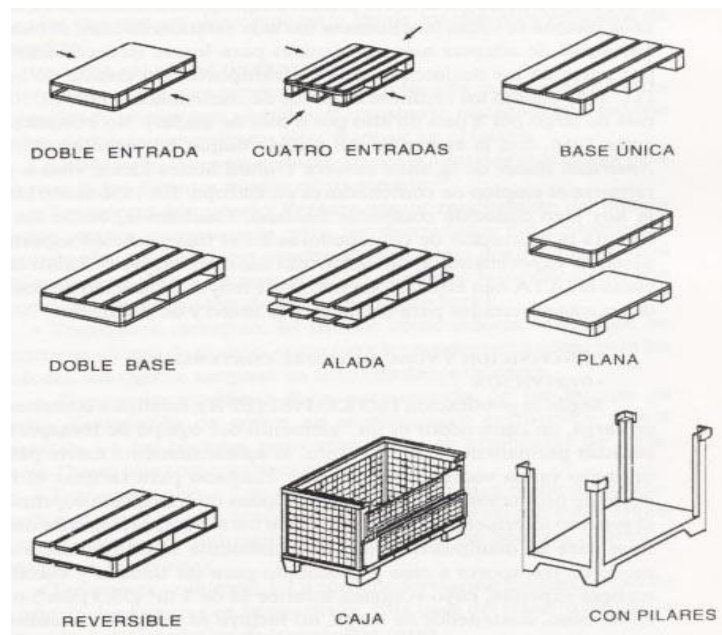
**Figura 8. Estructuras de almacenamiento**



Fuente: **Almacenamiento en estanterías y estructuras.** España.

El material se retiene, apila o transporta en equipos sencillos, como estanterías, casilleros, tolvas, cajas, canastas, bandejas para carga, tarimas y patines o en sistemas complejos y costosos controlados por computadora, tales como los sistemas automáticos para almacenamiento y retiro.

**Figura 9. Tipos de estibas y tarimas**



Fuente: **Logística de almacenamiento.** 2006.

Entre los factores que se deben de considerar en situaciones ordinarias de almacenamiento están los siguientes:

- Balanceo de líneas
- El volumen de la producción
- Espacio disponible
- Altura disponible
- Tamaño de la carga
- Características de los materiales
- La distancia desde el punto de uso
- El método de manejo y el equipo

- La tasa de producción
- La producción del producto
- Calidad del proceso
- Requisitos ambientales
- Tiempo de almacenamiento
- Dirección de flujo
- Costo de almacenamiento
- Volumen de almacenamiento requerido

## 2.5 Especificaciones

Un sistema de almacenamiento se fundamenta en las dimensiones, peso y unidades de carga por productos existentes en las instalaciones, así como en las características individuales de cada producto. En una bodega o almacén bien diseñado, se utiliza todo el espacio disponible y la manipulación se reduce al mínimo imprescindible, una vez conocidas las restricciones del edificio y elegido el equipo apropiado para la actividad, se puede detallar la distribución en planta del almacén.

El almacenamiento de materiales depende de la dimensión y características de los materiales. Estos pueden exigir una simple estantería hasta sistemas complicados, que involucran grandes inversiones y complejas tecnologías.

Los aspectos económicos también juegan un papel relevante al diseñar los sistemas de almacenaje. Se incurre en costos de almacenamiento y recuperación, pero no se agrega ningún valor a los productos. Por lo tanto, la inversión en equipos de almacenamiento y manejo de materiales, así como en superficie de bodega, deberán tener como base la reducción máxima de los costos unitarios de almacenamiento y manejo. Otros factores que deben tomarse en consideración al diseñar sistemas de almacenaje comprenden el control del tamaño del inventario y la ubicación del mismo, las instrucciones especiales sobre las inspecciones de calidad, las medidas relativas al surtido y empaque de pedidos, el andamiaje para recepción y embarque, el número

apropiado de andenes para embarque y recepción, así como el mantenimiento de registros.





### 3 ESTANTERÍAS METÁLICAS

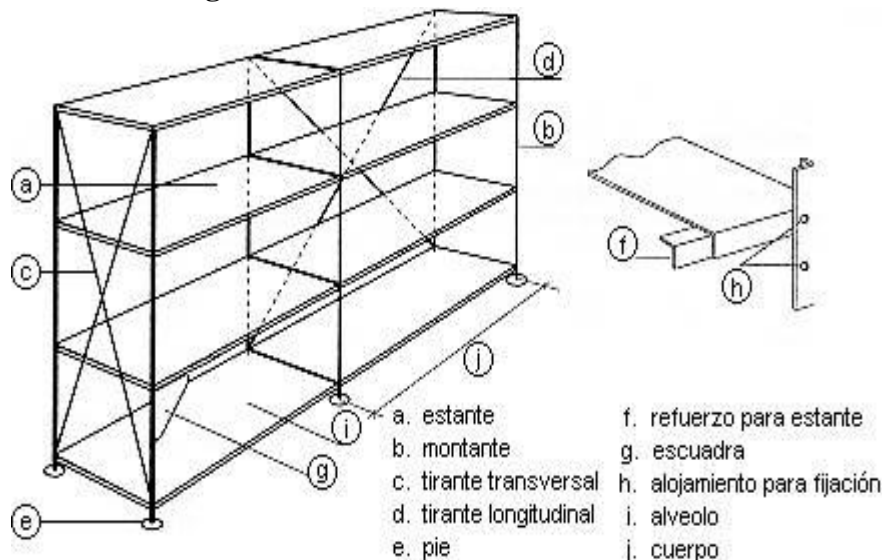
#### 3.1 Definición

Mueble compuesto de entrepaños y o de anaqueles. El almacenamiento en estanterías y estructuras consiste en situar los distintos tipos y formas de carga en estantes y estructuras alveolares de altura variable, sirviéndose para ello de equipos de manutención manual o mecánica.

#### 3.2 Generalidades

Las instalaciones de almacenamiento en estanterías y estructuras permiten almacenar productos en altura. Este tipo de almacenamiento expone al personal de montaje y explotación a diferentes riesgos. Se presenta la descripción de los tipos de almacenamiento en estanterías y estructuras, indicándose los riesgos relacionados con el diseño, montaje y durante los trabajos de explotación, así como las medidas de prevención y protección en cada caso.

**Figura 10. Elementos de las estanterías**



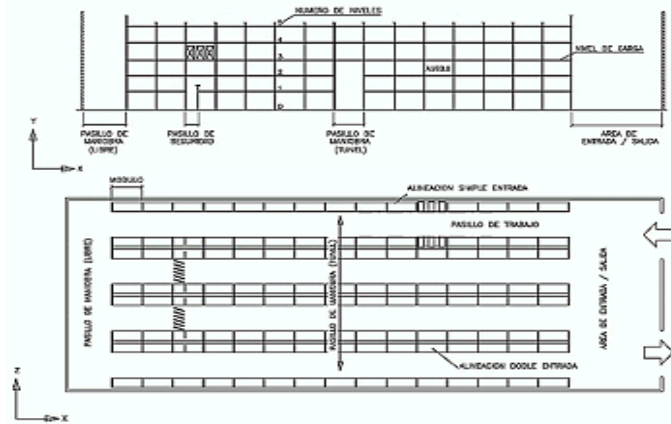
Fuente: **Almacenamiento en estanterías y estructuras**. España.

### 3.3 Tipos

Al seleccionar la estantería, se deberán tener en cuenta dimensiones y capacidad de carga, se debe considerar el servicio de mantenimiento, el tiempo de suministro de partes que deban ser sustituidas, la disponibilidad de asistencia técnica, tiempo de garantía, así como la permanencia de la empresa en el mercado. Existen distintos tipos de almacenamiento en estanterías y estructuras:

- Almacenamiento estático: sistemas en los que el dispositivo de almacenamiento y las cargas permanecen inmóviles durante todo el proceso.
- Almacenamiento móvil: sistemas en los que, si bien las cargas unitarias permanecen inmóviles sobre el dispositivo de almacenamiento, el conjunto de ambos experimenta movimiento durante todo el proceso.
- Dentro de este tipo de almacenamientos existen así mismo dos tipos básicos de estanterías metálicas:
- Estanterías metálicas de bandejas: en este sistema las cargas almacenadas generalmente en paquetes, se sitúan sobre bandejas metálicas.
- Estanterías metálicas de largueros: este sistema de almacenamiento en estanterías convencionales para carga paletizada (APR), consiste situar los distintos tipos y formas de paletas en niveles de carga alveolares regulables en altura, sirviéndose para ello de equipos de manutención manual o mecánica.

**Figura 11. Planta de sistema de almacenamiento típico**

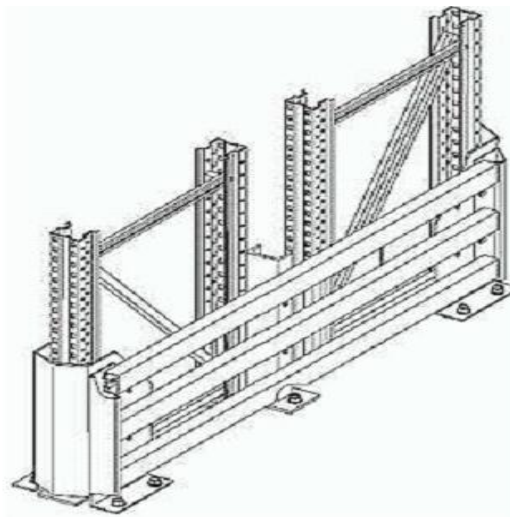


Fuente: **Logística de almacenamiento.** 2006.

### 3.4 Materiales

Están constituidos por estructuras metálicas, con elementos verticales (marcos) y horizontales (vigas), debidamente arriostrados para permitir su estabilidad. Las vigas transmiten sus cargas a los marcos por medio de las patinas de unión y estos a su vez al piso por medio de los paraleles, los cuales cuentan con patinas de anclaje que se encargan de unir el marco al piso y repartir uniformemente la carga a este.

**Figura 12. Protección integral de estanterías**



Fuente: **Almacenamiento en estanterías y estructuras.** España.

### 3.5 Especificaciones

Son la base para un diseño seguro, para ello antes de instalar/diseñar, se debe disponer de la siguiente información:

- Situación en plano, del lugar donde se ubicarán las estanterías.
- Naturaleza, características y resistencia del suelo.
- Características de la sala o local y superficie donde se ubicarán las estanterías.
- Sistema de trabajo y grado de utilización. (rotación de cargas, etc.)
- Características de la carga y de las unidades de carga a almacenar incluyendo cajas, contenedores y otros soportes empleados para la unidad de carga (libro, revista, caja, etc.).
- Toda la información disponible sobre posibles cambios futuros (ampliaciones previstas, cambio de sistema de ordenamiento de los elementos almacenados, etc.)
- Normativa específica, si la hubiera, de almacenamiento que ha de cumplir la instalación en base al tipo de materiales almacenados.

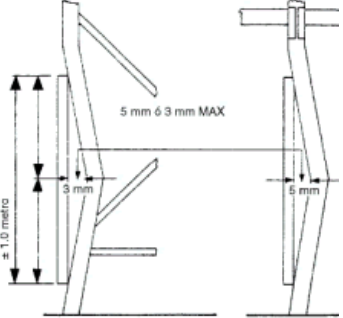

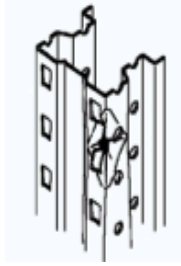
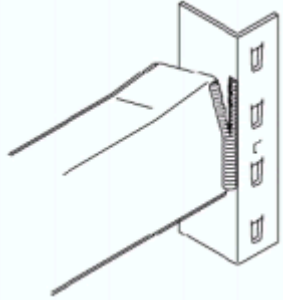
### 3.6 Diseño

En el diseño de estanterías metálicas se deben de considerar los siguientes aspectos:

- Su resistencia y estabilidad según el estado actual de la técnica y normativa aplicable, salvo que el usuario requiera un diseño con un mayor nivel de seguridad.
- El proveedor deberá facilitar al usuario la siguiente información:
  - Información relativa a la presión de las placas base de la estantería sobre la losa para evitar roturas por punzonamiento o asentamientos diferenciales.

- Información mediante planos o tablas de las prestaciones de la instalación suministrada y de sus tolerancias.
- Placas de datos de la instalación, con sus prestaciones y características principales.
- Manual para el mantenimiento de la instalación y detección de defectos.
- Manual de instrucciones de seguridad para el uso de la instalación.
- En tercer lugar, tendrá en cuenta las siguientes recomendaciones en lo referente a elementos de protección y seguridad.
- En cada intersección con los pasillos de circulación, se protegerán las escalas con defensas integrales que protejan a todos los elementos de las mismas o como mínimo defensas individuales que eviten el impacto sobre los montantes.

**Tabla I. Daños graves en las estructuras de estanterías metálicas**

<p><b>1. Deformación o pandeo en elementos</b></p>		<p><b>2. Desgarro o ruptura del perfil del puntal</b></p>	
<p><b>3. Abollado de puntal</b></p>		<p><b>4. Rotura soldadura del conector</b></p>	

Fuente: Almacenamiento en estanterías y estructuras. España.

### 3.7 Modificación de las estanterías

Cualquier cambio en los elementos de las estanterías como consecuencia de que se precise modificar las formas o el peso de las unidades de carga, debe realizarse obligatoriamente el recálculo y aprobación de las nuevas condiciones de utilización de la estantería por parte de la empresa diseñadora de la misma. Estas nuevas características y su aprobación o denegación a los nuevos usos previstos serán confirmadas por escrito por la empresa diseñadora.

Todas las modificaciones de las estanterías deben realizarse con las mismas vacías y por personal propio u homologado del suministrador, con el fin de que se mantengan las garantías de seguridad.

### 3.8 Señalización

Los pasillos se señalizarán con bandas de color amarillo o blanco, delimitando claramente las zonas de circulación y los límites de ubicación de las zonas de apilado situadas al pie y sobre las estanterías. Es importante señalar el lugar donde aparcar el equipo de trabajo del almacén.

### 3.9 Mantenimiento

Se llevará a cabo un adecuado programa de mantenimiento de todas las instalaciones, siendo aconsejable que sea realizado por el propio fabricante de las estanterías o de acuerdo con el mismo. Estos programas deben contemplar entre otros los siguientes aspectos:

- Al establecer los programas de mantenimiento preventivos se crearán listas de comprobación que faciliten la fácil inspección y comunicación de las anomalías detectadas.
- Establecimiento de un plan de inspecciones periódicas para la detección, comunicación y registro de anomalías fácilmente visibles tales como: orden y limpieza de las áreas de almacenamiento y vías de circulación,

elementos deformados, defectos de verticalidad, debilitamiento del suelo, falta de clavijas de seguridad, cargas deterioradas, etc., para proceder a su inmediata reparación.

- Si la rotación de mercancías y las horas trabajadas en el almacén son muy elevadas, se establecerá un plan específico de inspecciones periódicas con reporte de daños.

### 3.10 Iluminación

Se deben situar los sistemas de iluminación por encima de los pasillos de forma que se tenga una iluminación suficiente sobre las zonas de trabajo y evitar el deslumbramiento de los operarios y la creación de zonas de sombra. El nivel mínimo de iluminación del almacén estará en función de la atención visual requerida.





## **4 TABULACIÓN, ANÁLISIS E INFORMACIÓN**

### 4.1 Descripción de la actividad

De acuerdo a lo establecido en la metodología para este trabajo, se contactaron empresas locales que se relacionan con sistemas almacenamiento y estanterías metálicas. Mientras que en la investigación de tipo cuantitativo parece existir acuerdo inequívoco sobre el importante papel desempeñado por la muestra, no se puede afirmar lo mismo en el caso de la investigación cualitativa donde el tamaño muestral es elegido arbitrariamente como es el presente caso (5 empresas) a quienes se les requirió la información necesaria.

#### 4.1.1 Actividades preliminares

Son todas las actividades desarrolladas previas al trabajo de campo, entre las que se incluyen:

- Establecer comunicación con las empresas seleccionadas
- Elaboración de la boleta
- Programación e implementación de las entrevistas.

#### 4.1.2 Descripción de la boleta

Por este medio se obtuvo la información de forma ordenada y precisa sobre los aspectos de interés. (Nota: ver apéndice 1)

### 4.2 Resultados

De las empresas seleccionadas se obtuvo el apoyo de la mayoría, para el análisis solo se consideraron las boletas que fueron devueltas. A continuación se presenta un resumen de la información recabada.

**Tabla II. Resumen resultados encuesta**

Resultados boleta					
Preguntas	Opciones de respuestas	Empresa No.			Comentarios
		1	2	3	
• Tiempo de experiencia en el mercado	1-5 años				
	5-10 años	X	X		
	+ de 10 años			X	
• Actividades que desarrollan	Producción	X	X	X	
	Diseño		X	X	
	Instalación	X	X	X	
	Ventas	X	X	X	
• Tipos de sistemas de almacenamiento que ofrecen	Metálicas	X	X	X	
	Otros	X		X	
• Normas que certifican sus productos	Estados Unidos		X	X	
	Europa	X	X	X	
	Sur América				
	Otras				
• Mencione tres sistemas de estanterías de mayor demanda en el mercado	1	• Estándar 32 x 91 x 2.13/6	• Picking (\$35 por posición de tarima)	• Estándar P1	
	2	• Estándar 40 x 91 x 2.13/6	• Selectivo (\$55 por posición de tarima)	• Estándar P2	
	3	• Estándar 50 x 91 x 2.13/6	• Drive in (\$85 por posición de tarima)	• Estándar P3	
• Tipos de perfiles que ofrecen en sus estanterías metálicas		• Angular 1½ x 1½ X 0.02	• Angulares • Largueros • Puntales • Soportes de seguridad	• Angulares • Largueros • Puntales • Soportes de seguridad	Depende de cada empresa
• Realizan control de calidad a sus productos (describalo)	Si X	• Capacidad de carga • Deflexión • Pintura • Otros	• Resistencia • Inspección visual	• Inspección visual • Capacidad de carga	
	No				

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3 Análisis de resultados

- Tiempo de experiencia en el mercado: dos de las empresas tienen menos de 10 años, una tiene más de 10 años, lo que significa que el mercado de sistemas de almacenamiento ha crecido y se mantiene la demanda.
- Actividades que desarrollan: dos de las empresas prestan los servicios de producción, diseño instalación y ventas, mientras que una no se dedica al diseño de sistemas de almacenamiento, lo que significa que existe interés en cubrir la mayor cantidad de servicios al cliente, como estrategia de mercado.
- Sistemas de almacenamiento que ofrecen: todas las empresas ofrecen sistemas de almacenamiento metálicos, mientras que solo dos ofrecen otro tipo de sistema.
- Normas que certifican sus productos: todas las empresas refieren el uso de especificaciones en sus productos, principalmente de Estados Unidos y Europa.
- Mencione tres sistemas de estanterías de mayor demanda en el mercado: depende de la forma como cada empresa comercializa sus diferentes líneas comerciales.
- Tipos de perfiles que frecen en sus estanterías metálicas: la mayoría de las empresas encuestadas ofrecen angulares, largueros, puntales y soportes de seguridad como principales productos de mercado.
- Realizan control de calidad a sus productos: todas las empresas encuestadas indican que realizan algún tipo de control de calidad a sus materiales, productos o sistemas.
- Describa el control de calidad que realizan: pruebas de resistencia, pruebas de pinturas, inspección visual.



## **5 PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN, DISEÑO Y MONTAJE DE ESTANTERÍAS METÁLICAS**

### **5.1 Generalidades**

El almacenamiento de materiales depende de la dimensión y características de los materiales. Estos pueden exigir una simple estantería hasta sistemas complicados, que involucran grandes inversiones y complejas tecnologías. El objetivo de la planeación de los almacenes es suministrar espacio y equipo para contener y proteger los artículos hasta que se utilizan o embarcan, en la forma que sea más eficiente en costo. El logro eficiente de las actividades de almacenamiento depende de una planeación minuciosa.

### **5.2 Fase de selección**

La elección del sistema de almacenamiento de materiales depende de los siguientes factores:

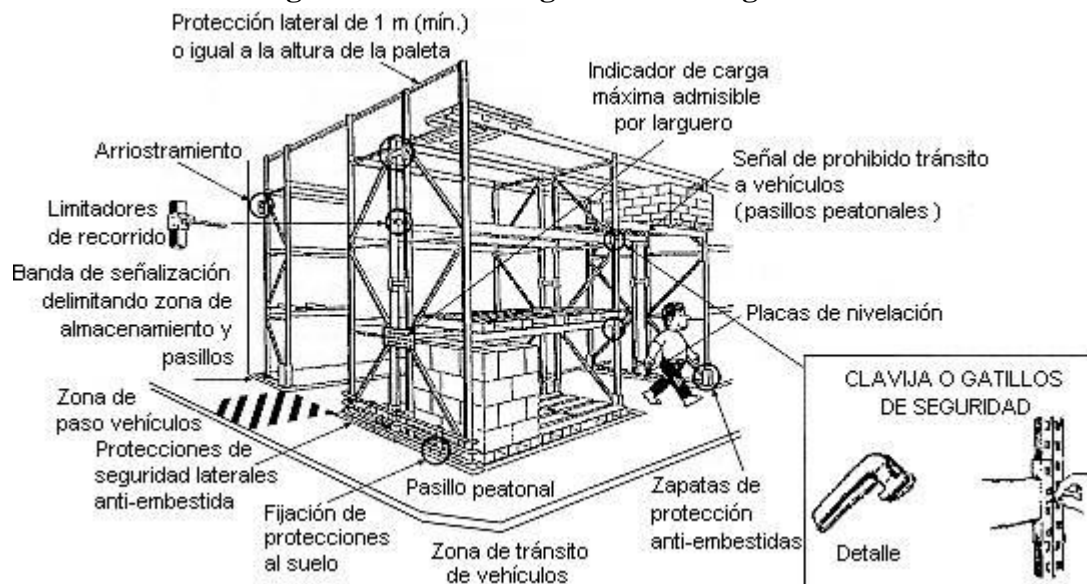
- Espacio disponible para el almacenamiento de los materiales.
- Tipos de materiales que serán almacenados.
- Número de artículos guardados.
- Velocidad de atención necesaria.
- Tipo de embalaje.
- Servicio de mantenimiento.
- Tiempo de suministro de partes que deban ser sustituidas.
- Disponibilidad de asistencia técnica.
- Tiempo de garantía.
- Permanencia de la empresa en el mercado.
- Ubicación de la bodega respecto a la cadena logística.
- Posibilidad de ampliaciones o cambios de las bodegas.

### 5.2.1 Condiciones de servicio y mantenimiento

La mecanización y automatización de las actividades que se realizan en los almacenes exigen una gran inversión de capital y un estudio de factibilidad completo que justifique la inversión. Las siguientes son consideraciones generales que sirven para establecer los requisitos del equipo:

- Condiciones y tamaño de la carga unitaria, así como los centros de carga.
- Terreno, condiciones ambientales y ancho de los pasillos en las áreas de movimiento.
- Longitud, tipo y frecuencia de los movimientos.
- Requisito de colocación de las cargas.
- Ahorros en la operación y mantenimiento.
- Estandarización del equipo.
- Naturaleza crítica de la operación realizada.

**Figura 13. Medidas generales de seguridad**



Fuente: **Almacenamiento en estanterías y estructuras.** España.

### 5.2.2 Características de los materiales

- Todos los elementos verticales de las protecciones deben poder absorber, como mínimo, una energía de 400 Nm, debida a un impacto en cualquier dirección situado a una altura entre 100 y 400 mm.
- Las plataformas y escaleras deben tener barandillas de una altura mínima de 1 m, barra intermedia y rodapiés. La resistencia de la barandilla será de como mínimo 150 kg/m.

### 5.2.3 Costos de la estructura

Los aspectos económicos también juegan un papel relevante al seleccionar y diseñar los sistemas de almacenaje. Se incurre en costos de almacenamiento y recuperación, pero no se agrega ningún valor a los productos. Por lo tanto, la inversión en equipos de almacenamiento y manejo de materiales, así como en superficie de bodega, deberán tener como base la reducción máxima de los costos unitarios de almacenamiento y manejo. Otros factores que deben tomarse en consideración al diseñar sistemas de almacenaje comprenden el control del tamaño del inventario y la ubicación del mismo, las instrucciones especiales sobre las inspecciones de calidad, las medidas relativas al surtido y empaque de pedidos, el andamiaje para recepción y embarque, el número apropiado de andenes para embarque y recepción, así como el mantenimiento de registros.

La mecanización y automatización de las actividades que se realizan en los almacenes exigen una gran inversión de capital y un estudio de factibilidad completo que justifique la inversión. El encargado de la planificación puede estudiar la posibilidad de recurrir a sistemas automatizados y mecanizados, siempre y cuando existan algunas o todas las condiciones siguientes:

- Cuando exista una gran variedad de artículos en almacén.
- Cuando se almacenen artículos de gran volumen.
- Cuando se tenga una rotación de inventarios bastante elevada.
- Cuando se almacenen artículos de temporada.

- Cuando el costo del terreno y el espacio de piso sea muy alto.
- Cuando los costos de mano de obra sean altos.
- Cuando se tenga la necesidad de dar un servicio rápido.
- Cuando sea preferible el almacenamiento aleatorio.
- Cuando las unidades almacenadas sean de un tamaño uniforme.

### 5.3 Fase de diseño

El diseño de bodegas ha de conjugar factores humanos, productivos, tecnológicos, organolépticos, y un equilibrio entre recursos, se encuentra influenciado por una serie de factores que toman importancia relevante en cada caso en particular. Los sistemas automatizados para almacenamiento y recuperación se utilizan para realizar un almacenamiento de alta densidad, así como para obtener una alta eficiencia en la colocación y retiro de materiales.

El diseño de sistemas de estanterías se basa en los siguientes aspectos de la futura instalación:

- Naturaleza y resistencia del suelo.
- Sistemas de trabajo.
- Dimensiones, pesos, localización y tipo de rotación de cargas.
- Su resistencia y estabilidad según el estado actual de la técnica y normativa aplicable, salvo que el usuario requiera un diseño con un mayor nivel de seguridad.

#### 5.3.1 Condiciones de servicio

En muchas oportunidades el ingeniero calculista de estructuras sismo resistentes se ve obligado a incurrir en el sobredimensionamiento de los elementos para cumplir unos requisitos de diseño sísmico vigentes, un ejemplo específico son las estanterías metálicas para almacenamiento de mercancía. Se deben de considerar los siguientes aspectos:



- Un sismo podrá causar colapso o volcamiento de las estanterías, si no se encuentran adecuadamente diseñadas, ancladas, mantenidas y cargadas.
- Nunca se conectaran entre sí las estanterías a las paredes del edificio, para evitar la transmisión de fuerzas entre ambas. En el caso de que fuera necesaria esta conexión, se evaluarán las fuerzas máximas aplicables al diseñar la estantería.
- Se debe contar con información relativa a los siguientes criterios de diseño de acuerdo a las condiciones de cada proyecto:
  - La presión de las placas base de la estantería sobre la losa para evitar roturas por punzonamiento o asentamientos diferenciales.
  - Información mediante planos o tablas de las prestaciones de la instalación suministrada y de sus tolerancias.
  - Placas de datos de la instalación, con sus prestaciones y características principales.

Según ello el fabricante deberá remitir un informe técnico que comprenda, entre otros:

- Datos geométricos, plan de cargas que precise, la situación de las cargas pesadas.
- Especificación de los materiales y características de los diferentes elementos de la estructura.
- Los cálculos para demostrar la capacidad de carga de los elementos sustentadores se podrán complementar o sustituir con ensayos. En los ensayos para determinar la capacidad de carga de instalaciones y elementos de almacenaje, la seguridad contra la rotura debe ser de al menos 1,8 de la carga prevista (suma de la carga máxima útil admisible y los pesos propios de la instalación).

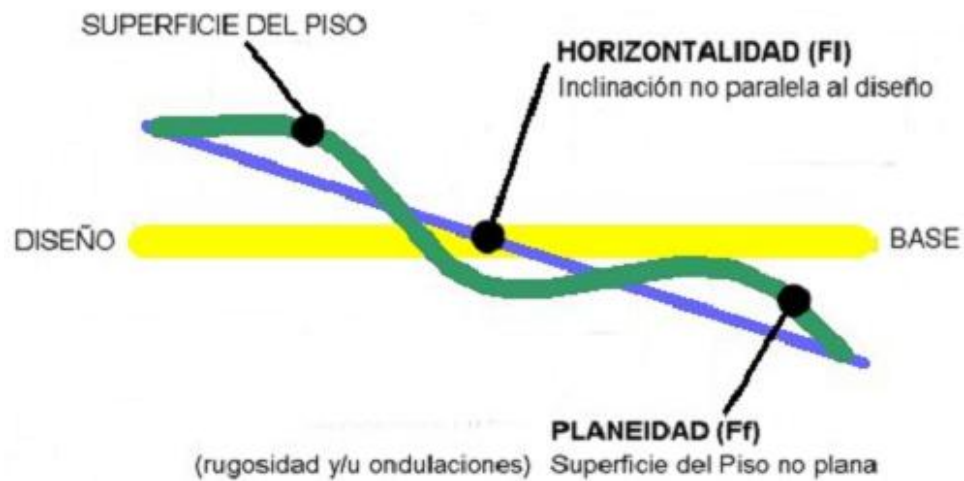
### 5.3.2 Tipo y calidad del piso

Un piso industrial es una estructura que permite el normal desplazamiento de personal y equipos, debe proveer un soporte que permita la operación normal de los procesos de la bodega, que pueden tener variaciones en su vida útil. Para construir un piso se necesita, primero tener un conocimiento de las características de las áreas destinadas a circulación o almacenamiento, como son:

- Dimensiones
- Forma
- Relación con la estructura principal
- Condiciones ambientales en las que funcionará

Para los procesos de diseño y construcción es necesario considerar los factores de degradación que deberá resistir el material de rodadura con el fin de prever y determinar las propiedades que deben de considerarse de manera particular.

**Figura 14. Esquema gráfico de números F**



Fuente: **Logística del sitio de construcción y diseño de proceso constructivo para naves industriales.** 2002.

### 5.3.3 Criterios de diseño

Las exigencias actuales del mercado y de la disponibilidad de espacio, obligan a que los sistemas de almacenamiento se tengan que hacer con alturas y solicitaciones cada vez mayores. El diseñador deberá garantizar la seguridad del material almacenado y minimizar el riesgo de pérdidas de vidas humanas cuando las empresas ofrecen sus productos en estanterías totalmente expuestas al público. Para esto se deben de considerar las especificaciones sobre diseño de estanterías que se encuentran en las normas técnicas aplicables; a nivel internacional estas se empezaron a desarrollar hace mas de medio siglo, entre estas la norma editada por el Instituto de Fabricantes de Estanterías de los Estados Unidos (*Rack Manufacture Institute, RMI*), la norma FEMA 460, norma CEN 2004 Eurocode 8.

#### 5.3.3.1 Ubicación de la bodega

Para empezar con un proyecto industrial, la cuestión del lugar de emplazamiento es crucial: allí es donde todo el trabajo y la producción serán manufacturadas y merece un apartado especial. La ubicación es importante debido a que puede determinar algunas decisiones, como la de usar ciertos materiales, por ejemplo, en un área húmeda deben evitarse los que se oxiden y deterioren con facilidad y propender por aquellos como la fibra de vidrio y los plásticos. También es importante conocer la red eléctrica con la que cuenta la empresa para establecer el medio de alimentación o funcionamiento de la bodega, así como los presupuestos.

#### 5.3.3.2 Condiciones locales del suelo en el sitio

El diseño y construcción de pavimentos para pisos de bodegas es similar a los utilizados en proyectos viales, con la diferencia de las solicitaciones que se deben considerar en el diseño, que son principalmente:

- Químicas: de acuerdo a las actividades de cada empresa, la cantidad de sustancias que pueden encontrarse en bodegas industriales es grande.

- Mecánicas: impactos de objetos pesados, rodadura de equipos de carga y transporte, vibraciones generadas en las actividades, entre otras.
- Ambientales: generalmente se refieren a los fenómenos físicos que producen cambios en las dimensiones de los materiales, corresponden principalmente a temperatura, humedad y la retracción del curado.

El diseño estructural de un pavimento comprende básicamente la determinación de los siguientes parámetros:

- Espesor de la capa de rodadura
- Espesor de la base y subbase

Para esto es necesario caracterizar la calidad del suelo en el sitio del proyecto por medio de ensayos de laboratorio a muestras tomadas en campo. La planeidad y horizontalidad de los suelos de los locales deberán ser tales, que las tolerancias verticales de las estructuras sean respetadas sin un acuñaamiento excesivo.

**Tabla III. Espesores recomendados pavimentos de concreto bodegas**

Uso del Pavimento	Rango de espesor
Aceras y zonas peatonales	7 cm
Entradas y garajes de automóviles	10 cm
Entradas y garajes de camiones	12 cm
Bodegas	10-12 cm
Pasajes	12 cm
Calles locales	14-18 cm
Avenidas	18-22 cm
Carreteras para tráfico pesado	≥ 20 cm

Fuente: **Logística del sitio de construcción y diseño de proceso constructivo para naves industriales.** 2002.

#### 5.4 Instalación de la estantería

En estanterías fijas, que se carguen o descarguen con medios mecánicos, que no se desplacen sobre vías, deben disponer de protecciones en las esquinas exteriores o que coincidan con pasillos de tránsito, consistentes en una protección anti-embestidas de al

menos 0.3 m. de altura de dimensiones suficientes para absorber los golpes y pintadas de un color vistoso (se puede considerar que las dimensiones de una protección anti-embestida son suficientes, si ésta puede absorber como mínimo una energía de 40 kg m).

#### 5.5 Condiciones de operación (acceso al público, servicios esenciales, nivel de daño de la mercadería en caídas)

Entre otras se deben considerar las siguientes:

- Material a manejar: es preciso conocer previamente las características, peso, dimensiones, forma, temperatura y resistencia del material a transportar.
- Capacidad y peso: estas variables permiten establecer una relación entre el peso de la carga y la capacidad de resistencia de las instalaciones.
- Distancia de transporte: es la que debe recorrer el material que se transporta.
- Interferencias, limitaciones, apoyos: conocer estas variables permite adecuar en las fábricas, los sistemas de movilidad para hacer más ágil el flujo de materiales.

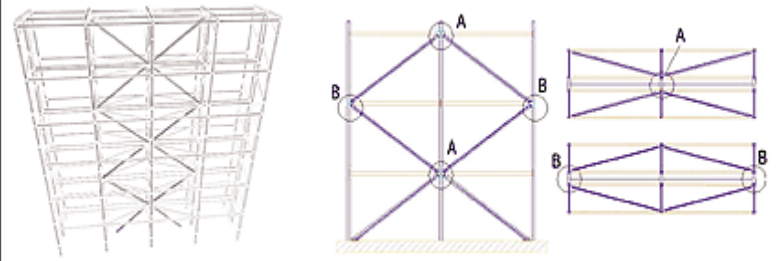
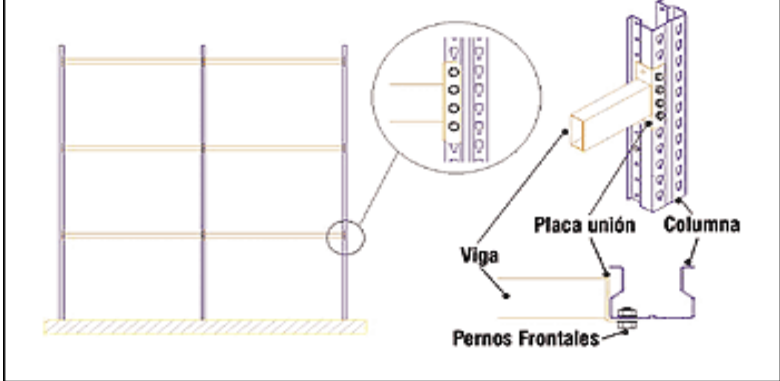
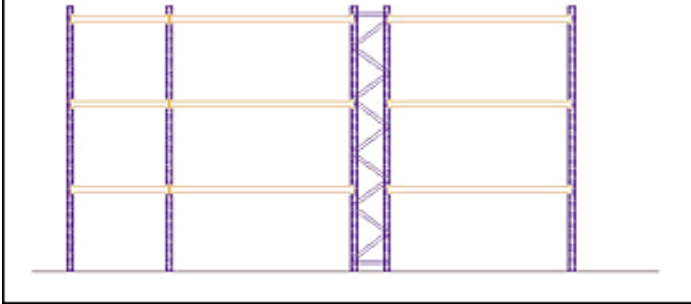
#### 5.6 Nivel de ocupación promedio

De acuerdo a las condiciones de operación y características de los materiales almacenados.

#### 5.7 Características de la estantería

Para el diseño de estanterías de deben tener en cuenta si se encuentran a nivel del terreno o apoyadas en una losa, ya que esto representa una diferencia fundamental en el diseño (las fuerzas para cada caso son distintas). El mercado de estanterías (racks) posee alternativas de estructuración con características muy distintas.

**Tabla IV. Características de estanterías**

Tipo de estanterías	Figura
<p>Estantería arriostrada. Convergencia entre arriostramientos horizontales y verticales.</p>	
<p>Estanterías de marcos rígidos y detalle de "unión rígida"</p>	
<p>Estantería con torres de arriostramiento.</p>	

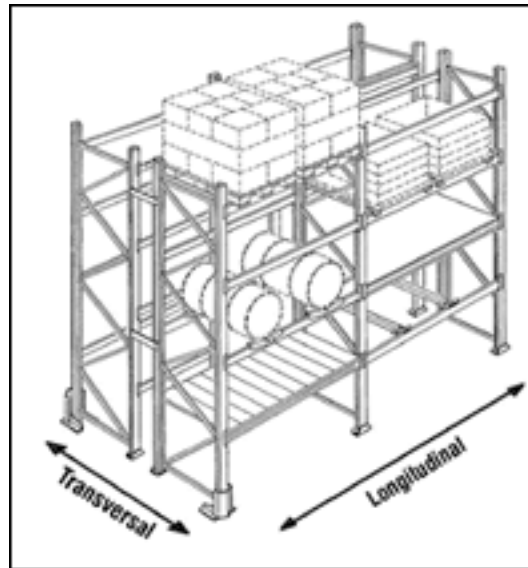
Fuente: Almacenamiento en estanterías y estructuras. España.

### 5.8 Análisis estático del modelo de estructura propuesto

Cuando las estanterías se encuentran localizadas a nivel del terreno su diseño de acuerdo al RMI, se puede hacer considerándolas elementos no estructurales, para el caso de estanterías ubicadas en la losa de entrepiso existe la obligación de diseñarlas, fabricarlas e instalarlas de tal modo que cumplan con las solicitaciones de los pisos superiores de la estructura. Es necesario distinguir dos direcciones de análisis:

longitudinal (corresponde al sentido de tránsito de las grúas en los pasillos) y transversal (dirección en la que se carga la estructura).

**Figura 15. Dirección de análisis**



Fuente: **Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño estructural de una estantería metálica.** 2009.

Pasos sugeridos en el diseño de estanterías:

- Diseño preliminar: que considere las condiciones de carga y sus propiedades mecánicas. Se deben incluir en el diseño: carga muerta (peso del marco, vigas y accesorios de las estanterías), carga del producto, carga viva y carga sísmica.
- Selección de objetivos del diseño: el nivel de desempeño de la estructura depende de tres aspectos fundamentales:
  - Posibilidad de daños físicos en los elementos estructurales y no estructurales.
  - Amenaza sobre la seguridad de los ocupantes de la estructura.
  - Funcionalidad de las estructuras en caso de sismo.

- Determinación de las características sísmicas del terreno en el proyecto: las estanterías deben de ser capaces de proveer seguridad en caso de sismos, sin llegar al colapso.
- Si es posible modelación de la estructura: es importante considerar todas las fuentes de no linealidad y las características de carga de la estanterías, entre estas:
  - Material
  - Modelado de elementos estructurales
  - Nodos y conexiones
  - No linealidad del material
- Análisis y revisión del diseño
- Control de calidad en la construcción e instalación
- Condiciones de operación y mantenimiento por parte del propietario.

**Figura 16. Modelo estructural análisis de estanterías**



Fuente: **Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño estructural de una estantería metálica.** 2009.



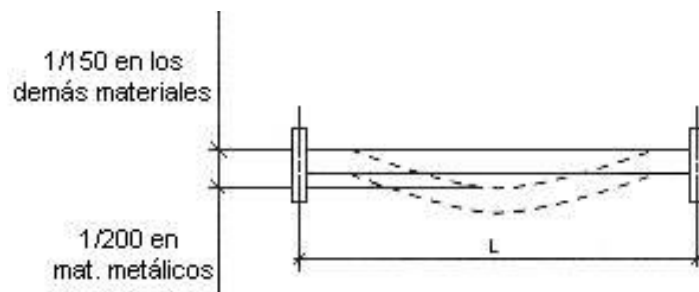
### 5.8.1 Estabilidad

La estabilidad debe estar garantizada en cualquier fase de la actividad. Esto se puede alcanzar, según la construcción, bien por medio del propio peso, bien mediante elementos que permitan la unión entre estanterías, tanto entre sí como con partes adecuadas del edificio, o con cualquier otro tipo de instalaciones que aseguren la estabilidad.

La estabilidad y capacidad de carga de las instalaciones debe ir acompañada de una rigidez suficiente en sentido longitudinal y transversal. Esto se puede alcanzar, según la construcción, bien por medio del propio peso, bien mediante elementos que permitan la unión entre estanterías, tanto entre sí como con partes adecuadas del edificio, o con cualquier otro tipo de instalaciones que aseguren la estabilidad.

**Figura 17. Distancia entre soportes.**

#### **Pandeo máximo admisible de los elementos sustentadores**



Fuente: NTP 298: **Almacenamiento en estanterías y estructuras.** España.

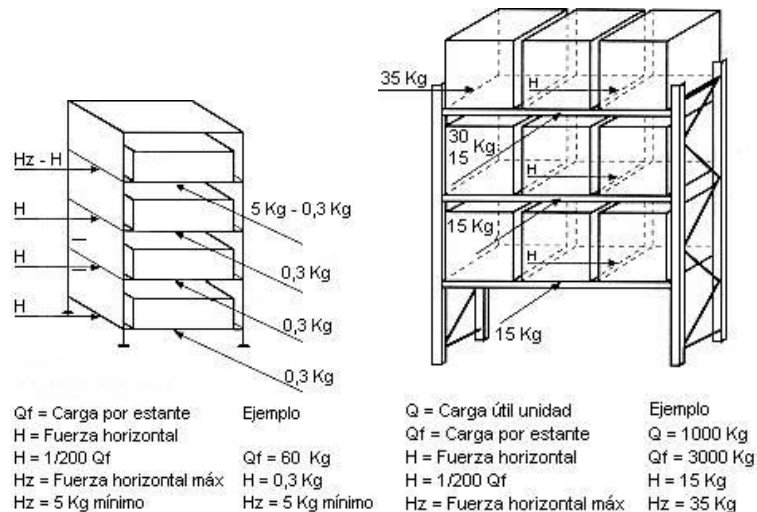
En general se pueden considerar como estables, con una capacidad de carga suficiente y una posición vertical, las estanterías cargadas y descargadas a mano, si la altura del último estante con carga no es superior al quíntuplo de su profundidad. La estabilidad debería estar garantizada en cualquier fase de la actividad. Es fundamental también, asegurar un correcto arriostramiento de la estructura considerada en condiciones de máxima carga. El vuelco de estanterías por ésta causa ocasiona la mayoría de accidentes por inestabilidad. Como norma básica para el caso de estanterías

no paletizadas se deberán arriostrar cuando se supere la relación anchura/altura de 1/5 y tener la precaución de sujetarlas a pared o elemento estructural fijo.

### 5.8.2 Fuerzas horizontales

Se deben considerar las fuerzas horizontales tanto en dirección longitudinal como en dirección al fondo, pero no actuando simultáneamente. En instalaciones donde se sobrepase la relación altura fondo indicada anteriormente, y para las estanterías sin carga, se deberá considerar independientemente de la carga que soporten, una fuerza horizontal de 1/50 de la carga de cada una de las unidades apiladas, actuando cada fuerza en la correspondiente superficie de apoyo de la unidad, así como una fuerza horizontal adicional de por lo menos 15 kg actuando a la altura de la superficie en que se apoya la última carga. Se deben considerar las fuerzas horizontales tanto en dirección longitudinal como en dirección al fondo, pero no actuando simultáneamente.

**Figura 18. Control a esfuerzos horizontales**



Fuente: NTP 298: Almacenamiento en estanterías y estructuras. España.

### 5.8.3 Características cimientos

La presión ejercida por un montante sobre el suelo es función de la carga sobre las estanterías y de la superficie de apoyo. Una presión demasiado elevada tiene el riesgo

de provocar un punzonamiento del suelo que puede originar deformaciones y un derrumbamiento de las estanterías. Para evitar este fenómeno, en función de la resistencia del hormigón, se deberán fijar bajo los pies de los montantes elementos de reparto o placas de nivelación.

## 5.9 Memoria de cálculo y técnica

Se incluye los criterios de selección, diseño, construcción y operación del sistema de almacenamiento de acuerdo a lo indicado con anterioridad (incisos 5.2, 5.3., 5.4, 5.5 y 5.8).

### 5.9.1 Información general

- Ubicación: departamento de Guatemala.
- Área disponible: 200.0 m<sup>2</sup> (20.0 x 10.0 m), altura 5.0 m (ver Figura 19)
- Tipo de materiales que se almacenarán: productos de perfumería y cosméticos.
- Ubicación de la bodega: entre departamentos de Manufactura y Distribución.
- Presupuesto disponible, posibilidad de ampliaciones o cambios: variable, depende de cada empresa.
- Jornada de trabajo: 24 horas, 365 días del año.
- Servicios con que cuenta: agua, energía eléctrica y otros.

### 5.9.2 Características del sistema

- Tipo de embalaje de origen: estibas de cuatro entradas, tarima de madera (1.0 x 1.1 m), flejada con nylon.
- Peso máximo por estiba: 1100.0 kg
- Velocidad de atención necesaria: variable, depende de cada empresa.
- Tipo de estantería: dos niveles, fija, sistema de marcos (vigas, columnas, paraleles), se utilizará equipo (montacargas y transportadores eléctricos), el

proveedor debe asegurar condiciones de servicio y mantenimiento (ver Tabla IV).

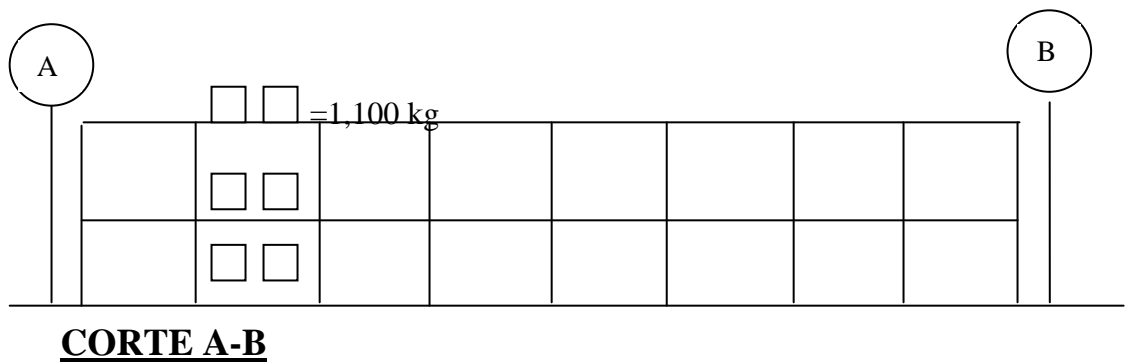
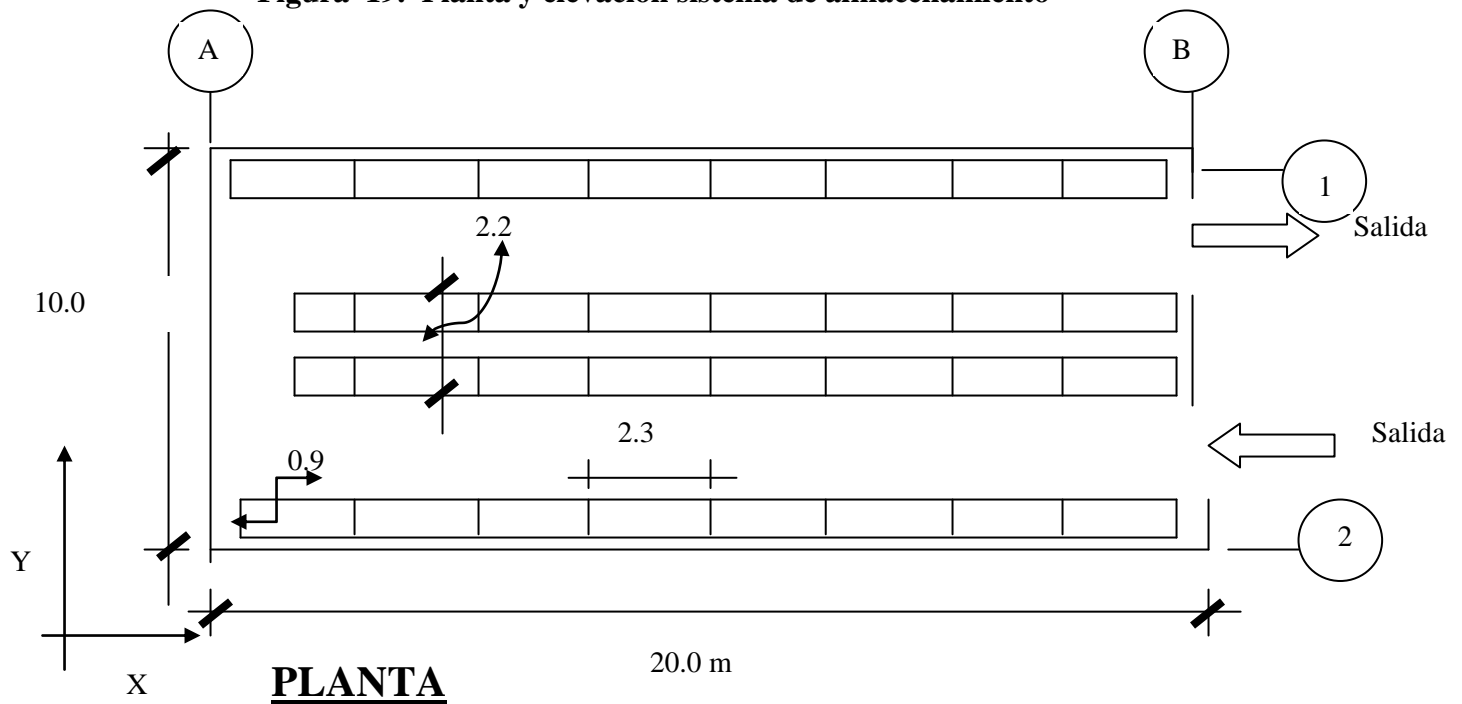
- Pasillos de circulación: mínimo 1.5 m, iluminados y señalizados adecuadamente (ver Tabla V).
- Carga por estantería:  $2200.0 + 10\% \text{ seguridad} = 2440.0 \text{ kg}$  Cantidad de embalajes a almacenar = 180 tarimas
- Posibilidad de ampliaciones o cambios de las bodegas: variable, depende de cada empresa.
- Seguridad del sistema (ver Figuras 13, 21).

### 5.9.3 Consideraciones de diseño

- Normas del Instituto de Fabricantes de Estanterías de los Estados Unidos (*Rack Manufacturers Institute, RMI*).
- Ubicación de la estantería nivel del terreno, de acuerdo al RMI, considerarlas elementos no estructurales.
- Estantería marcos rígidos, elementos verticales (columnas y paraleles), horizontales (vigas), debidamente arriostrados para permitir su estabilidad.
- Condiciones locales del suelo en el sitio: de acuerdo a la información existente el terreno es adecuado para propósitos de la estructura (características sísmicas del terreno).
- Especificaciones piso: habrá circulación de vehículos y equipos para el manejo de materiales.
  - Concreto reforzado
  - Espesor del piso: 20 cm (ver Tabla III).
  - Base de 20 cm (ver Tabla III).
- Cargas diseño:
  - Peso paleta (estiba)
  - Peso tarima

- Carga total por nivel
- Carga total sistema de almacenamiento

**Figura 19. Planta y elevación sistema de almacenamiento**



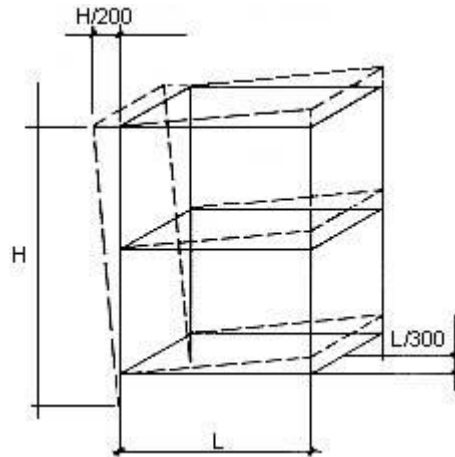
### 5.11 Fase de montaje

Está totalmente prohibida la utilización de elementos recuperados de otras estanterías, aunque sean de igual tipo. el montaje lo realizará el suministrador de

la estantería, con personal suficientemente preparado para el mismo, y en su defecto, el personal que pertenezca al servicio con competencias en esas tareas. Antes de comenzar el montaje de las estanterías se ha de revisar visualmente la losa de sustentación y subsanar cualquier anomalía que pudiera existir.

- Antes de fijar las estanterías a las estructuras del edificio debe verificarse que éstas lo permiten.
- Las estanterías han de quedar montadas verticalmente respecto a sus escalas, horizontalmente respecto a sus niveles de carga y alineadas correctamente respecto a su longitud, las tolerancias una vez finalizado el montaje ha de cumplir con las de las especificaciones del diseño.
- Las desviaciones de los montantes de la estantería a la línea de plomada en dirección longitudinal o transversal no deben ser superiores a  $1/200$  de la altura  $h$  del montante considerado. los puntos de fijación de elementos sustentadores y estantes no deben superar una diferencia de  $1/300$  la distancia entre los montantes.
- Es fundamental asegurar un correcto arriostramiento de la estructura considerada en condiciones de máxima carga. El vuelco de estanterías por ésta causa ocasiona la mayoría de accidentes por inestabilidad.
- Para que las extremidades de los pies (parte baja de los montantes) no estén sometidas a golpes o choques, deben instalarse protecciones en los pies de las escalas o bastidores a nivel del suelo y de resistencia suficiente, fijados al suelo e independientes de sus pies según lo indicado en el apartado estabilidad. Estas protecciones han de tener formas redondeadas y carecer de aristas vivas.
- Para evitar el desenganche de los largueros y ensambles en sus puntos de unión con los montantes, se deben instalar unas clavijas o gatillos de seguridad, que no pueden sacarse de forma accidental en condiciones normales de trabajo.

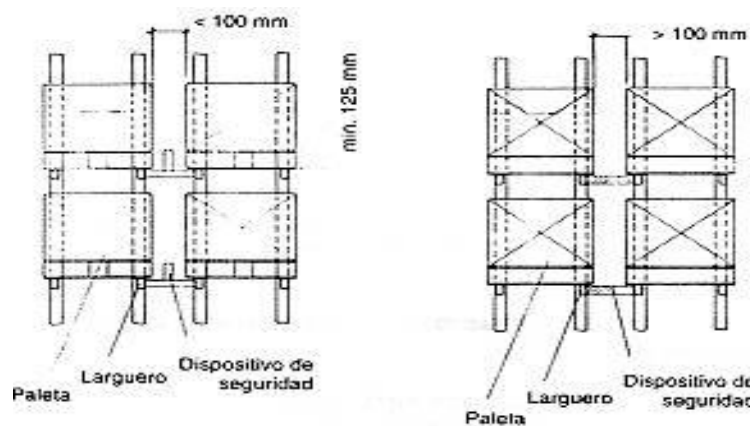
**Figura 20. Desviaciones máximas respecto a la vertical y horizontal en el montaje de estanterías metálicas**



Fuente: NTP 298: Almacenamiento en estanterías y estructuras. España.

- La separación entre los largueros de un mismo nivel deberá ser la apropiada para un correcto apoyo de la unidad de carga.
- Acondicionar los alvéolos de las estanterías destinadas a almacenamiento de cargas con base de configuración particular, con accesorios de resistencia apropiada, perfectamente adaptados a la geometría de las cargas en cuestión y unidos a los largueros de forma solidaria.

**Figura 21. Separadores entre estanterías adosadas**



Fuente: NTP 298: Almacenamiento en estanterías y estructuras. España.

### 5.11.1 Preparación del sitio o nave industrial

Los principales riesgos relacionados con las especificaciones, diseño, construcción y montaje de este tipo de almacenamientos son la caída de cargas y los accidentes de circulación.

- Iluminación: se recomiendan los siguientes valores lumínicos para asegurar una buena visibilidad en pasillos y estanterías. Distinguimos entre valor recomendado y valor mínimo por debajo del cual no se puede permitir que se encuentre una instalación. Se deben situar los sistemas de iluminación por encima de los pasillos de forma que se tenga una iluminación suficiente sobre las zonas de trabajo y evitar el deslumbramiento de los operarios.

**Tabla V. Niveles de iluminación recomendados**

Espacios y lugares	Iluminación recomendable (Lux)	
	Valor recomendado	Valor mínimo
Almacenes	150	60
Talleres donde no es necesario ver detalles	300	120-200

Fuente: **NTP 298: Almacenamiento en estanterías y estructuras.** España.

### 5.11.2 Proceso de traslado y armado de estructuras

La caída parcial o total de cargas paletizadas sobre pasillos o zonas de trabajos puede ser debida a:

- Inestabilidad parcial o total de la instalación por insuficiencias dimensionales de las estanterías, debido a la falta de resistencia mecánica del conjunto o de algunos de sus elementos y/o uniones, a causa de un diseño realizado a partir de especificaciones y/o datos inadecuados o inexactos de las necesidades de uso de la estantería, principalmente por deficiencias en:
  - Aplicación de una normativa de diseño inadecuada



- Los datos de la situación geográfica de la instalación y de sus características geodinámicas.
  - La definición de la unidad de carga paletizada a utilizar (dimensiones y peso de la carga y/o características de la paleta utilizada).
  - Las características y el tipo del equipo de manutención a emplear.
  - Las características del edificio donde se instalarán las estanterías (dimensiones, tipo de edificio, el tipo y las características del suelo, características ambientales).
- Inestabilidad parcial o total de la instalación por insuficiente resistencia mecánica del conjunto o de algunos de sus elementos y/o uniones, como consecuencia de la modificación de las características originales de la estantería y/o de la carga realizadas durante la explotación del almacén, principalmente a causa del:
    - Cambio en la configuración de los niveles de carga.
    - Empleo de unidades de carga distintas de las previstas inicialmente que permiten o facilitan la sobrecarga de los largueros.
    - Desmontaje y montaje inadecuado de las estanterías.
    - Reubicación de las estanterías en suelos con condiciones inadecuadas.
- Choques o golpes contra las estructuras de los aparatos o vehículos de manutención, que pueden ocasionar: el desenganche de los largueros y ensambles, deformaciones elásticas o permanentes de los elementos y/o el desplome de las cargas y/o elementos portantes.
- Hundimiento de los niveles de carga: las principales causas que pueden producir este tipo de situaciones son las siguientes:
    - Sobrecarga local o general que genera la deformación de los elementos de la estructura. Estas sobrecargas se producen por el

inadecuado reparto de las unidades de carga sobre las estanterías (unidades de carga más pesadas de las previstas, ubicación de las cargas más pesadas en los niveles superiores, etc.).

- Sobrepasar los límites máximos de carga admisibles por desconocimiento del peso real de las unidades de carga manipuladas.
- Golpes o choques de las carretillas y carritos o de su carga contra los elementos de la estructura, que provocan deformaciones y perjudican la estabilidad del conjunto.

**Figura 22. Sistemas de protección de estanterías**



Fuente: **Almacenamiento en estanterías y estructuras.** España.

### 5.11.3 Control de calidad instalaciones

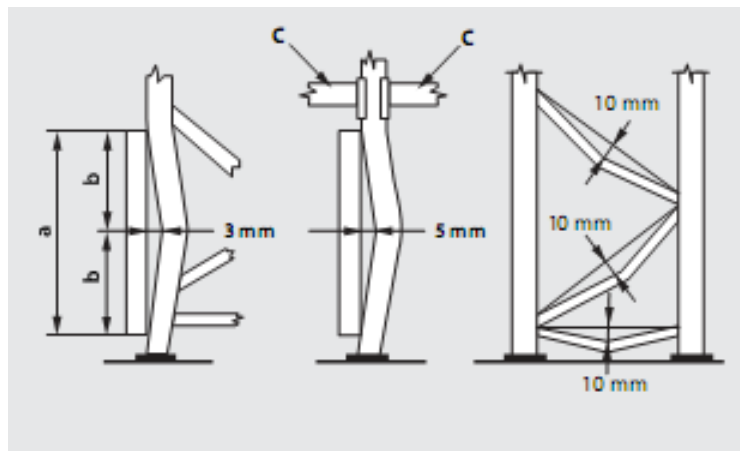
Los principales riesgos relacionados con la especificación, diseño, fabricación y montaje de este tipo de almacenamientos son las caídas de cargas y los accidentes de circulación. El uso de la instalación requiere adoptar medidas preventivas, especialmente, durante la constitución y disposición de las cargas.

### 5.11.3.1 Durante la operación

El uso de la instalación requiere adoptar medidas preventivas, entre las que se pueden mencionar:

- Deberán adoptarse medidas preventivas en el control de las operaciones de apilado y desapilado.
- En las estanterías se colocaran carteles de señalización en lugares visibles de las mismas, preferiblemente en las cabeceras de las estanterías, donde se indiquen las cargas máximas por nivel, por escala, su distribución y la separación entre niveles.
- La identificación de las prestaciones de la instalación y cualquier eventual modificación de las estanterías, En el caso de que en una misma instalación existan diferentes configuraciones de estanterías o se utilicen distintas unidades de carga, se han de colocar los carteles de tal forma que el trabajador/a pueda identificar de forma fácil y fiable todas las prestaciones de cada estantería.

**Figura 23. Clasificación daños categoría ámbar**



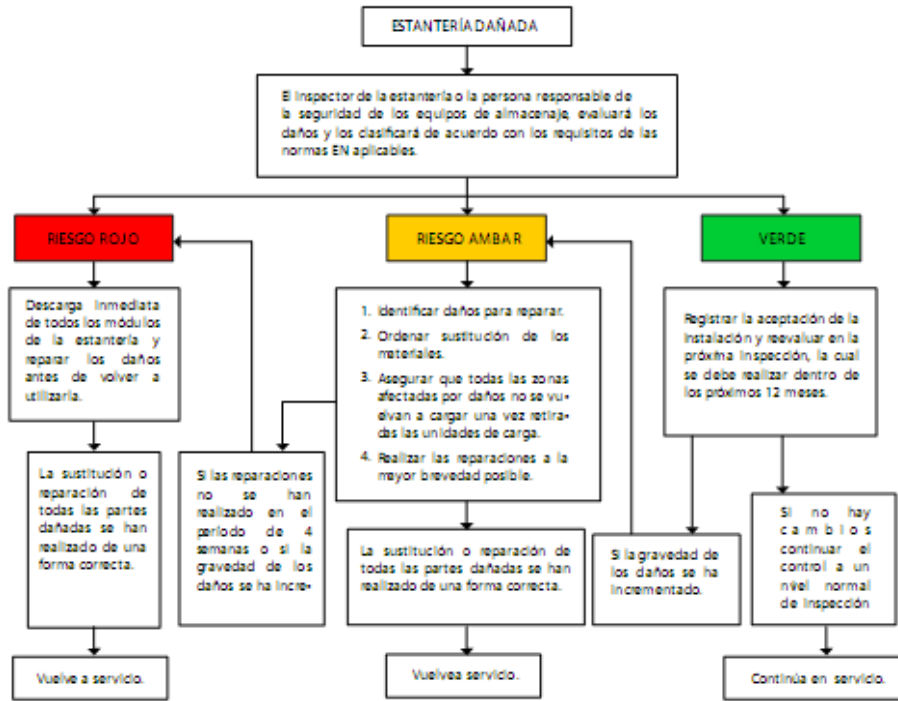
Fuente: **Almacenamiento en estanterías y estructuras.** España.

- Actuaciones frente a una estantería dañada: cuando se produce un daño en una estantería deben llevarse a cabo una serie de actuaciones. Para esto

se propone la siguiente clasificación de los mismos en tres niveles de riesgo:

- Verde: se considera esta clasificación cuando no se exceden los valores límites. En este nivel solamente se requiere mantenimiento y la instalación no necesita disminución de su capacidad de almacenaje.
- Ámbar: se considera esta clasificación, siempre que los valores límites sean inferiores a dos veces los especificados a continuación:
  - i.** Puntales doblados, en la dirección del plano del bastidor, con deformación permanente igual o mayor a 3 mm medida en el centro de un intervalo “a” de longitud de 1 m.
  - ii.** Puntales doblados, en la dirección del plano de los largueros, con deformación permanente igual o mayor de 5mm medida en el centro de un intervalo “a” de longitud de 1m.
  - iii.** Deformaciones permanentes iguales o mayores de 10 mm en los elementos de la celosía (horizontal y diagonal), y en cualquier dirección. Para longitudes menores de 1 m, el valor de 10 mm se puede interpolar linealmente.
- Rojo: se considera esta clasificación, cuando los valores límite son iguales o superan el doble de los especificados.

**Figura 24. Clasificación daños estantería dañada**



Fuente: <http://www.manceras.com.co>

### 5.11.3.2 Modificaciones

Cualquier modificación de los elementos de las estanterías como consecuencia de que a su vez se deben modificar las formas o peso de las cargas, deberá hacerse de acuerdo con el fabricante o instalador, el cuál deberá realizar los cálculos necesarios para su adecuación. En cualquier caso las modificaciones deberán hacerse con las estanterías vacías. Estas nuevas características y su aprobación o denegación a los nuevos usos previstos serán confirmadas por escrito por la empresa diseñadora.

### 5.11.3.3 Mantenimiento

Se llevará a cabo un adecuado programa de mantenimiento de todas las instalaciones, siendo aconsejable que sea realizado por el propio fabricante de las

estanterías o de acuerdo con el mismo. Estos programas deben contemplar entre otros los siguientes aspectos:

- Inspección diaria, realizada por el personal del almacén, para detectar anomalías fácilmente visibles como: largueros y/o escalas deformadas, falta de verticalidad de la instalación (longitudinal y/o transversal), agrietamientos del suelo, ausencia de placas de nivelación, rotura de anclajes, ausencia de clavijas de seguridad, unidades de carga deterioradas, ausencia de placas de señalización de características, etc. y proceder a inmediata reparación o reposición.
- Inspección semanal, realizada por el responsable del almacén, en la que se verificará la verticalidad de la estructura y de todos los componentes de los niveles inferiores, con notificación, calificación y comunicación de daños.
- Inspección mensual, realizada por el responsable del almacén, incluyendo además la verticalidad de la instalación de todos los niveles y aspectos generales de orden y limpieza del almacén, con notificación, calificación y comunicación de daños.
- Inspección anual, realizada por personal competente y experimentado en esta actividad, que puede ser del usuario o del fabricante, con notificación, calificación y comunicación de daños.
- Después de un golpe y en función de los daños se reparará o reemplazará cualquier elemento deformado, verificando la verticalidad de la estantería. Todas las observaciones relativas al estado de las estructuras y suelo se consignarán en un registro en el que se hará constar: la fecha, naturaleza de la anomalía detectada, trabajos de restauración y su fecha de realización. También se deberán consignar informaciones relativas a las cargas.
- Limpieza: el depósito o almacén se ha de mantener limpio en todo momento, siendo aconsejables las operaciones siguientes:

- i.** Limpieza regular del polvo acumulado en las luminarias.
- ii.** Realizar la limpieza de los almacenes de forma periódica (como mínimo semanalmente) y siempre inmediatamente después de cualquier operación que provoque o desprenda al ambiente (polvos, líquidos, grasas, etc.).

## CONCLUSIONES

1. El adecuado funcionamiento de una bodega es esencial para el desempeño de una empresa. Es por ello que su implementación es un trabajo que requiere una logística que contribuya a potenciar el negocio, considerando un costo reducido.
2. Todos y cada uno de los elementos que forman la bodega o sistema de almacenamiento deben estar diseñados de acuerdo a los procedimientos establecidos.
3. Los sistemas de almacenamiento permiten ahorro de terreno, ordenar y controlar los inventarios, respuesta ágil en el despacho y un adecuado manejo de los materiales o productos.
4. Debe hacerse uso efectivo y eficiente de todo el espacio disponible para el diseño de las bodegas industriales.
5. En todo el mundo, los constructores buscan materiales de construcción más ligeros, más resistentes, más versátiles y con mejor acabado aparente, pensando siempre en el confort, la palabra clave cuando se habla de adelantos en materiales usados en la construcción.
6. Al seleccionar la estantería, se deberán tener en cuenta dimensiones y capacidad de carga, se debe considerar el servicio de mantenimiento, el tiempo de suministro de partes que deban ser sustituidas, la disponibilidad de asistencia técnica, tiempo de garantía, así como la permanencia de la empresa en el mercado.



7. Las operaciones de manejo de materiales deben mecanizarse y/o automatizarse cuando sea posible, para mejorar la eficiencia operativa.
8. El impacto ambiental y el consumo de energía son criterios a considerar cuando se diseña o selecciona el equipo y los sistemas de manejo de materiales.
9. Con las especificaciones aplicables, en base a las características de la instalación, se diseñará la estantería atendiendo a lo dispuesto en la normativa de aplicación.
10. El mercado de estanterías (racks) posee alternativas de estructuración con características muy distintas.

## RECOMENDACIONES

1. El manejo de materiales debe ser el resultado de un plan deliberado, que responda a las necesidades de la compañía. Se debe reconocer la capacidad y las limitaciones humanas, y respetarse al diseñar las tareas y seleccionar los equipos para asegurar operaciones seguras y efectivas.
2. Las estanterías deben ser de tamaño adecuado y configurarse de manera que logren el flujo de material y los objetivos de inventario en cada etapa de la cadena de proveedores.
3. Colocar en las estanterías carteles informativos de las cargas máximas por nivel, su distribución y la separación existente entre niveles. Esta señalización deberá instalarse en lugar visible, preferiblemente en las cabeceras de las estanterías.
4. El interesado debe informarse sobre características del lugar a utilizar para montaje, tipo de material del sistema y funcionamiento estructural previo a invertir en estanterías, no limitándose a adquirir la alternativa más económica o recurriendo a asesores con enfoques inadecuados o poco rigurosos estructuralmente hablando.
5. De acuerdo al trabajo de campo existen diferentes alternativas en materiales y tipos de sistemas de almacenamiento disponibles en el mercado nacional, por lo que se sugiere que se analice las ofertas implementado las recomendaciones dadas en la metodología propuesta.

## APÉNDICE

### Boleta análisis de mercado local de estanterías

<b>1</b> Nombre de la empresa						
<b>2</b> Tiempo de experiencia en el mercado	1-5 años	5-10 años				
<b>3</b> Actividades que desarrollan	Producción	Diseño	Instalación			
<b>4</b> Tipos de sistemas de almacenamiento que ofrecen	Estanterías metálicas	Otras	Ventas			
<b>5</b> Materiales que ofrecen	Estados Unidos	Europa	Sur América			
<b>6</b> Normas que certifican sus productos	Estilo	Coste/unidad de medida				
<b>7</b> Mencione tres sistemas de estanterías de mayor demanda en el mercado	1	2	3			
<b>8</b> Tipos de perfiles que ofrecen en sus estanterías metálicas						
<b>9</b> Realizan control de calidad a sus materiales y/o elementos	Si	No				

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amparo Mejía Héctor José, de Castro Cuevas Santos Cecilio y Robiu Payano Félix Rafael. **Manejo de materiales**. Santo Domingo, D. N. Julio 2003.
2. Arango Sergio, Paz Alejandro, Duque María del Pilar. **Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño estructural de una estantería metálica**. Escuela de Ingeniería de Antioquía, Medellín Colombia. 2009.
3. Brenes Mena Jimmy R, Morales Madriz Gabriela, Muñoz Molina Cristhian. **Logística del sitio de construcción y diseño de proceso constructivo para naves industriales**. Cartago, Costa Rica. Agosto 2002.
4. Ing. Mancera Ruiz Mario Ramón. **Almacenamiento en bodega**.  
<http://www.manceras.com.co>
5. Ingeniero Técnico Eléctrico Rodríguez Planas Dimas, Ingeniero Técnico Industrial Fernández Rougeot Gregorio. **Almacenamiento en estanterías metálicas**. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Asociación Española de Manutención.
6. Ing. Industrial Tamborero del Pino José M<sup>a</sup>. **Almacenamiento en estanterías y estructuras**. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. España.
7. Ing. Rodríguez Planas Dimas, Ing. Fernández Rougeot Gregorio. **NTP 618: Almacenamiento en estanterías metálicas**. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, Asociación Española de Manutención. España.

8. Ing. Tamborero del Pino José M<sup>a</sup>. **NTP 298: Almacenamiento en estanterías y estructuras.** Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, Asociación Española de Manutención. España.
9. García Richard. **Manejo de materiales.** Universidad Apec. 2002.
10. **NTP 618.** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España.
11. Silva Sánchez Alvaro Norberto. **Logística de almacenamiento.** Tecana American University Accelerated Degree Program Master of Science in Logistics Managemen. Caracas, agosto 2006.
12. Salazar Duarte de Losi Miriam. **Administración financiera de los costos de producción en una fábrica nacional que produce estanterías de metal.** Tesis Maestría Ciencias Económicas, USAC. 2006.