



UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN

PROPUESTA DE DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA  
PARA LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE POSTES DE  
LA EMPRESA “ELECAUSTRO”

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
ingeniero de la producción y operaciones

Autor:

Pablo Santiago Molina Astudillo

Directora:

Ing. Ana Vásquez Aguilera Mgst

Cuenca – Ecuador

2021

# Propuesta de diseño de la distribución física para la bodega de almacenamiento de postes de la empresa “ELECAUSTRO”.

*Pablo Santiago Molina Astudillo*

*pablo94molina@hotmail.com*


## Resumen

En este documento se presenta una Propuesta de Diseño de la Distribución Física Interna para la bodega de almacenamiento de postes de la empresa ELECAUSTRO S.A. La propuesta fue generada en base de revisión de material bibliográfico, análisis de datos históricos de la empresa, determinación de necesidades y requerimientos del almacén e investigación de campo de manera colaborativa con el personal de la misma: con lo cual se obtuvo una optimización de la capacidad de almacenamiento y rutas de circulación adecuadas para camiones y maquinaria, mejorando así la gestión del almacenamiento, y de esta manera abastecer de manera óptima a las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago.

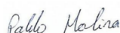
Palabras clave: almacenamiento, capacidad, diseño, distribución física, postes.



Ing. Ana Vásquez Aguilera  
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Iván Coronel PhD  
COORDINADOR DE INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN



Pablo Molina Astudillo  
AUTOR

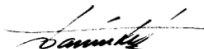
## Abstract

This document presents a design proposal for the internal physical distribution for the pole storage warehouse of the company ELECAUSTRO S.A. The proposal was generated based on consultations of bibliographic material, analysis of historical data of the company, determination of needs and requirements of the warehouse, and field research in a collaborative way with the staff. As a result, an optimization of adequate storage capacity and circulation routes for trucks and machinery was obtained, thus improving storage management and optimally supplying the provinces of Azuay, Cañar, and Morona Santiago.

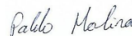
Key words: warehouse, capacity, design, layout, electricity posts.



Ing. Ana Vásquez Aguilera  
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Iván Coronel PhD  
COORDINADOR DE INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN



Pablo Molina Astudillo  
AUTOR



## INTRODUCCIÓN

ELECAUSTRO S.A., es una empresa pública con sede en la ciudad de Cuenca, líder en generación de

energía alrededor de 20 años, tiene como misión: “ser una empresa innovadora y sostenible que contribuye al desarrollo del país mediante la producción de energía eléctrica renovable y diversificada, basando su accionar en principios éticos, calidad y responsabilidad con la sociedad y el medio ambiente”. Actualmente la empresa cuenta con una planta térmica de combustible diésel y búnker y cuatro plantas hidroeléctricas.

Uno de los insumos que utiliza ELECAUSTRO para brindar su servicio son postes de hormigón. El proveedor principal de postes es la empresa LUMINTEC dedicada a la comercialización al por mayor y menor de materiales y equipos eléctricos desde el año 2008 y está ubicada en la ciudad de Guayaquil. El abastecimiento de estos postes se realiza mediante lotes de 980 postes, cada 15 a 20 días laborales, según las necesidades de la empresa, con una garantía de 2 años desde la entrega al cliente.

El proceso de carga de postes es un proceso semiautomático debido a que tiene intervención humana y maquinaria conjuntamente; el operario coloca una cadena alrededor del poste, la cadena es enganchada en el brazo del camión “pluma”, el operario procede a manipular los controles hidráulicos y coloca el poste en el camión a transportar las unidades.

El proceso de descarga de postes también es un proceso semiautomático, el vehículo transportador ingresa a la bodega, el operario coloca la cadena o cable alrededor del poste que está sobre la plataforma en la que ha sido transportado, la cadena la fija en el brazo de la “pluma”, el operario procede a manipular los controles hidráulicos para colocar el poste sobre el piso de la bodega.

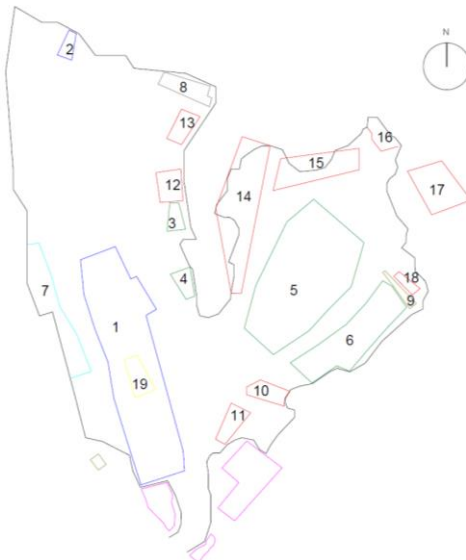
La empresa ELECAUSTRO cuenta con una bodega de almacenamiento de postes en el sector “EL DESCANSO”, estos postes son utilizados en distintos proyectos, como instalación de alumbrado público, sustitución de postes por accidentes, reemplazo de postes por saturación de cableado, malas condiciones del poste, etc., en las provincias de Azuay, Cañar y Morona

Santiago. Dentro de la bodega se encuentran almacenados postes de diferentes tamaños, los más comunes son los de 10 y 12 metros, además se ha designado zonas para postes defectuosos, transformadores, postes rectangulares, postes de 16 metros y bloques. La bodega cuenta con una capacidad de almacenamiento de 7608 postes de hormigón y el 24.61% del espacio está ocupado por postes desechados. Los postes desechados son los que han sido reemplazados por acciones preventivas o correctivas, una vez retirados los contratistas son responsables de retornar los postes a la bodega, es importante mencionar que todo poste reemplazado retorna a la bodega.

La bodega cuenta con un solo responsable encargado de recibir, revisar, controlar y despachar la mercadería. El horario de atención es de 9:00 a 13:00 y solo se atiende bajo cita previa, ya sea para el abastecimiento o la distribución de productos.

Después de realizar el levantamiento de información se determinó que el diseño de la bodega no es el óptimo debido a que no se tiene vías definidas ni delimitadas, lo cual dificulta el movimiento al interior de la bodega, los postes no tienen una clasificación y localización adecuada, el control de inventario es difícil debido a la poca organización que presenta la bodega, en otras palabras, al uso ineficiente del espacio físico en el interior de la bodega; por lo que se propone un diseño de bodega que cumpla con la capacidad de almacenamiento requerida.

Gráfico 1 Situación inicial de la bodega



Fuente: el autor

En el esquema previo se observa que no existe un orden ni clasificación adecuada en el interior de la bodega. Las áreas 1 y 2 pertenecen a los postes de 12 metros; las áreas

3,4,5 y 6 a los postes de 10 metros, área 7 pertenece a postes de hormigón reforzado; área 8 con los postes rectangulares, área 9 contiene los postes de 16 metros; las áreas 10 hasta 18 corresponden a postes desechados y finalmente el área 19 contiene postes de fibra dispuestos provisionalmente en el almacén para su uso ya destinado en la ejecución del proyecto “Tranvía 4 Ríos” en la ciudad de Cuenca.

Gráfico 2 Tendencia de la demanda de clientes

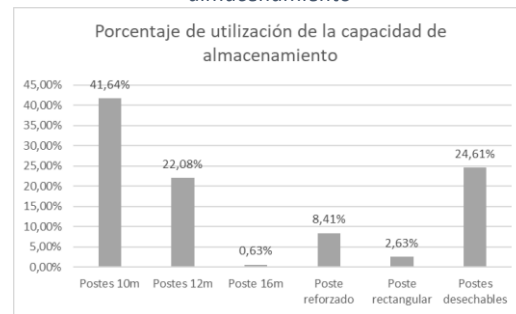


Fuente: el autor

Según los registros obtenidos en el ERP (*Enterprise Resource Planning*) de la empresa, las cantidades de postes registradas tanto en ingresos como egresos muestran una tendencia de demanda creciente, por lo cual se debe considerar la optimización del uso del espacio de almacenamiento de la bodega.

A continuación (Gráfico 3), se observará la utilización de la capacidad actual detallada en cada tipo de poste.

Gráfico 3 Utilización de la capacidad de almacenamiento



Fuente: el autor

El porcentaje de utilización de la capacidad de almacenamiento es la capacidad de almacenamiento relativa de cada tipo de poste con respecto a la capacidad total del almacén. En este caso se determinó la capacidad actual destinada para almacenar cada tipo de poste es la siguiente: i) Poste de 10 metros 41.64%: 3168 unidades, ii) Poste 12 metros 22.08%: 1680 unidades, iii) Poste 16 metros 0.63%: 48 unidades, iv) Poste reforzado 8.41%: 640 unidades, v) Poste rectangular 2.63%: 200 unidades y vi) Postes desechados 24.61%: 1872 unidades; todos estos valores en relación con la capacidad total del

almacén de 7608 unidades se obtiene el porcentaje de cada tipo de poste. El porcentaje de utilización actual de la capacidad de la bodega es de 49.5% con respecto a la capacidad total, esto implica que existe espacio libre y disponible que no se lo utiliza adecuadamente.

Entre los principales requerimientos para el diseño de la bodega está el ancho de vía de 8 metros como mínimo debido a que deben circular camiones y maquinaria, asignar y delimitar las áreas destinadas para cada tipo de poste y ubicar un nuevo ingreso y salida para los camiones para facilitar el flujo además de evitar congestamiento vehicular en los alrededores de la bodega.

## ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

El diseño interno de un almacén ha sido estudiado a lo largo de muchos años, en sus inicios se enfocaban únicamente en la ubicación del almacén como su variable principal, haciendo referencia a la ubicación a como destinar ordenadamente los productos en el interior del almacén o bodega. Posterior a la ubicación se decidió incluir una variable como el dimensionamiento, se entiende por el dimensionamiento como el alcance, tamaño y/o capacidad del almacén; es decir, que número de productos puede almacenar o disponer de un espacio físico por un determinado periodo de tiempo.

Con el paso del tiempo y el avance industrial, las dos variables se consideran como una sola para realizar diseños de las distribuciones físicas de almacenes.

Gráfico 4 Parámetros para el diseño de un almacén



Fuente: Hualpa Andrés; Suárez Carolina 2013

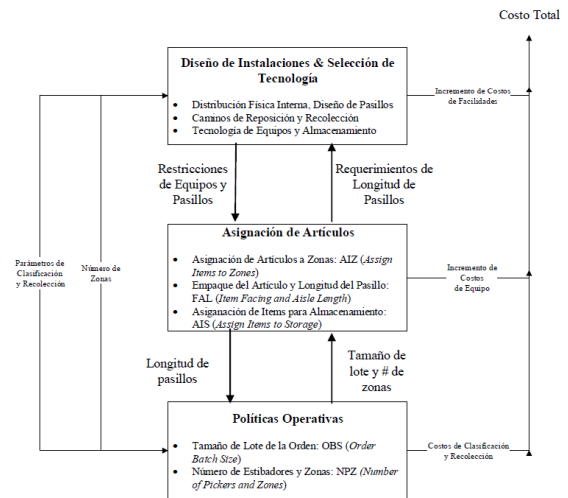
En los años 70, aparecen los primeros modelos de localización interna de almacenes, utilizando la técnica de programación dinámica, la cual consiste en presentar restricciones de capacidad de sus variables. Posteriormente los métodos heurísticos STPL (*Stochastic Transportation Location Problem*) proponen que existe un número discreto de posibles ubicaciones en el interior del almacén. [1]

En la década de los 90's, las empresas proponen aumentar la capacidad de los almacenes mediante la utilización de espacios en la altura y rutas de recolección de productos en la bodega; de esta manera, lograron aumentar las capacidades de los almacenes que se basaban en estudios de décadas pasadas. En 1992, Gilles

Cormier y Eldon Gunn proponen que la capacidad de almacenamiento está en función de las políticas de preparación de pedidos, procesamiento de lotes, asignación de almacenamiento y sus modelos o técnicas de control. [2]

En el mismo año, los autores Gray, Karmarkar y Seidmann formulan el diseño de almacenes como un problema que debe descomponerse jerárquicamente en tres niveles de decisión; i) diseño de instalaciones/selección de tecnología, ii) ubicación de los ítems y iii) políticas de operaciones del almacén. [1]

Gráfico 5 Descomposición jerárquica del diseño de un almacén



Fuente: Gray, Karmarkar y Seidmann 1992

Alrededor de los años 2005 y 2006, el dimensionamiento de los almacenes empezó a basarse en reordenar los materiales y/o productos, teniendo como principales variables el tamaño del almacén, tamaño de estantes y número de transportadores. En la misma época, empezaron con la medición del rendimiento de almacenes. Se realizaron diseños de almacenes basándose en distribución física del almacén y rutas de los procesos y productos, así como limitando la capacidad de los almacenes según el volumen de producción planificado.

La integración del modelo *Economic Order Quantity*, conocido por sus siglas en inglés como EOQ, como un parámetro para el diseño de almacenes empezó a ser considerado en los años 2009-2010. Posteriormente, investigaciones desarrollan que el diseño de un almacén está asociado a un sistema de almacenamiento, preparación de pedidos y tendencias en la demanda. [1]

En los últimos años, dentro de la industria se han juntado los parámetros de dimensionamiento, ubicación y

distribución para el modelado de diseño de almacenes y en la actualidad con la aparición de herramientas de software y simulación como Automod, CAD, PANTDESIGN, FlexSim, ProModel entre otros, las eficiencias de los diseños de almacenes han aumentado considerablemente, debido a que son elementos muy potentes porque permiten agilizar todo el proceso de diseño, realizar simulaciones con diferentes escenarios respaldados por modelos matemáticos y estadísticos y permiten una mejor visualización gráfica de los diseños.

La arquitectura industrial es la asociación de la ingeniería en ámbitos industriales y la arquitectura, tuvo sus inicios en el diseño y construcción de maquinaria; con el paso del tiempo incursionó en el diseño y construcción de edificios destinados al procesamiento y almacenamiento de productos.

El diseño o rediseño de los almacenes comprende la organización y distribución del espacio en las distintas áreas operativas de la empresa; de manera general abarca 3 grandes áreas que son: i) recepción, ii) almacenamiento y iii) expediciones o despachos.

En el libro “ALMACENES, Planeación, organización y control”, el autor Alfonso García Cantú (2013) clasifica a los almacenes o bodegas de almacenamiento en 3 grandes categorías que son:

- i). **Almacén de materias primas:** normalmente forma parte la planta o nave de producción de la empresa, alberga materiales, suministros, envases, etc., los cuales posteriormente van a sufrir algún tipo de transformación.
- ii). **Almacén de productos intermedios:** al igual que la clase anterior forma parte de la planta o nave de producción, y tiene como objetivo ser un stock de seguridad o “colchón” durante la obtención de un producto para disminuir los tiempos de espera en lo posible.
- iii). **Almacenes de productos terminados:** tienen como objetivo el almacenamiento de los productos que ya han sufrido algún tipo de transformación, para su posterior venta, uso o disposición.

Según, M. Perdiguer Jimémez, en el año 2017 en su libro “Diseño y organización del almacén” [3] al momento de realizar el diseño de cualquier tipo de almacén, se debe tener en cuenta dos aspectos importantes, los cuales se encuentran categorizados en: i) instalaciones principales como redes de suministro eléctrico, ii) medidas de seguridad, infraestructura, suelos, etc. El contenido del almacén engloba a la maquinaria, distribución física, estantería, oficina y espacios restringidos. También menciona que las principales variables que inciden y se debe considerar para el diseño de almacenes son:

- i). **Tipología del producto:** altura, anchura, peso, características, etc.

- ii). **Cantidad y frecuencia de suministros:** tamaño de pedidos y periodicidad
- iii). **Stocks mínimos y máximos soportados:** capacidad mínima y máxima de almacenamiento.
- iv). **Soporte de entradas y salidas:** posibilidades reales de recepción y expedición.

El diseño del almacén está en función del tipo de producto que se pretende almacenar, la maquinaria, implementos o personal requerido para transportar la misma, y de los espacios de circulación tanto para la maquinaria como para el personal; las condiciones de la infraestructura están ligadas a los cuidados que se deben llevar a cabo durante el almacenamiento de los productos.

En el libro “Almacenamiento de materiales” [4], el autor trata como diseñar y gestionar almacenes optimizando los recursos de los procesos logísticos y entre los principales beneficios para una empresa de tener una distribución física correctamente diseñada, están los siguientes:

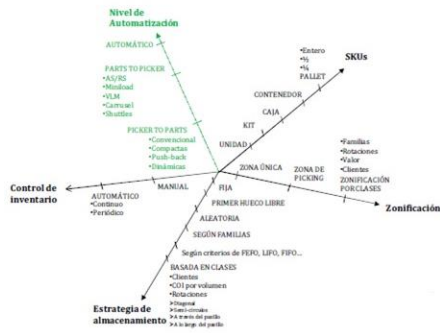
- Obtener el máximo índice de rotación de la mercadería
- Aprovechar de manera eficiente el espacio disponible
- Facilitar el acceso a la unidad logística almacenada
- Dar facilidades de control de las cantidades en el inventario

“El diseño de almacenes es un problema complejo, no sólo por las altas exigencias de los clientes en términos de plazo y gama, sino por el número de alternativas posibles” [5]; como fase de desarrollo de un diseño de almacén los autores proponen una herramienta (Gráfico 6) denominada “Configurador de Alternativas de Diseño”, que tiene como objetivo mapear las soluciones de diseño, se compone de diagramas en forma de estrella, es decir, por cada proceso al interior del almacén se desarrolla un diagrama estrella, en sus ramas muestra las alternativas de diseño en función a una variable principal.

A continuación, el ejemplo del “Configurador de Alternativas de Diseño” muestra las alternativas de diseño del proceso de almacenaje, teniendo como principal variable el grado de automatización del proceso.

*Gráfico 6 Configurador de Alternativas de Diseño*

## Almacenaje



Fuente: Chackelson, Santos y Errasti 2013

La siguiente fase es la mejora y validación, los mismos autores, sugieren utilizar el método Delphi como técnica práctica que se necesita para estos tipos de proyectos. Consiste en reunir un grupo de personas con un alto grado de conocimiento y experiencia en el tema para que basados en el “Configurador de Alternativas de Diseño” seleccionen la mejor propuesta; de esta manera el proceso de diseño de almacenes busca el complemento analítico y práctico. [5]

“El proceso de diseño habitualmente atraviesa fases consecutivas: concepto, adquisición de datos, especificaciones funcionales, especificaciones técnicas, selección de los medios y equipos, distribución en planta, selección de políticas de planificación y control.” [6] Los diferentes problemas que se pueden presentar en el diseño de almacenes tienen incidencia en los niveles estratégico, táctico y operativo de la empresa.

## METODOLOGÍA

El *layout* del almacén hace referencia a la distribución física de los espacios, maquinaria y áreas destinadas para realizar las operaciones dentro de la empresa; el mismo se lo evidencia en planos técnicos. El diseño del almacén estará en función del tipo de producto a almacenar, la maquinaria, implementos o personal requerido para transportar la misma, y de los espacios de circulación tanto para la maquinaria como para el personal; las condiciones de la infraestructura están ligadas a los cuidados que se llevan a cabo durante el almacenamiento de los productos.

Según la bibliografía consultada para el presente proyecto, basada en metodologías de diseño de productos terminados, para este caso en concreto de postes, no existe un proceso definido para diseñar un almacén, por lo tanto, el diseño es netamente de carácter investigativo. Para la propuesta se consideraron variables como: tipología y flujo del producto, cantidad y frecuencia de pedidos, stocks mínimos y máximos de almacenamiento, soporte de entradas y salida, condiciones y requerimientos de la empresa.

Se realizó un análisis de los datos históricos de los periodos 2016, 2017, 2018 y 2019 acerca de los ingresos y egresos de postes en la bodega, dentro de los cuales se evidenció una tendencia creciente, de la misma manera se identificó los postes de alta, media y baja rotación.

Además, se realizó un levantamiento de las áreas actuales del almacén con sus respectivas dimensiones, de manera que se validó la información obtenida y se determinó con exactitud la capacidad actual de las instalaciones.

Para el diseño propuesto se tomó en cuenta que el caso hace referencia a la reorganización del almacén actual con el propósito de generar un uso eficiente del espacio físico, facilidad de movimiento del producto, ingreso y seguridad del personal y maquinaria, además mejorar el control de las existencias almacenadas. En el diseño no se contará con zonas exclusivas que sean destinadas a la carga y descarga, recepción, preparación ni expedición, debido al tipo de producto que se almacena. Al ser postes de hormigón que oscilan entre los 10 a 18 metros de alto y con pesos de 500 kilogramos en adelante, la manipulación puede realizarse únicamente con maquinaria pesada.

Se realizaron entrevistas con el jefe de almacén, el cual aportó datos y conocimientos basados en el *know-how* sobre el almacenamiento de los postes.

Con el empleo de software AutoCad, ArchiCad y fotografía aérea con dron se realizó el levantamiento de la distribución física actual de la bodega con la ubicación de los productos dentro de la misma.

Gráfico 7 Fotografía aérea de la bodega



Fuente: el autor

La propuesta para el nuevo diseño de la bodega consiste en optimizar la capacidad de almacenamiento, disminuir el porcentaje del área para postes desechados y aumentar el área para los postes de mayor rotación; generar un flujo de entrada y salida para maquinaria y camiones, oficina administrativa, respetar el ancho de las vías internas y un factor clave es cambiar el piso de la bodega



a hormigón considerando que permite incrementar el número de unidades a colocar en cada ruma.

Posterior a la recopilación de requerimientos y restricciones se elaboró la nueva distribución física, considerando en todo momento la conformidad con los requerimientos, necesidades y restricciones de la bodega antes mencionadas. También se realizaron *renders* con vistas estratégicas que permitirán una mejor visualización de la propuesta.

Además, se realizó un inventario de las nuevas áreas destinadas para el almacenamiento de postes con el objetivo de realizar una comparativa de la nueva capacidad de almacenamiento con respecto a la situación inicial.

### RESULTADOS

La nueva propuesta de *layout* para la bodega de postes registra un aumento aproximado de 50% en su capacidad de almacenamiento. El nuevo diseño está sujeto a restricciones que han sido determinados en el transcurso del proyecto, entre estos se encuentran: nuevos accesos para los camiones, anchos de vías adecuados, oficinas administrativas, y por normativas legales y municipales es necesario un retiro de 50 metros entre el Río Burgay y la bodega de postes; además fue necesario eliminar una determinada área verde dentro de la misma.

Los postes que fueron considerados como prioridad para el aumento de capacidad de almacenamiento son los postes de hormigón de 10 metros y 12 metros principalmente, posterior a estos se encuentran los postes de hormigón de 16 metros, postes de hormigón reforzado, postes rectangulares y finalmente postes desechados o retirados.

Además de reubicar los postes en el interior de la bodega, otro aspecto clave en el aumento de capacidad es el piso; ahora serán colocados sobre hormigón, lo que permite incrementar dos filas por cada ruma, inicialmente las constan de 8 filas de postes y aumentan a 10 filas por ruma sobre piso de hormigón. Con todas las modificaciones que se han realizado en el diseño de la bodega se logró solucionar los problemas detectados al momento del levantamiento de información inicial. En la siguiente tabla se muestran los problemas encontrados en la situación actual y las soluciones que se proponen; todas con respecto al diseño de la bodega.

*Tabla 1 Problemas y soluciones en el diseño del almacén*

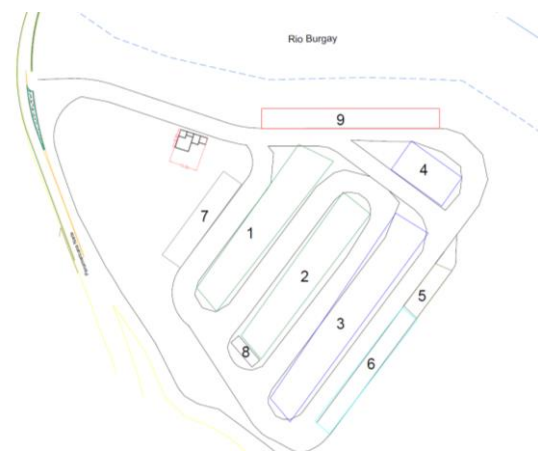
<b>Problema: Situación Inicial</b>	<b>Solución: Nuevo diseño</b>
La ubicación de los distintos tipos de postes no están claramente definidos en la	Las áreas de cada tipo de poste se encuentran claramente definidas y señalizadas.

distribución física del almacén.	
La maquinaria y camiones presentaron dificultades al momento de circular, las vías de circulación se encontraron obstruidas.	Se incrementó el ancho de las vías con respecto a la situación inicial, liberando espacios para la circulación de maquinaria y camiones.
La bodega no cuenta con oficinas administrativas.	Se incorporó oficinas administrativas en una zona estratégica del almacén para controlar todos los ingresos y salidas y facilitar las demás tareas administrativas.
Las áreas destinadas a postes desechados superan en número a las demás y no se encuentran definidas.	La nueva área destinada a postes desechados está claramente definida de manera que no genere interrupciones con los procesos de carga y descarga de los demás postes.
El control de inventario es difícil por el grado de desorden.	Facilita el control de inventario, tanto visual como físico porque cuenta con zonas delimitadas, orden y señalización para cada tipo de poste.
Las vías de acceso para camiones y maquinaria complican el ingreso y salida de los mismos.	Se generó un nuevo acceso para camiones y maquinaria con vías de ingreso y salida más ancha.

Fuente: el autor

A continuación, se muestra la distribución física propuesta:

*Gráfico 8 Nuevo diseño del almacén*



Fuente: el autor

En el Gráfico 8, se observa el nuevo diseño del almacén, con el inventario de las nuevas áreas delimitadas para cada tipo de poste. Las áreas 1 y 2 destinadas para los postes de 10 metros, áreas 3 y 4 postes de 12 metros, área 5 postes de 16 metros, área 6 con postes reforzados de 12 metros, las áreas 7 y 8 corresponden a postes rectangulares y finalmente el área 9 con postes desechados.

El nuevo diseño sobre piso de lastre muestra una capacidad de almacenamiento de 9184 unidades, reflejando un aumento de capacidad de 20.72% con respecto a la situación actual. Por otro lado, sobre piso de hormigón la capacidad de almacenamiento es de 11480 unidades, evidenciando un aumento de capacidad de 50.89% con respecto a la situación inicial. El motivo del incremento es el aumento de 2 filas de postes por cada ruma gracias al cambio de piso de lastre a hormigón.

Tabla 2 Capacidad de almacenamiento con piso de lastre - piso de hormigón

Color	Tipo	Nuevo diseño	
		Piso lastre	Piso hormigón
		Capacidad	Capacidad
Verde	10m	4032	5040
Azul	12m	3136	3920
Mostaza	16m	224	280
Celeste	Ref	672	840
Plomo	Rec	448	560
Rojo	Des	672	840
<b>TOTAL</b>		<b>9184</b>	<b>11480</b>

Fuente: el autor

Se obtuvo un aumento de la capacidad de almacenamiento en un 50,89% con el nuevo diseño del almacén con piso de hormigón. En la gráfica que se muestra a continuación (Gráfico 9) se puede observar la comparación referente a la capacidad de almacenamiento del nuevo diseño con respecto a la situación inicial. De color azul se observa la cantidad permitida para cada tipo de poste en la situación inicial; de color plomo la cantidad permitida en el nuevo diseño.

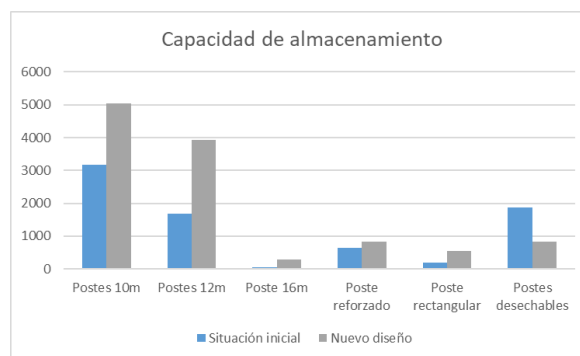
Tabla 3 Capacidad de almacenamiento situación inicial - nuevo diseño

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE POSTES EN LA BODEGA "EL DESCANSO"					
Color	Tipo	Situación actual		Nuevo diseño	
		Capacidad	%	Capacidad	%
Verde	10m	3168	41.64	5040	43.90
Azul	12m	1680	22.08	3920	34.15

Mostaza	16m	48	0.63	280	2.44
Celeste	Reforzado	640	8.41	840	7.32
Plomo	Rectangular	200	2.63	560	4.88
Rojo	Desechados	1.872	24.61	840	7.32

Fuente: el autor

Gráfico 9 Capacidad de almacenamiento por tipo de poste



Fuente: el autor

El nuevo diseño fue presentado y validado por el personal a cargo del proyecto de la empresa y consultores, en función del aumento de la capacidad, nuevo tipo de suelo, ancho de vías y nuevo acceso para maquinaria y camiones.

## DISCUSIÓN

Según la clasificación de almacenes propuesta por el autor Alfonso García Cantú 2013, el almacén en cuestión pertenece al tipo de almacén de productos terminados.

La cantidad económica de pedido o también conocido como Modelo EOQ "es un modelo de cantidad fija en el cual se busca determinar mediante la igualdad cuantitativa de los costos de ordenar y los costos de mantenimiento del menor costo total posible". [7] La empresa aplica este modelo para su aprovisionamiento y gestión de inventarios, principalmente para sus productos de alta rotación considerados como postes tipo A, esto incluye los postes de 10 y 12 metros.

Por otro lado, compilando metodologías y características de varios autores, se consideraron diversas variables para elaborar el diseño entre las más importantes citadas por el autor Perdiguero Jiménez, 2017 son: tipología del producto, cantidad y frecuencia de pedidos, stocks mínimos y máximos, soporte de entradas, etc.



El propósito del nuevo diseño incluye obtener el máximo índice de rotación posible, aprovechar de manera eficiente el espacio físico, facilitar el acceso a la unidad logística y facilitar el control del inventario. De acuerdo con el libro: Almacenamiento de Materiales de Pérez Herrero, estos son los objetivos o propósitos de realizar un correcto rediseño o *layout* de almacén.

Según la guía para la manipulación, almacenamiento e instalación de postes de concreto pretensado “los postes deben almacenarse de forma segura y eficiente. Segura para evitar accidentes por el desplome de una pila de postes y a su vez eficiente de modo que los postes puedan ser retirados fácilmente de su lugar de almacenamiento. De la misma manera se recomienda que sean almacenados en diferentes torres o pilas según su referencia para facilitar la identificación y gestión del inventario.” [8]

## CONCLUSIONES

Según el estudio realizado se determinó que el diseño actual del almacén no es el adecuado para llevar a cabo una correcta gestión y control de inventarios. El nuevo diseño abarca estos requerimientos y facilita en gran medida el control físico y visual a realizar en el almacén.

Se logró optimizar la capacidad del almacén en un 50.89% de su capacidad actual, mediante la elaboración de nuevo diseño, el cual contempla las restricciones de movilidad y flujo al interior del mismo. Además de delimitar de manera clara, las áreas destinadas para cada tipo de poste y zonas de movilidad, aprovechando de tal modo el espacio físico disponible eficientemente.

Mediante el nuevo diseño se buscó la reducción de los principales desperdicios determinados en el almacén, los cuales fueron: exceso de movimientos, exceso de transporte, reprocesos y productos no conformes.

Se generó un nuevo acceso y salida para maquinaria y camiones de manera que se establezca un flujo sin interrupciones, delimitación de vías y flujos de circulación.

El método para realizar el nuevo diseño del almacén fue de carácter investigativo y creativo por el autor, compilando diferentes variables como dimensionamiento del almacén, ubicación y rotación de los productos, facilidad de acceso a los productos, mejorar la gestión y el control del inventario, definir vías de circulación que no interrumpan el flujo de los procesos en el interior del almacén.

En conclusión, por todos los beneficios que otorga el nuevo *layout* del almacén a la empresa que se han explicado anteriormente, se considera que es un proyecto viable y aplicable para la empresa.

## REFERENCIAS

- [1] H. Andrés y S. Carolina, «Ubicación y dimensionamiento como parámetros en el diseño de almacenes: revisión del estado del arte,» de *Ubicación y dimensionamiento como parámetros en el diseño de almacenes*, Bogotá, Universidad Cooperativa, 2013, pp. 65-83.
- [2] G. Cormier y E. Gunn, «A review of warehouse models,» *European Journal of Operational Research*, vol. LVIII, pp. 3-13, 1992.
- [3] M. Perdiguero Jiménez, *Diseño y organización del almacén*, Málaga: IC Editorial, 2017.
- [4] M. Pérez Herrero, *Almacenamiento de materiales*, Barcelona: Alfaomega Colombiana S.A, 2017.
- [5] C. Chackelson, J. Santos y A. Errasti, «Herramienta para asistir el proceso de diseño de almacenes: desarrollo y validación,» 2013.
- [6] M. Cardós, M. E. Babiloni, G. Grau y M. Palmer, «Modelos de referencia para el diseño estratégico de almacenes,» de *II International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, Valencia, 2008.
- [7] B. Salazar López, «INGENIERÍA INDUSTRIAL,» 19 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-inventarios/cantidad-economica-de-pedidos-eoq/>. [Último acceso: 17 Septiembre 2020].
- [8] Pretector Ltda, «GUÍA PARA LA MANIPULACIÓN, ALMACENAMIENTO E INSTALACIÓN POSTES DE CONCRETO PRETENSADO Versión 2,» Pretector Ltda, Bucaramanga, 2014.
- [9] L. Chackelson, *METODOLOGÍA DE DISEÑO DE ALMACENES Fases, herramientas y mejores prácticas*, Donostia-San Sebastián: tecnum, 2013.
- [10] A. García Cantú, *ALMACENES Planeación, organización y control*, México: Trillas, 2013.
- [11] «MECALUX,» MECALUX ESMENA, 2019. [En línea]. Available: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/diseño-de-almacenes>. [Último acceso: 24 Julio 2019].
- [12] J. J. Anaya Tejero, *Almacenes: Análisis, diseño y organización*, Madrid: Gráficas Dehon, 2008.

- [13] J. J. Anaya Tejero, ALMACENES Análisis, diseño y control, Madrid: ESIC EDITORIAL , 2008.
- [14] E. Orozco y J. Cervera, «Diseño y distribución de instalaciones industriales apoyado en el uso de la simulación de procesos,» *Distribution of industrial Facilities Supported by Simulation*, pp. 1-7, 2013.
- [15] J. M. Rodríguez Medero, «METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LAYOUT,» de *MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL MONTAJE SÚPER JAGUAR CON APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS "LEAN MANUFACTURING"*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 2012, pp. 39-71.
- [16] J. W. Torres Velasquez, *Implementación de la gestión de inventarios basado en la metodología Demand Driven Material Requeriments Planning para reducir los costos de almacenamiento en la empresa de Postes del Norte*, Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2019.