

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE, MENCIÓN
MODELOS DE OPTIMIZACIÓN”**

TEMA:

**DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA LA
LOCALIZACIÓN DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Y DE
ÁREAS DE ALMACENAMIENTO, APLICADOS A UNA EMPRESA
DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS EN LA CIUDAD DE MACARÁ.**

AUTOR:

SARAI CRISTABEL ZÚÑIGA NAVARRO

Guayaquil - Ecuador

2020

DEDICATORIA

“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas.

Josué 1:9”

A Dios y mis padres por ser mi mayor bendición, mi apoyo incondicional y un ejemplo a seguir. A mi amado esposo Esteban Vega por brindarme su amor y cariño y a nuestra pequeña luz de bendición, Luciana con mucho amor.

AGRADECIMIENTO

A mi Señor Jesús por haberme permitido llegar hasta aquí y todas las personas que indirectamente tuvieron que ver en el proceso de estos años de aprendizaje tanto profesional como personal; familia, profesores, compañeros, amigos. A aquellos que siempre tuvieron una palabra de aliento y que creyeron en mí.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Investigación y Postgrado** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Autor

Ing. Sarai Zuñiga Navarro

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



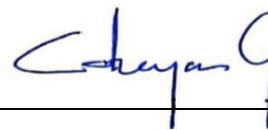
Presidente
Erwin Delgado Bravo, Ph.D.



Director
M.Sc. Víctor Vega Chica



Vocal
Mgtr. Nadia Cárdenas Escobar.



Vocal
Xavier Cabezas García, Ph.D.

AUTOR DEL PROYECTO



Autor

Ing. Sarai Zuñiga Navarro

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
PRÓLOGO	xi
CAPÍTULO 1.....	1
GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.5. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
MARCO TEORICO	6
2.1. CADENA DE SUMINISTRO, SCM, LOGÍSTICA.....	6
2.1.1. FASES DE DECISIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO.....	8
2.1.2. REDES O CANALES DE DISTRIBUCIÓN.....	10
2.2. GESTIÓN DE ALMACENES: GENERALIDADES Y DISEÑO.....	11
2.2.1. GENERALIDADES	11
2.2.1.1. PRINCIPIOS Y OBJETIVOS EN LA GESTIÓN DE ALMACENES	12
2.2.1.2. TIPOS Y FUNCIONES DE ALMACENES.....	13
2.2.1.3. FLUJO DE MATERIALES.....	16
2.2.1.4. SISTEMA DE ALMACENES	17
2.2.2. DISEÑO DE ALMACENES	19
2.2.2.1. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO	20
2.2.2.2. MODELOS DE DISEÑO DE ALMACENES.....	22
2.2.2.2.1. DISEÑO DE UN ÁREA DE CARGA UNITARIA	24
2.2.2.3. ALGORITMO PARA EL DISEÑO DEL LAYOUT	40
2.2.2.3.1. Método SLP (Systematic Layout Planning).....	40
2.2.3. PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN.....	41
2.2.3.1. PROGRAMACIÓN LINEAL	43
CAPÍTULO 3.....	46
METODOLOGÍA.....	46
3.1. ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL.....	46
3.1.1. GENERALIDADES	46

3.2.	RECOPIACIÓN DE DATOS	48
3.2.1.	RENTABILIDAD POR PEDIDO DEL SOCIO	48
3.2.2.	DISEÑO ACTUAL.....	49
3.2.3.	INFORMACIÓN - INDICADORES DE GESTIÓN.	51
3.2.4.	TRANSPORTE.....	52
3.2.4.1.	PRIMARIO.....	52
3.2.4.2.	SECUNDARIO.....	55
3.2.5.	RECURSOS OPERATIVOS REQUERIDOS	55
3.2.6.	AREAS DE ALMACENAMIENTO	55
CAPÍTULO 4.....		57
PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....		57
4.1.	DISEÑO DEL MODELO DE LOCALIZACIÓN.....	57
4.1.1.	Método Factores Ponderados	57
4.1.2.	Método del Centro de Gravedad.....	60
4.2.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	62
4.3.	DISEÑO DEL LAYOUT PROPUESTO	65
4.3.1.	CÁLCULO DE LA AREAS PARA EL DISEÑO	65
4.3.1.1.	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO.....	65
4.3.1.2.	DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACÉN	69
4.3.1.3.	ZONAS DE OPERACIÓN LOGISTICA	72
4.3.1.3.1.	Operaciones en patio.....	72
4.3.1.3.2.	Proceso de Recepción.....	74
4.3.1.3.3.	Almacenamiento arrume negro.....	75
4.3.1.3.4.	Área de Packing	75
4.3.1.3.5.	Área de despacho	77
4.3.1.3.6.	Área de desechos.....	77
4.3.1.3.7.	Área de Mantenimiento	78
4.3.1.4.	ZONAS ADMINISTRATIVAS Y COMPLEMENTARIAS	78
4.3.1.4.1.	Oficina de operaciones.....	79
4.3.1.4.2.	Baños del personal de operaciones	79
4.3.1.4.3.	Duchas y Casilleros	80
4.3.1.4.4.	Oficinas administrativas.....	80
4.3.1.4.5.	Oficinas liquidación	81
4.3.1.4.6.	Cuarto de servidores y sistemas.....	82
4.3.1.4.7.	Sala comercial.....	82
4.3.1.4.8.	Comedor	82

4.3.1.4.9. Cuarto de marketing para almacenamiento de material publicitario (POP)	83
4.3.1.4.10. Garita Guardianía	83
4.3.1.4.11. Área de bomba y cisternas.....	84
4.3.1.4.12. Área de equipos de frío.....	84
4.3.1.5. AREAS FINALES REQUERIDAS.....	86
4.3.2. ASIGNACIÓN FÍSICA DE LAS ÁREAS OPERACIONALES.....	86
4.3.2.1. DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE RELACIONAMIENTO DE ACTIVIDADES.....	88
CAPÍTULO 5.....	93
RESULTADOS OBTENIDOS.....	93
5.1. LOCALIZACIÓN	93
5.2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	94
5.3. DISEÑO PROPUESTO PARA EL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA Y ALMACENAMIENTO (LAYOUT)	95
CAPÍTULO 6.....	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
6.1. CONCLUSIONES.....	98
6.2. RECOMENDACIONES	100
ANEXOS	101
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos de la gestión de almacenes	13
Tabla 2. Población del cantón Macará por zonas parroquiales	48
Tabla 3 Resultados ventas últimos 3 años.....	49
Tabla 4 Clientes atendidos en cada Cantón de la Provincia de Loja.....	54
Tabla 5 Costos asociados al transporte primario	54
Tabla 6 Costos asociados al transporte secundario	55
Tabla 7 Costos de Recursos Requeridos	55
Tabla 8. Alternativas para micro localización.....	58
Tabla 9 Evaluación de Factores Ponderados	59
Tabla 10. Cuadro de relación Coordenadas y Aporte	61
Tabla 11 Demanda Proyectada.....	65
Tabla 12. Agrupación de productos por formato.	65
Tabla 13. Dimensiones de las cajas por formato	66
Tabla 14. Cálculo de Área de Almacenamiento-Formato Familiar.....	67
Tabla 15. Cálculo de Área de Almacenamiento-Formato Personal	68
Tabla 16. Detalle camiones de abastecimiento y cajas recibidas en el 2019 ...	73
Tabla 17. Dimensiones de los camiones	73
Tabla 18 Área total requerida para patio.	74
Tabla 19. Promedios cajas revisadas.....	74
Tabla 20. Zonas Administrativas y complementarias	78
Tabla 21 Área de Oficinas de operaciones	79
Tabla 22. Área del baño personal de Operación.....	79
Tabla 23. Duchas y Casilleros personal de operaciones	80

Tabla 24. Empleados en edificio por área.....	80
Tabla 25. Dimensiones de oficinas y cubículos.....	80
Tabla 26. Área total facilidades de oficinas administrativas.....	81
Tabla 27. Área de oficinas de liquidación.....	82
Tabla 28. Área total para almacenamiento de EDF.....	85
Tabla 29. área total requerida.....	86
Tabla 30. Procesos, actividades y tareas Operacionales.....	87
Tabla 31. Actividades y Zonas físicas.....	87
Tabla 32 Facilidades y Zonas de operación.....	88
Tabla 33. Razones de Importancia.....	90
Tabla 34 Proporción de calificaciones de relaciones.....	90
Tabla 35 Matriz relaciones entre áreas.....	90
Tabla 36. Código de líneas.....	91
Tabla 37. Clasificación de los centros de distribución según el volumen de cajas.....	94
Tabla 38. Áreas finales para el diseño.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cadena de suministro y sus componentes	7
Figura 2. Punto Clave-Fases de decisión de la cadena de suministro	8
Figura 3. Tipos de Canal de distribución	11
Figura 4. Unidades de Manejo- Un producto generalmente se maneja en unidades más pequeñas a medida que avanza por la cadena de suministro. ..	20
Figura 5. Flujo de unidades de carga a través de un almacén típico.	23
Figura 6. Flujo típico de cartones a través de un almacén.....	23
Figura 7. Flujo típico de producto a través de la selección de piezas.....	24
Figura 8. El espacio del piso cargado a un carril incluye espacio de almacenamiento, cualquier espacio entre los carriles y la mitad del ancho del pasillo frente al carril.....	26
Figura 9. La ubicación azul es más conveniente que la ubicación roja porque la distancia total desde la recepción hasta la ubicación, y desde allí hasta el envío es	34
Figura 10. Configuración de Flujo Continuo- Las ubicaciones más oscuras son las más convenientes.....	37
Figura 11. Configuración de Flujo en U- Las ubicaciones más oscuras son las más convenientes.	37
Figura 12. Pasillo Transversal - desplazamiento más corto.	38
Figura 13. Pasillos Angulados - permiten un viaje más directo.....	39
Figura 14. Parroquias del cantón Macará	47
Figura 15 Ubicación Socio.....	50
Figura 16. Diseño Actual.....	51

Figura 17 Ciudades de la Provincia de Loja	53
Figura 18 Localización del terreno alternativa B	60
Figura 19. Aplicación de coordenadas para ubicación de instalación nueva aproximada.	62
Figura 20 Gráfico Dispersión Demanda mensual de Cajas físicas.....	64
Figura 21 Evolución Ventas Cajas Físicas	64
Figura 22. Rack Selectivo	70
Figura 23. Descriptivos equipos necesarios	71
Figura 24. Esquema general del almacén del CEDI	72
Figura 25 Porcentaje de Utilización zona de packing	76
Figura 26 Esquema de disposición del área de packing	77
Figura 27 Modelos de equipos de frío	85
Figura 28. Diagrama relacional de actividades	89
Figura 29. Diagrama de relacionamiento del almacén.....	91
Figura 30. Diagrama de relacionamiento con tamaños proporcionales a las áreas requeridas.	92
Figura 31. Esquema diseño final	97

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 CALCULO INSTALACIÓN DE NUEVA UBICACIÓN MEDIANTE MÉTODO DE L CENTRO DE GRAVEDAD.....	102
ANEXO 2 HISTORICO DE LA DEMANDA.....	103
ANEXO 3PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MENSUAL.....	104
ANEXO 4 VENTA MENSUAL POR FORMATO.....	105
ANEXO 5 PESO DE CADA FORMATO SOBRE EL TOTAL DE LA VENTA	106
ANEXO 6 TIEMPO DIARIO DE REVISIÓN Y EMBALAJE POR MES.....	107
ANEXO 7 ESCALA DE PROXIMIDAD.....	108

PRÓLOGO

“Cuando, cada tarde, se sentaba el gurú para las prácticas del culto, siempre andaba por allí el gato del ashram distraendo a los fieles. De manera que ordenó el gurú que ataran al gato durante el culto de la tarde.

Mucho tiempo después de haber muerto el gurú, seguían atando al gato durante el referido culto. Y cuando el gato murió, llevaron otro gato al ashram para poder atarlo durante el culto vespertino.

Siglos más tarde, los discípulos del gurú escribieron doctos tratados acerca del importante papel que desempeña el gato en la realización de un culto como es debido.”

De Mello (1982, p. 88)

Como en este cuento inicialmente existían razones para hacer lo que se hacía, sin embargo, en la actualidad no se requiere. Es vital para las empresas hoy en día entender que repetir actos o costumbres sin reflexionar el por qué suele ser un gran problema incluso llegar a causar pérdidas financieras considerables; es en este punto donde surge la necesidad de mejorar las actividades innecesarias que nos generan improductividad en el negocio y generar nuevas ideas mismo que fue el motivo principal de la selección del tema de éste proyecto.

El proyecto se encuentra enfocado específicamente en 2 variables: *Clientes*, ya que al ser éstos de vital importancia la empresa siempre busca la mejora continua en la calidad del servicio brindado y como parte de su visión y promesa de servicio está al llegar a todos los territorios del Ecuador para ello la empresa requiere tener mayor *Participación de mercado* y así lograr ser elegido como la marca principal para sus clientes.

A partir de esta premisa se plantea el presente proyecto donde se busca analizar el proceso actual de distribución en la ciudad de Macará y posteriormente recomendar la creación y la mejor localización de un centro de distribución.

.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad debido el ritmo de la sociedad en ámbitos comerciales, industriales y sociales, la eficiente administración de la logística representa un eslabón muy importante sobre todo para aquellas empresas de consumo masivo cuyo fin es lograr la satisfacción del cliente y de esta manera alcanzar la eficiencia y productividad dentro de la cadena de valores. Esto conlleva a obtener una gran ventaja competitiva; es por ello que las empresas como parte de encaminar sus estrategias, mejorar sus actividades, optimizar sus procesos buscan la mejor manera de responder interrogantes como: “¿de qué manera optimizó mis recursos? ¿debo crear un nuevo centro de distribución para llegar a más clientes?, ¿cuál es la mejor ubicación para localizarme?

Hoy en día el papel de los almacenes en la cadena de abastecimiento ha evolucionado de ser instalaciones dedicadas a almacenar a convertirse en centros enfocados al servicio y al soporte de la organización. Un almacén y un centro de distribución eficaz tiene un impacto fundamental en el éxito global de la cadena logística. Para ello este centro debe estar ubicado en el sitio óptimo, estar diseñado de acuerdo a la naturaleza y operaciones a realizar al producto,

utilizar el equipamiento necesario y estar soportado por una organización y sistema de información adecuado.

Un centro bien diseñado y sólidamente construido permite a la empresa brindar un mejor servicio al cliente, mejor calidad de mercadería, mejor rentabilidad en el envío de productos y un mejor ambiente de trabajo para los empleados, elementos claves para la eficiencia operacional.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa objeto de este proyecto es una empresa extranjera con 93 años de presencia en el mercado nacional, dedicada a la producción, procesamiento, almacenamiento y distribución de bebidas no alcohólicas a nivel nacional, conformada por 3 plantas Quito, Guayaquil, Santo Domingo y 33 CEDIS distribuidos en todo el territorio de Ecuador; atendiendo a una población de más de 16 millones de habitantes.

Debido al surgimiento de una alta demanda, basado en el dinamismo impuesto por la creciente competitividad y considerando la sustentabilidad ambiental, la empresa concentra sus mayores esfuerzos en políticas adecuadas de servicio al cliente con un incremento constante de su portafolio y con enfoque en la eficacia y eficiencia de sus operaciones que le permiten a su vez lograr la rentabilidad esperada. Para la organización, el concepto de eficacia y eficiencia operativa está directamente relacionado con el desempeño de toda la cadena de abastecimiento; siendo uno de los problemas el establecimiento de centros de distribución que permitan abastecer a todos los clientes de las distintas

regionales (zonas) a nivel nacional, en donde se espera lograr un equilibrio entre los costos logísticos y el nivel de servicio.

Desde hace varios años la empresa ha mantenido convenio con socios distribuidores de su producto en varias regiones del Ecuador, es así como en la Región Austro comprenden 4 principales socios distribuidores, ubicándose uno de ellos en la ciudad de Macará, sin embargo, dado el crecimiento esperado se plantean nuevas interrogantes y a la vez se genera un clima de incertidumbre en relación a las posibles acciones a seguir que permitan atender oportunamente la demanda del mercado.

En relación a lo anterior, siendo el socio de la ciudad de Macará uno de los principales generadores de volumen, ubicados en la Región Austro del Ecuador, tiene actualmente una participación del 36,7% de las ventas dentro del total de los socios en la Región Austro, y presupuesta un crecimiento del: 22% de cajas y el 28% en ingresos para el 2020; como consecuencia de esto se tiene un incremento en el número de clientes a visitar y cantidad de cajas a entregar.

Las instalaciones que actualmente sirven como bodega de almacenamiento y distribución están ubicadas en el domicilio del socio distribuidor, mismo que a medida que aumenta la demanda y volumen se disminuye el área para el correcto almacenamiento de los productos, lo que ocasiona: (1) bajo nivel de servicio al cliente, (2) falta de stock, (3) control del inventario, (4) riesgos de caducidad del producto, (5) tiempos de abastecimiento, (6) pérdida en el flujo y continuidad de la información.

Otro factor que influye en proceso actual es la alta posibilidad de robos en la carga y descarga de productos ya que no cuenta con un área definida ni con el personal para el desarrollo de estas funciones. Todo lo mencionado afecta directamente a la promesa de servicio con el cliente y a la rentabilidad de la empresa.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Proponer el diseño y localización de un centro de distribución en la ciudad de Macará, para la distribución de bebidas no carbonatadas que permita la disminución de problemas de disponibilidad de producto y a su vez cumplir con la promesa de servicio de atención al cliente.

1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar por medio de un modelo matemático el problema de localización de instalaciones que permita determinar la localización óptima.
- Determinar los sistemas de almacenamiento acordes al portafolio de productos (dimensiones, características de riesgo y manipulación).
- Diseñar el área de distribución física y los espacios de almacenamiento

1.5. DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene las siguientes delimitaciones:

Temporal. - el análisis de ventas se basa en información correspondiente al período de 3 años (enero 2017- dic 2019).

Espacial. - se considera para el proyecto los 578 km² de superficie de la ciudad de Macará incluyendo los cantones de Céllica, Puyango, Pindal, Sozoranga y Zapotillo

Social. - comprende 913 clientes activos actualmente atendidos por un socio distribuidor.

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO

2.1. CADENA DE SUMINISTRO, SCM, LOGÍSTICA

La *cadena de suministro* puede ser definida como una red de instalaciones y procesos, que permiten la transformación de materias primas en productos para la satisfacción de los clientes (Ballou, 2004). La metodología que se emplee para ejecutar la cadena de suministro dependerá del tipo de empresa sobre el cual se trabaje, las mismas que se pueden clasificar en tres tipos:

Industriales. - manejan grandes niveles de producción por lo cual la logística implementada para la cadena de suministro es más compleja, es decir, dependerá del número de almacenes y líneas de productos que se fabrican.

Comercializadoras. - su cadena de suministro es menos elaborada, ya que solo reciben y transportan los productos hasta los lugares de comercio.

De servicio. - la cadena de suministro de este tipo de empresa es aún más corta, debido a que solo se encargan de transportar el producto desde las comercializadoras al cliente final.

Por su parte, *la SCM*, consiste en la coordinación e integración de las actividades de la cadena de suministro, con el fin de mejorar sus relaciones, y que ésta alcance una ventaja competitiva sustentable. (Ballou, 2004).

En cuanto a *la logística*, Coyle, Langley y Bardi (J. J. Coyle, C. J. Langley, y E. J. Bardi, 2009) la describen como parte de la cadena de suministro encargada de la planeación, implementación y control de flujos de información, productos y dinero desde el punto de origen hasta los de consumo, incluyendo la logística inversa¹.

La relación que presentan los conceptos antes mencionados, pueden ser representados gráficamente para su mejor comprensión ver Figura 1.

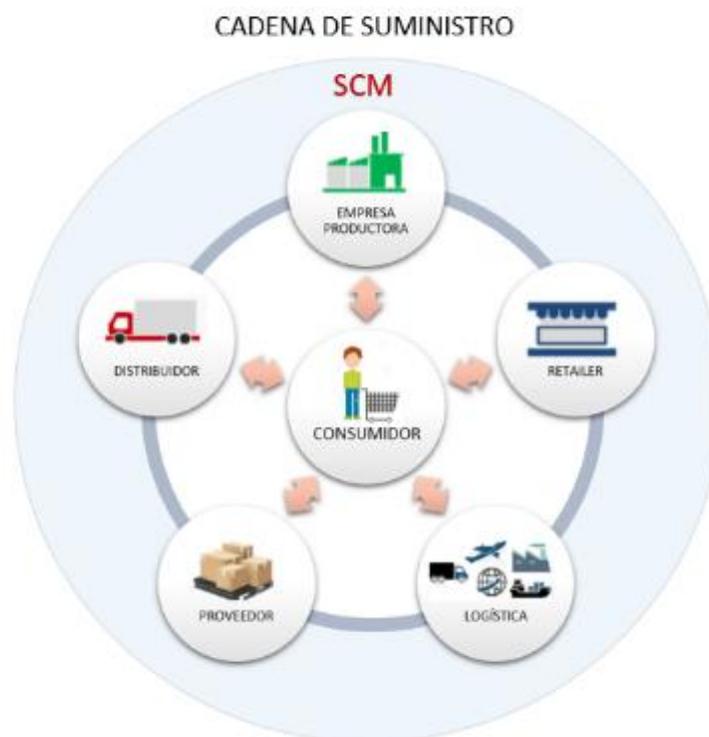


Figura 1 Cadena de suministro y sus componentes
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Figura 1, la SCM y la logística, hacen posible la adecuada gestión y operación de la cadena de suministro, de tal manera que éstas deben

¹ La logística inversa es aquella que se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales.

ser diseñadas y coordinadas adecuadamente para que faciliten el flujo de información, producto y dinero.

2.1.1. FASES DE DECISIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Para lograr el éxito en la administración de la cadena de suministro se requiere de la toma de decisiones relacionadas con el flujo de información, producto y dinero. Estas decisiones pueden clasificarse en tres categorías (ver Figura 2) que dependen de su frecuencia, tiempo de formulación e impacto (S. Chopra, P. Meindi, 2008).



Figura 2. Punto Clave-Fases de decisión de la cadena de suministro

1. Estrategia o diseño de la cadena de suministro: durante esta fase se decide cómo será la configuración de la cadena, cómo serán distribuidos los recursos y qué procesos se llevarán a cabo en cada etapa. Las decisiones estratégicas tomadas incluyen:

- Subcontratar o realizar las funciones de la cadena de suministro internamente.
- Ubicación y capacidades de producción e instalaciones de almacenaje.
- Almacenamiento en una o varias ubicaciones de los productos fabricados.
- Medios de transporte disponibles.
- Tipos de sistemas de información a utilizar.

Cada una de éstas decisiones al ser de largo plazo deben asegurar los objetivos estratégicos de la empresa, anticiparse a las condiciones futuras y ser flexibles ante la incertidumbre.

2. Planeación de la cadena de suministro: esta fase considera un período de tres a doce meses. El objetivo de esta fase es maximizar el superávit de la cadena de suministro considerando las restricciones que se establecieron en la fase estratégica de diseño. La planeación incluye tomar decisiones respecto a:

- Las instalaciones que darán servicio a cada mercado
- Subcontratación de fabricación.
- Políticas de inventario, el tamaño y lanzamiento de las estrategias de marketing.

Como resultado de la fase de planeación se busca establecer un grupo de políticas de operación que regirán las operaciones de corto plazo.

3. Operación de la cadena de suministro: en ésta fase el horizonte de tiempo es semanal o diario y aquí se toman las decisiones respecto a los pedidos de cada cliente, las decisiones incluyen:

- Distribución del inventario o producción entre los pedidos
- Fechas límites para completar los pedidos
- Generación de listados del surtido del almacén
- Asignación del transporte vs. Pedidos.
- Establecimiento de itinerarios de camiones de entrega
- Colocación de órdenes de reabastecimiento.

Al existir menos incertidumbre sobre la demanda por ser las decisiones de la operación a corto plazo (minutos, horas, días); la meta durante esta etapa es explotar la reducción de la incertidumbre y optimizar el diseño dadas las

restricciones establecidas por la configuración y las políticas de planeación. (S. Chopra, P. Meindi, 2008)

2.1.2. REDES O CANALES DE DISTRIBUCIÓN

La distribución comercial no es otra cosa que el proceso de hacer llegar físicamente el producto al consumidor final.

Por consiguiente, un canal de distribución consiste en todos los sistemas o formas que incluyen los medios a través del cual una empresa hace llegar sus productos al consumidor final.

La elección del tipo de canal de distribución está condicionada al tipo de producto y al mercado al va dirigido. Una buena decisión sobre la estrategia de distribución tendrá un impacto fundamental en el desempeño de la empresa, ya que estas pueden medir: que tanto control tendrá la empresa sobre el canal de distribución y cuál será el precio final con el que el producto llegue al consumidor final.

El canal de distribución es un sistema interactivo que implica a todos sus componentes: Fabricante, intermediario y consumidor. Según sean las etapas que recorre el producto o servicio hasta el cliente, así será la denominación del canal. En la figura 3 se puede identificar estructuración de los diferentes canales. (González, 2010)



Figura 3. Tipos de Canal de distribución
Fuente: Elaboración propia

2.2. GESTIÓN DE ALMACENES: GENERALIDADES Y DISEÑO

2.2.1. GENERALIDADES

La Gestión de almacenes es un proceso logístico que contribuye a la gestión de flujos de productos e información que permiten satisfacer al cliente y se compone de diversas operaciones tales como: recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despachos. En cuanto a su impacto en SCM, Van der Berg y Zijm (J. P. V. D. Berg y W. H. M. Zijm, 1999), describen que ésta juega un papel importante, ya que es un medio que permite a las empresas, gestionar menores niveles de inventarios y efectuar sus actividades en tiempos de respuesta más cortos, intentando mejorar la satisfacción de los clientes y aumentar la eficiencia operacional.

Baker y Halim (P. Baker y Z. Halim, 2007) indican que la gestión de los almacenes representan un 20% de los costos totales logísticos de la empresa y es determinante para alcanzar niveles de servicios adecuados, de allí la presión de estas en diseñarla, administrarla y controlarla de forma eficiente y productiva.

La gestión de los almacenes es un elemento clave para lograr el uso óptimo de los recursos y capacidades del almacén dependiendo de las características y el volumen de los productos a almacenar (C. Poirier y S. Reiter, 1996)

2.2.1.1. PRINCIPIOS Y OBJETIVOS EN LA GESTIÓN DE ALMACENES

Entre los principios para la gestión de almacenes de forma óptima se consideran los siguientes:

- Coordinación con otros procesos logísticos
- Equilibrado manejo de niveles de inventarios y servicio al cliente.
- Flexibilidad de adopción a los cambios.

Según Mulcahy (1993), Urzelai (2006) y Harnsberger (1997) los objetivos a buscar con la gestión de almacenes son:

Minimizar

- El espacio, con la finalidad de aumentar la rentabilidad
- Las necesidades de inversión y costos administrativos de inventario.
- Los riesgos (el personal, los productos, la planta).
- Las pérdidas (robos, averías, inventario siniestrado).
- Las manipulaciones de los equipos, materiales y productos; reducir los recorridos y movimientos a través de la mejora de procesos.
- Los costos logísticos, reducción de faltantes y retrasos en la preparación de despachos.

Maximizar

- La disponibilidad de productos.
- La capacidad de almacenamiento y rotación de inventario.
- Operatividad del almacén
- La calidad y protección de los productos.

Tabla 1. Objetivos de la gestión de almacenes

2.2.1.2. TIPOS Y FUNCIONES DE ALMACENES

Los tipos de almacén pueden variar según su uso operativo y logístico; sin embargo, para esta definición se seleccionó por medio de la revisión bibliográfica a los tipos mencionadas por autores tales como Ballou (2004), Urzelai (2006) y Mauleón(2006).

Existen diversos tipos de almacenes, por lo cual, es recomendable analizar la demanda, tipo de productos, ubicación geográfica y características de los

clientes al momento de seleccionar uno de ellos. (Correa Espinal A., Gómez Montoya R., Cano Arenas J., 210):

1. Operativo o planta de producción

1.1 Almacén de materia prima

Busca garantizar un nivel de inventario óptimo para permitir la normal operación del proceso de producción.

1.2 Almacén de producto en proceso

Mantener un nivel de inventario para proteger el sistema productivo contra daños de máquinas, interrupciones inesperadas, ineficientes y falta de coordinación entre operaciones que retrasan el cumplimiento de órdenes de entrega.

1.3 Almacén de producto terminado

Desarrollar un conjunto de procesos logísticos y garantiza un nivel adecuado de inventario en cumplimiento con la demanda de los clientes.

1.4 Almacén Auxiliar

Mantener un nivel de inventario que garantice la disponibilidad de material auxiliar (embalaje usado, repuestos de maquinaria, etc.)

2. Logístico

2.1 Almacén de fábrica

Se encuentra en las propias instalaciones de la empresa y desde este despachan los pedidos al consumidor final o a los centros de distribución.

2.2 Almacén regulador o Centro de distribución intermedio

Se encarga de administrar el flujo de productos a los diversos canales de distribución, suele estar cerca de la fábrica, centraliza y soporta altos niveles de inventario.

2.3 Distribuidores

Almacenes o distribuidores secundarios que atienden una zona o región geográfica específica. Su uso se ve disminuido con el avance en infraestructura de transporte, mejoramiento de TIC y servicio de operadores logísticos.

2.4 Plataforma de tránsito o Crossdocking

Se almacenan temporalmente los productos y se realizan operaciones de consolidación y desconsolidación de cargas con el fin de maximizar el flujo de productos, la ocupación de camiones y minimización de costos de mantenimiento de inventario, manipulaciones, espacios, obsolescencias, etc.

Si bien hay muchos tipos de almacenes en la cadena de suministro, existe una manera sistemática de pensar sobre un sistema de almacén independientemente de la industria en la que opera. Tal como lo mencionan Bartholdi y Hackman (Bartholdi John J., Hackman Steven T., 2019) la selección de los equipos y la organización del flujo de materiales están determinados en gran medida por:

- Características del inventario, como la cantidad de productos, sus tamaños y tasas de retorno.
- Rendimiento y requerimientos de servicio, incluida la cantidad de líneas y pedidos enviados por día;
- La superficie de la construcción y el costo de capital del equipo;
- El costo de la mano de obra.

2.2.1.3. FLUJO DE MATERIALES

Para obtener bases adecuadas en el análisis del almacén es necesario abordar dos ideas fundamentales, la gestión de Espacio y Tiempo (mano de obra o personas-hora). Ya que ambos recursos son generalmente costosos es normal pensar en usar tan poco cada uno de ellos como sea posible.

En un estudio realizado durante un mes se demostró que la correlación de la popularidad (número de veces solicitadas de cada SKU² de un almacén) y el flujo (volumen físico del SKU movido a través del almacén) es muy baja por lo cual, es difícil diseñar procesos que funcionen correctamente con SKU's que puede ser cualquier combinación de *popular / impopular* y de *volumen bajo / volumen alto*. (Bartholdi John J., Hackman Steven T., 2019)

Si por el contrario clasificamos los SKU's del más popular al menos popular el diseño del proceso se facilitaría en gran medida.

Los SKU's más populares son bastantes predecibles, abarcan una pequeña fracción de la totalidad de SKU's y representan la mayor parte de la actividad.

Por otro lado, los SKU's menos populares se solicitan con poca frecuencia, ocupan la mayor parte del espacio en un almacén y deben mantener un stock de seguridad para proteger el desabastecimiento ante la variable demanda del cliente.

Cada almacén, en cierto sentido, podría diseñarse como dos almacenes:

²

Stock Keeping Unit o Unidad de mantenimiento de existencias, es la unidad física más pequeña de un producto que está rastreado por una organización.

- El primero está organizado alrededor un pequeño conjunto de SKU predeciblemente populares que son fáciles de planificar y para los cuales el desafío es gestionar el flujo.
- El otro almacén es mucho más grande y para el cual el trabajo es predecible solo en conjunto, esto hace que sea mucho más difícil de planificar.

El primer almacén es donde se concentra la mano de obra; y el segundo consume espacio.

2.2.1.4. SISTEMA DE ALMACENES

En término de sistemas de almacenamiento existen distintas posibilidades, según las características de los materiales que van a ser almacenados, el espacio con que se cuenta (y que ahora pasa a ser una restricción) y la necesidad de fluidez (nivel de servicio) del almacén.

La ubicación física de los materiales en los almacenes debe ser establecida de manera que permita la localización rápida y sin errores de las unidades. Dentro de los sistemas de almacenamiento más utilizados se encuentran (Luis., 2011)

- Sistema de almacenamiento convencional.
- Sistema de almacenamiento compacto.
- Sistema de almacenamiento dinámico.
- Sistema de almacenamiento móvil.
- Sistema de almacenamiento semiautomático – automático.
- Sistema de almacenamiento autoportante

SISTEMA CONVENCIONAL. - es el más universal para el acceso directo y unitario de cada palet, consiste en almacenar las unidades combinando mercancías paletizadas con artículos individuales. Puede adaptarse a cualquier tipo de carga en lo que se refiere a peso y volumen. Cuando se utiliza el sistema convencional la zona de almacenamiento se distribuye colocando estanterías de un acceso en los laterales y de doble acceso en el centro.

SISTEMA COMPACTO. - También conocido como sistema de almacenamiento por acumulación. Facilita la máxima utilización del espacio disponible, tanto en superficie como en altura, está pensado para la gestión de mercancías paletizadas que contengan unidades homogéneas. Esta instalación está constituida por un conjunto de estanterías, que forman calles interiores de carga, con carriles de apoyo para las paletas. Las carretillas penetran en dichas calles interiores con la carga elevada por encima del nivel en el que va a ser depositada.

SISTEMA DINÁMICO. - Es el más utilizado para unidades de rotación perfecta, puesto que su gestión de carga cumple perfectamente con cualquier criterio de entrada y salida (FIFO, LIFO). Las estanterías dinámicas para el almacenaje de unidades paletizadas son estructuras compactas que incorporan caminos de rodillos, colocados con una ligera pendiente que permite el deslizamiento de los palets sobre ellos.

SISTEMA MOVIL. - éste sistema es prácticamente igual que el convencional, con la diferencia de disponer de una estructura sobre raíles en lugar de anclada al suelo. Las estanterías se desplazan para unir las o separarlas en función de la

posición a la que se desee acceder, lo que le permite ser uno de los sistemas de almacenamiento en logística que más rentabilizan el espacio existente.

SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO. - Sistema de almacenaje semiautomático de alta densidad que facilita la carga y descarga de mercancía a partir de un carro eléctrico, denominado Pallet Shuttle. Éste hace movimientos internos dentro de las estanterías de forma autónoma, sin necesidad de que las carretillas elevadoras entren dentro de las calles de almacenaje.

El operador guía todos los movimientos del Pallet Shuttle a través de un mando a distancia al que transfiere las órdenes, pudiendo un mismo transmisor comandar varias unidades a la vez.

SISTEMA AUTOPORTANTE. - en este sistema son los racks los que soportan todos los esfuerzos propios del edificio, ahorrándose con ello la construcción de la estructura del almacén. Permiten un aprovechamiento máximo de la superficie disponible porque se alcanzan alturas de almacenaje elevadas.

2.2.2. DISEÑO DE ALMACENES

Como parte fundamental de la gestión de los almacenes se encuentra el diseño de los almacenes, es decir, el diseño de las zonas de almacenamiento, los pasillos y áreas necesarias para el flujo de productos, equipos y personas. Los principales problemas a la hora de diseñar un almacén son: la selección de medios, equipos y sistemas en bases a requisitos de rendimiento. Luego le

siguen tareas relacionadas con el dimensionamiento de los recursos y el diseño organizativo; y finalmente se da respuesta a los problemas que se encuentran a la hora de asignar tareas, recursos o equipos. (Rouwenhorst B., Reuter B., Stockrahm V., Van-Houtum, G. J., & Mantel R. J., 2000)

Las ubicaciones apropiadas de almacenamiento de los SKU's dependerán de los modelos de trabajo y de espacio; de igual forma estos modelos pueden ser más simples o volverse progresivamente más complicados dependiendo de la unidad de manejo que se use.



Figura 4. Unidades de Manejo- Un producto generalmente se maneja en unidades más pequeñas a medida que avanza por la cadena de suministro.

Fuente: Adaptado de la "Guía de planificación de diseño y modernización de almacenes", Departamento de la Marina, Comando de Sistemas de Abastecimiento Naval, Publicación NAVSUP 529, marzo de 1985, p. 8-17).

2.2.2.1. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO

Un depósito debe optimizar e integrar los siguientes elementos para lograr la máxima eficiencia: (RIEGER I., HINGS K., 2007)

1. Diseño físico y flujo de materiales. – Al momento de diseñar un almacén, es importante tener en cuenta que el flujo del material sea el óptimo, es decir,

generar una ruta lo más corta posible con la menor cantidad de paradas. Otra consideración vital es permitir contar con espacio para la expansión futura del almacén.

2. Equipo. - La aplicación correcta del equipo para la manipulación de materiales, puede aumentar la eficiencia en el proceso de distribución. Para ello es sumamente importante la evaluación al detalle para poder justificar el costo del equipo antes de realizar la inversión.

3. Proceso. - Un proceso de distribución debe ser lo más directo simplificado posible. Esto no quiere decir que no se puedan emplear sistemas de manejo de materiales complejos o software de sistemas de gestión sofisticados, siempre y cuando estén enfocados en simplificar el proceso general minimizando oportunidades de error, disminuyendo la necesidad de mano de obra y haciendo la administración del proceso más fácil.

4. Personas. – El éxito de una operación está en las personas que lo manejan por ello es fundamental que el diseño esté pensado en el ser humano. La seguridad y la ergonomía deben primar en el diseño.

5. Información. – Hoy en día el poder capturar los datos de la operación, convertirlos en información y comunicarla en el momento y lugar adecuado contribuirá en gran medida a determinar la eficacia de la operación.

Del cuidado que se les dé a estos elementos básicos dependerá el resultado óptimo del diseño.

2.2.2.2. MODELOS DE DISEÑO DE ALMACENES

Como ya se ha mencionado el diseño de almacenes es un problema complejo, no sólo por las altas exigencias de los clientes en términos de plazo y variedad, sino por el número de alternativas posibles en cuanto a los factores de diseño a considerar, como por ejemplo tamaño(superficie), distribución del espacio, grado de automatización, nivel de inventarios, etc. Analizar simultáneamente todas las decisiones referentes a los factores de diseño en un único modelo resulta difícil de resolver y, por este motivo, los investigadores se han limitado en analizar unos ámbitos de decisión concretos (De Koster R., & Balk B. M., 2008).

Por lo expuesto anteriormente el presente proyecto hará referencia a la clasificación de modelos de diseño de almacén dado la unidad de manejo, tal como lo mencionan Bartholdi & Hackman y que se describen gráficamente a a continuación:

- **DISEÑO DE UN ÁREA DE CARGA UNITARIA**

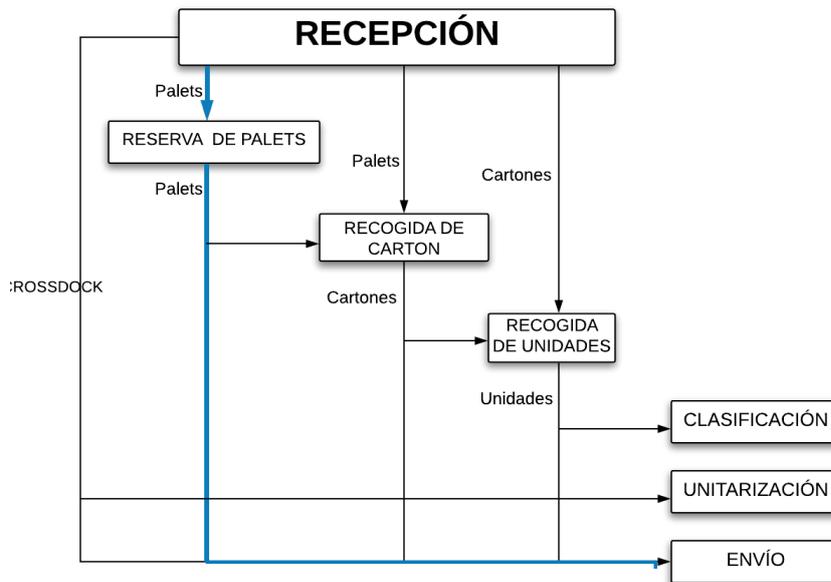


Figura 5. Flujo de unidades de carga a través de un almacén típico.

- **DISEÑO DE SELECCIÓN DE CARTÓN DEL ÁREA DE PALETS**

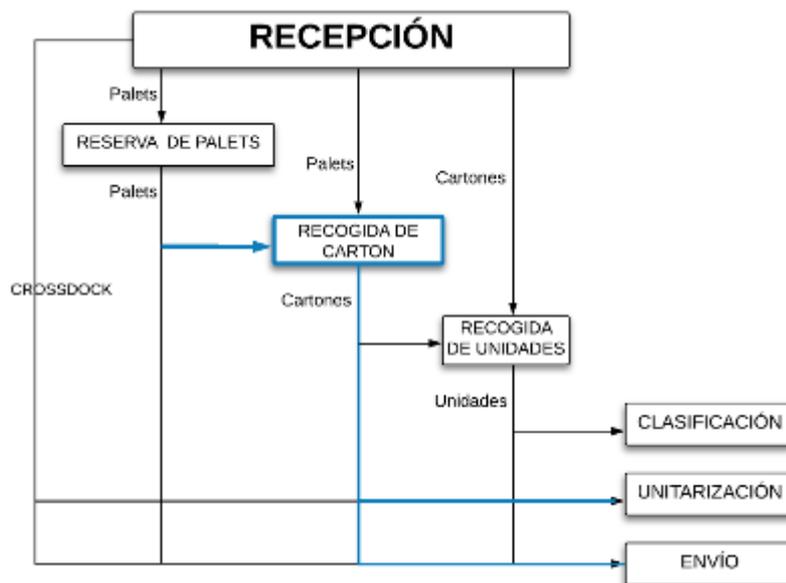


Figura 6. Flujo típico de cartones a través de un almacén

- **DISEÑO DE SELECCIÓN DE PIEZAS DE UN ÁREA DE CARTÓN**

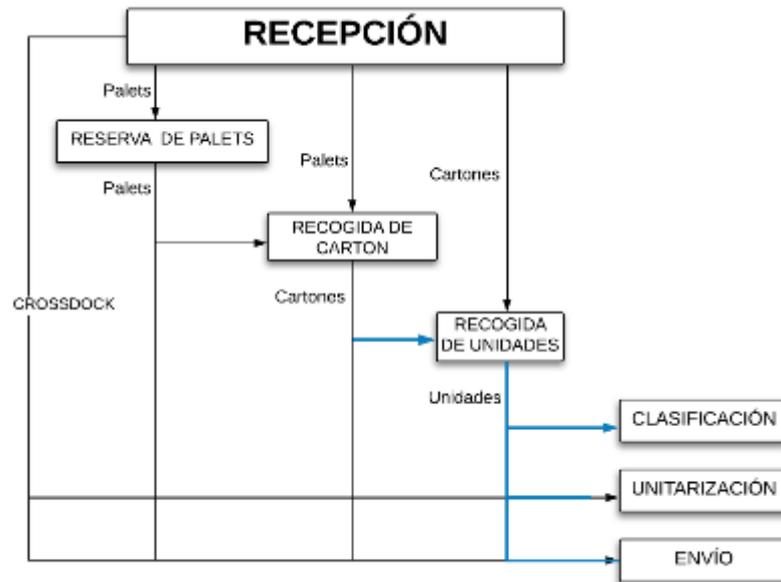


Figura 7. Flujo típico de producto a través de la selección de piezas.

2.2.2.2.1. DISEÑO DE UN ÁREA DE CARGA UNITARIA

Para el presente proyecto se revisará a detalle la literatura del diseño de un área de carga unitaria debido a que es el que más se apega a lo que se requiere realiza.

El diseño de un área de carga unitaria es el tipo de almacén más simple, ya que se maneja una sola “unidad” de material a la vez. La unidad de manejo típica es un Palet. Debido a que los palets en su gran mayoría están estandarizados y se manejan uno por uno; tanto los requisitos de espacio y mano de obra escalan: se necesitan n veces el espacio para almacenar tanto uno como varios palets; y se necesitan n veces la mano de obra para manejar n palets como uno solo.

ESPACIO

Debido a que el almacén cuenta con sus propios gastos como, por ejemplo, el alquiler del edificio, climatización, limpieza, etc.; es natural que desee tener

muchas ubicaciones de palets por unidad de área. Esto se puede lograr de dos maneras:

1. Aprovechando el espacio vertical y,
2. Usando carriles profundos.

1. ¿ESTANTES O PILAS?

Beneficios de mover un SKU de almacenamiento en el piso (por pilas) a estanterías:

- Reduce la mano de obra al hacer más fácil recuperar y almacenar el producto, logrando un ahorro al tener mejores rendimientos y menores requisitos de mano de obra.
- Ubicaciones adicionales que generen mayores ingresos al contar con mayor cantidad de unidades almacenadas, evitando desperdicios.
- Protección contra daños.
- Proporciona un entorno de trabajo más seguro.

2. PROFUNDIDAD DEL CARRIL

¿Deberían los carriles tener cuatro palets de profundidad? ¿Seis? ¿Diez? ¿Es mejor un diseño de doble profundidad que el de una sola? ¿Qué tan ancho deben ser los pasillos? Hay muchas cuestiones a considerar, pero la más importante es la utilización efectiva del espacio.

Cuando se habla de la ubicación de los palets se hace referencia al espacio de piso requerido para sostener un palet. Esto incluye no solo la superficie del palet sino también cualquier espacio físico requerido entre un palet y un adyacente (Figura 8).

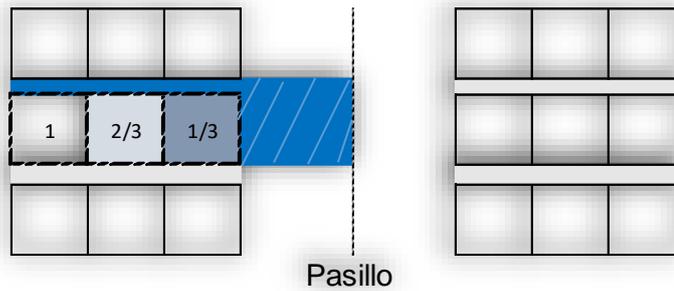


Figura 8. El espacio del piso cargado a un carril incluye espacio de almacenamiento, cualquier espacio entre los carriles y la mitad del ancho del pasillo frente al carril.

Suponiendo que los carriles son de k ubicaciones de palets de profundidad. Cada carril requiere espacio en el pasillo en sus cabeceras para que los palets se puedan insertar y quitar. Suponiendo que el espacio del pasillo frente al palet sea del área a , medido en ubicaciones de palets. Entonces el total del área cargada a un carril es $k + a/2$ ubicaciones de palet. Ésta área es la suma del espacio dedicado al almacenamiento k y espacio que proporciona accesibilidad $a/2$.

Efecto *Honeycombing*. - es el volumen no ocupado de cada hueco (desperdicio). En la mayoría de los almacenes, un carril está dedicado por completo a un único SKU para evitar el manejo de paletas de doble manejo. Esto ahorra tiempo, pero conlleva un costo en espacio: cuando el primer palet es recuperado de un carril, esa posición está desocupada pero no está disponible para otros SKU.

Cuanto más profundo es el carril, mayor es este costo. La primera posición de paleta en un carril de profundidad k que contiene el producto en movimiento uniforme estará ocupado solo $1/k$ del tiempo, el segundo $2/k$ del tiempo, y así sucesivamente (Figura 8). Carriles más profundos son más susceptible al efecto; pero los carriles poco profundos usan más espacio para accesibilidad.

Para maximizar la eficiencia del espacio, los i SKU deben almacenarse en un carril de profundidad que minimice el espacio-tiempo del piso que está desocupado, pero no disponible para otras SKU's. La profundidad óptima del carril se puede determinar simplemente evaluando todas las posibilidades.

Cálculo de la profundidad del carril que ahorra espacio:

Suponiendo que i SKU experimentan una demanda constante de D_i palets anualmente y que la cantidad de pedido es q_i palets, de modo que un palet se va cada $1/D_i$ años y el ciclo de pedido tiene una duración q_i/D_i años.

Asumiendo que los i SKU son apilables en columnas z_i de altura, de modo que una asignación completa de i SKU requerirá q_i/z_i posiciones de piso. Otra columna de palets desaparecerá y una posición en el piso quedará desocupada después de cada z_i/D_i períodos de tiempo.

Si los carriles tienen k posiciones de profundidad, entonces i SKU requerirán $[q_i/(z_i k)]$ carriles. Cada carril tendrá una posición de palet adicional en el piso que está desocupada pero no disponible después de $\frac{1z_i}{D_i}, \frac{2z_i}{D_i}, \frac{3z_i}{D_i}, \dots, (k - 1)z_i/D_i$, intervalos de tiempo, por un desperdicio de $z_i k(k - 1)/(2D_i)$ posición palet-año por carril. Si se aproxima ese número de carriles por $q_i/(z_i k)$ y multiplicando el desperdicio por carril, se obtiene una aproximación de desperdicio total debido al efecto Honeycombing (horizontal) durante un ciclo de inventario:

$$\left(\frac{k-1}{2}\right) \left(\frac{q_i}{D_i}\right) \text{ posición palet-año} \quad (2.1)$$

El otro tipo de espacio desocupado es el dedicado a la accesibilidad y se puede cargar a cada carril $a/2$ posiciones de palet por periodo de tiempo. El primer carril se agotará y estará disponible para reasignación después de kz_i periodos de tiempo, el segundo después de $2kz_i$ periodos de tiempo y así sucesivamente. Si hay un total de q_i carriles entonces hay:

$$\left(\frac{kz_i \left(\frac{q_i}{z_i k} \right) \left(\frac{q_i}{z_i k} + 1 \right)}{2} \right) \left(\frac{1}{D_i} \right) \quad (2.2)$$

Carriles por año, cada uno se puede cargar $a/2$ posiciones de palet por carril, para un total de costo de accesibilidad por ciclo de:

$$(a/2) \left(\frac{q_i}{z_i k} + 1 \right) \left(\frac{q_i}{D_i} \right) \text{ posición palet-año.} \quad (2.3)$$

El espacio total perdido del almacenamiento durante este ciclo de inventario es la suma de los costos del efecto honneycombing y accesibilidad; y el costo promedio por unidad de tiempo es el costo total por ciclo, dividido por la duración de un ciclo de inventario, que es $\left(\frac{q_i}{D_i} \right)$. Resultando en:

$$\left(\frac{k-1}{2} \right) + (a/2) \left(\frac{q_i}{z_i k} + 1 \right) \quad (2.4)$$

Teorema Error! Reference source not found.. (Profundidad de carril óptima). La profundidad de carril más eficiente en cuanto al espacio para i SKU con q_i palets apilables con z_i de altura.

Este teorema proporciona una profundidad de carril ideal para i SKU porque ignora las limitaciones de espacio impuestas por el diseño físico del almacén.

$$\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)\left(\frac{q_i}{z_i}\right)} \quad (2.5)$$

Teorema Error! Reference source not found.. (Piso de almacenamiento). Para minimizar el espacio de piso promedio consumido por palet, el almacenamiento de piso debe configurarse con una profundidad de carril de aproximadamente:

$$\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)\left(\frac{1}{n}\right)\left(\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{z_i}\right)} \quad (2.6)$$

En otras palabras, la profundidad de carril más eficiente en cuanto al espacio es de la forma:

$$\sqrt{(\text{Costo de accesibilidad por carril})(\text{Promedio de \#posiciones de piso por SKU})}$$

Teorema Error! Reference source not found.. (Flujo de palets en estanterías). Para minimizar el espacio de piso promedio consumido por palet, el flujo de palets en estanterías debe configurarse con una profundidad de carril de aproximadamente:

$$\sqrt{a\left(\frac{1}{n}\right)\left(\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{z_i}\right)} \quad (2.7)$$

MANO DE OBRA

Al ser las necesidades de los clientes y de la demanda muy amplia, el almacén requiere de mucho manejo de persona/hora. Debido a que un montacargas maneja un solo palet a la vez se incurrirá en 2 tipos de costos:

Costo Variable de mano de obra. - puede estimarse con bastante precisión como el tiempo que lleva conducir el montacargas desde la recepción de producto hacia el lugar de almacenamiento hasta su envío.

Costos fijos de tiempos de inserción/extracción. - generalmente son costos pequeños en comparación con las diferencias en los costos de viaje; por lo tanto, pueden ser ignorados al momento de decidir dónde colocar SKU's.

1. REDUCCIÓN DE LA MANO DE OBRA MEDIANTE OPERACIONES DE DOBLE CICLO.

Punto muerto. - Es movimiento de montacargas u otro equipo de carga unitaria que no agrega valor ya que viaja con horquillas vacías.

Ciclo único. - es el protocolo más simple y común, el montacargas se dedica a descargar un tráiler y guardar los palets uno por uno o recuperar palets y cargarlos en otro medio de transporte.

En un almacén de carga unitaria donde todos los movimientos de palets son estiba o recuperación, un montacargas opera bajo puntos muertos de protocolo de ciclo único al menos la mitad del tiempo, porque debe regresar constantemente vacía a la recepción para descargar otra paleta o viajar vacía a recuperar otra paleta para envío.

Una forma de reducir la mano de obra es reducir el punto muerto mediante el entrelazado cuidadoso de los almacenamientos y las recuperaciones, de modo que después de un almacenaje, el montacargas viaje directamente para recoger otra plataforma. Pero, ¿cómo puede saber el conductor del montacargas qué recuperaciones hay cerca? La identificación de las tareas cercanas se basa en una visión global del almacén, como la proporcionada por un supervisor o el sistema de gestión del almacén. En cualquier caso, el "controlador" mantiene una cola de tareas de espera, de las cuales él o ella asigna viajes que son pares

de estiba y recuperaciones. Se elegirán los pares de estiba y recuperación para reducir punto muerto.

Los *ciclos duales* pueden reducir el rumbo muerto al permitir viajar directamente desde un lugar de almacenamiento a una recuperación.

Un controlador humano puede construir viajes eficientes de manera *ad hoc*³, pero para ser más efectivo, el ciclo dual requiere soporte de TI adicional para coordinar las tareas.

Asumiendo que hay una lista de tareas que consta de $i = 1, \dots, m$ estibas $j = 1, \dots, n$ estibas. Permitir que la distancia más corta entre la ubicación de estiba i y la ubicación de recuperación j sea d_{ij} . (Las distancias más cortas desde cada ubicación de almacenamiento hasta todas las ubicaciones de recuperación deben calcularse, por ejemplo, mediante el uso del Algoritmo de ruta más corta).

Entonces, el problema de encontrar los emparejamientos de estiba y recuperación para minimizar el punto muerto total puede expresarse matemáticamente como:

³ Ad hoc significa "para este propósito" o "para esto". Es una frase latina que a menudo se utiliza para indicar que un determinado acontecimiento es temporal y es destinado a ese propósito específico.

$$\min \sum_{i,j} d_{ij} z_{ij} \quad (2.8)$$

$$\sum_i x_{ij} = 1 \quad (2.9)$$

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad (2.10)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (2.11)$$

Donde $x_{ij} = 1$ indica que el montacargas que hace la estiba i debe proceder de la manera más directa posible para recuperar j .

(2.9) Esta restricción requiere que cada estiba se empareje con alguna recuperación.

(2.10) Esta restricción requiere que cada recuperación se empareje con alguna estiba

Si hay menos estibas que recuperaciones, simplemente se agregan suficientes estibas "ficticias" para que sean iguales, donde cada estiba ficticia representa el viaje desde el muelle de embarque a un lugar de recuperación, se procede la misma manera en caso de existir más estibas que recuperaciones.

Este es un tipo especial de programa lineal llamado *Problema de asignación* y se puede resolver rápidamente (por ejemplo, a través del solucionador de programación lineal que se encuentra en la mayoría de los programas de hoja de cálculo).

2. REDUCCIÓN DE LA MANO DE OBRA MEDIANTE COLOCACIÓN CUIDADOSA DEL PRODUCTO.

a. UBICACIONES CONVENIENTES DE ALMACENAMIENTO

Considere el almacén de la Figura 9. Suponga que las puertas receptoras están distribuidas a través del borde inferior del almacén y las puertas de envío están a lo largo de la parte superior borde. En este modelo más simple, un camión puede estacionarse en cualquier puerta, por lo que asumimos que la ubicación promedio de recepción o envío es la ubicación central en el muelle.

Ahora, cada vez que se almacena un palet en una ubicación particular, la siguiente mano de obra variable se incurrirá en costos: viaje desde el muelle de recepción hasta la ubicación; y, más tarde, viaje desde la ubicación hasta el muelle de envío. Por lo tanto, con cada ubicación i se asocia un costo laboral incurrido por su uso. (Este costo laboral es proporcional a la distancia d_i desde la recepción hasta ubicación de envío y, por lo tanto, se puede, sin pérdida de generalidad, discutir la conveniencia en términos de distancia.) En un almacén de carga unitaria, este costo es independiente de lo que se almacena en otros lugares y así, si se visita la ubicación i n_i veces durante el año, el costo laboral anual será proporcional a (2.12)**Error! Reference source not found.:**

$$\sum_i d_i n_i \quad (2.12)$$

Las distancias d_i están determinadas por el diseño del almacén y no se cambian fácilmente; pero las frecuencias de visita n_i están determinadas por los pedidos de los clientes y por las elecciones de qué almacenar y en dónde.

Al almacenar los palets con cuidado, podemos asegurarnos de que los lugares visitados con mayor frecuencia son los de mayor conveniencia (viaje total más

pequeño), minimizando así la expresión (2.12) **Error! Reference source not found.**

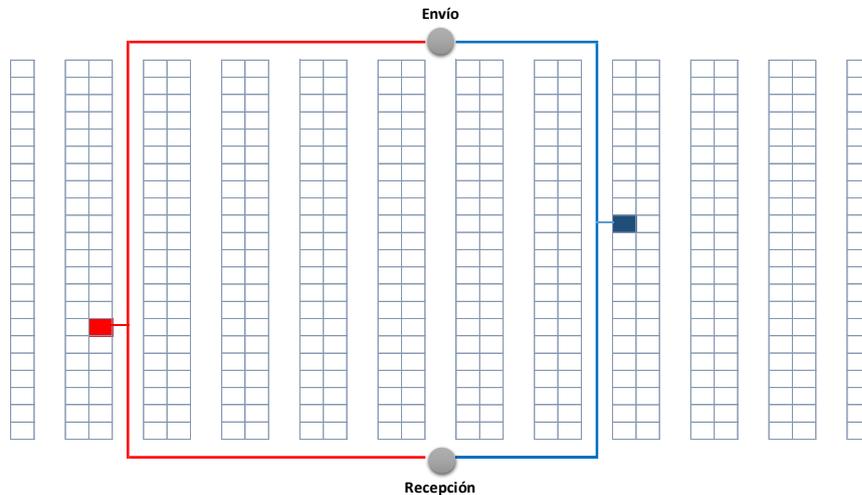


Figura 9. La ubicación azul es más conveniente que la ubicación roja porque la distancia total desde la recepción hasta la ubicación, y desde allí hasta el envío es menor.

b. MOVIMIENTO RAPIDO DE SKU'S VS. MOVIMIENTO RAPIDO DE PALET

Para identificar que SKU's generan las visitas más frecuentes por ubicación de almacenamiento, con estacionalidad estable durante un intervalo de tiempo fijo, tenemos:

$$\# \text{Visitas prom. por ubicacion de almacenamiento} = \frac{\# \text{Unidades enviadas}}{\# \text{Máximo de unidades almacenadas}}$$

Entonces para minimizar los costos de mano de obra:

- Clasificar todas las posiciones de palets disponibles del almacén desde la distancia mínima d_i a la mayor distancia.
- Clasificar los SKU's de mayor a menor rotación.
- Desplazarse de arriba hacia debajo de la lista y asignar los palets de los SKU's de más rápida rotación a las siguientes mejores ubicaciones disponibles.

Para los casos en los que el sistema de almacenamiento no funcione con una estacionalidad estable, se deberá adoptar una vista más detallada que considere la velocidad a la que rotan los palets individuales (no solo SKU's). Entonces para minimizar los costos de mano de obra:

- Clasificar todas las posiciones de palets disponibles del almacén desde la distancia mínima d_i a la mayor distancia.
- Clasificar todos los palets desde la salida más pronta hasta el de última salida.
- Desplazarse de arriba hacia debajo de la lista y asignar el siguiente palet a la siguiente mejor ubicación disponible.

3. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ENVÍO

Tipos de diseño, características:

CONFIGURACIÓN DE FLUJO EN U

- Recepción y envío están ubicados en el mismo lado del almacén.
- Hace que las ubicaciones más convenientes sean aún más convenientes, y las menos convenientes se ubiquen en lugares aún peores.
- Apropiado cuando el movimiento del producto tiene un fuerte sesgo ABC (es decir, cuando muy pocos SKU's representan la mayor parte de la actividad)
- Proporciona flexibilidad de muelle tanto para el envío como para la recepción (en caso de algún aumento de actividad en cualquiera de ellas).

- Permite un uso más eficiente de los montacargas, se le pueden asignar tareas de almacenamiento y recuperación combinadas para reducir tiempos muertos.
- Minimiza la plataforma y la calzada del camión.
- Permite la expansión a lo largo de los otros tres lados del almacén.

CONFIGURACIÓN DE FLUJO A TRAVÉS O FLUJO CONTINUO

- Recepción y envío en lados opuestos del almacén
- Todo el producto fluye en la misma dirección, por lo que hay menos oportunidades de interferencia.
- Hace muchas ubicaciones de almacenamiento de igual conveniencia.
- Más apropiado para volúmenes extremadamente altos.
- Preferible para edificios angostos y largos
- Reduce las eficiencias que se pueden obtener de las transacciones de doble ciclo.

Entonces, ¿Qué diseño es mejor? En este caso al igual que muchas de las decisiones de diseño, dependerá de las poblaciones de SKU's que pasen por el almacén. Si hay pocos SKU's de rápido movimiento, como es típico en cosméticos, prendas de vestir u otras empresas de moda, puede ser más eficiente colocar una configuración de flujo en U (Figura 10.), en lugar de una configuración de flujo a través (Figura 11.).

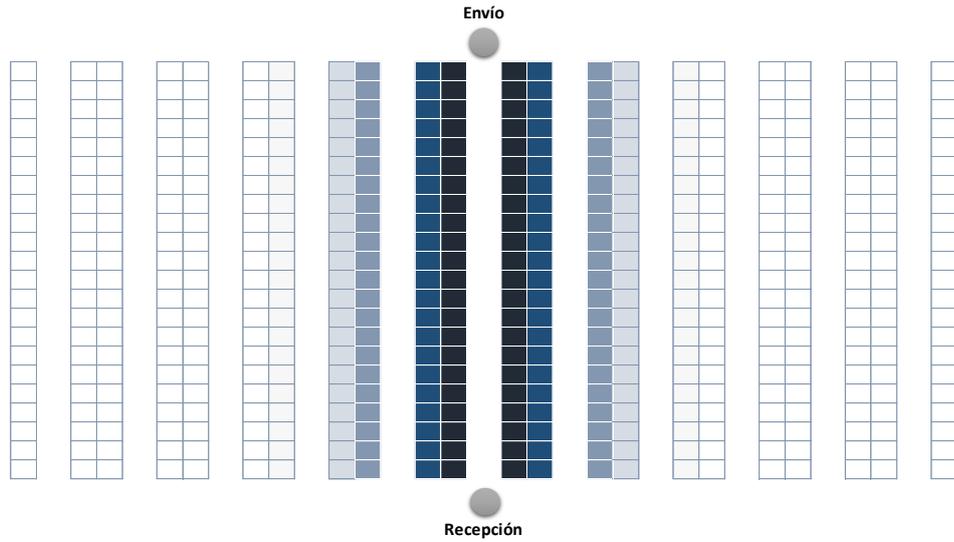


Figura 10. Configuración de Flujo Continuo- Las ubicaciones más oscuras son las más convenientes.

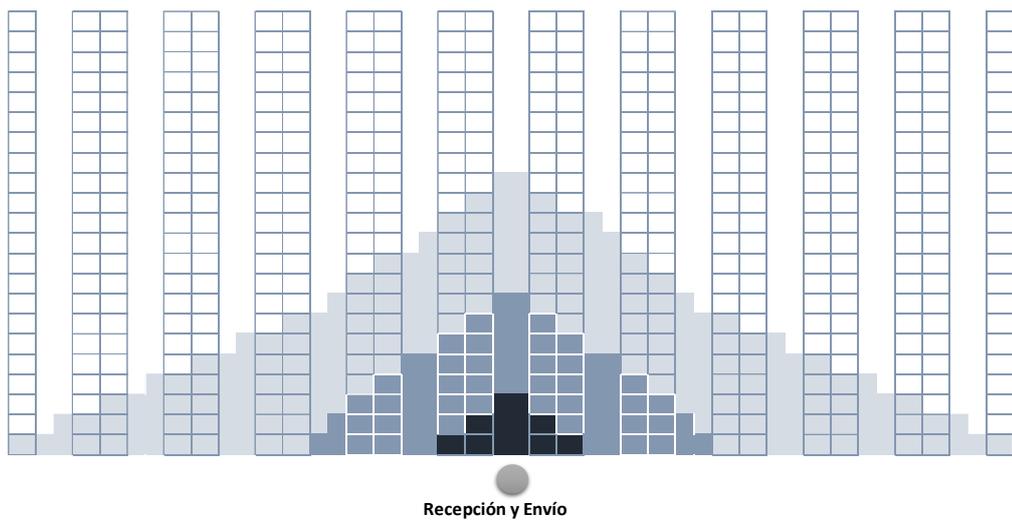


Figura 11. Configuración de Flujo en U- Las ubicaciones más oscuras son las más convenientes.

4. CONFIGURACIÓN DEL PASILLO

PASILLOS TRANSVERSALES

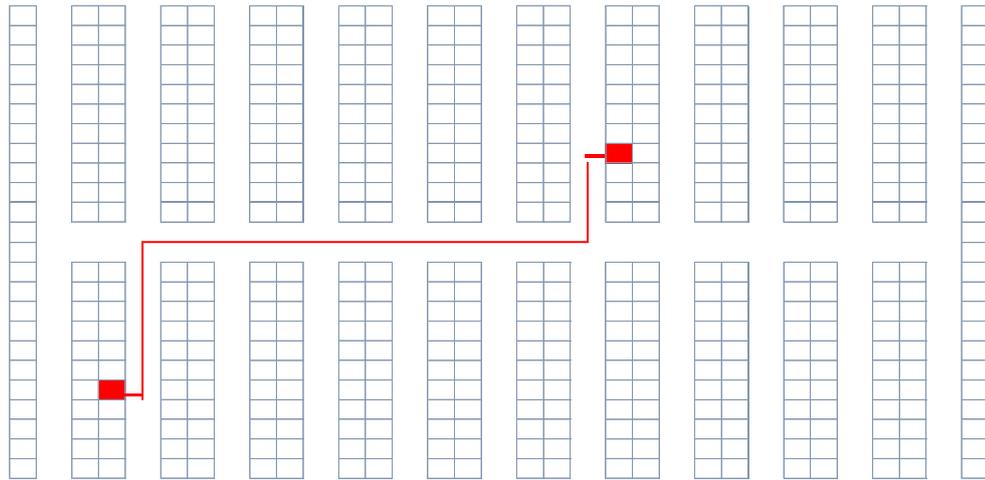


Figura 12. Pasillo Transversal - desplazamiento más corto.

Para reducir los viajes entre el almacenamiento y la recepción/envío, generalmente es preferible orientar los pasillos para que recorran paralelos a la dirección del flujo del material. Sin embargo, esto es algunas veces ventajoso para apoyar el movimiento entre las ubicaciones de almacenamiento, como si un montacargas, que funciona en doble ciclo, viaja directamente desde el almacenamiento de un palet hasta recuperar otro como en la Figura 12.

Existe además un costo por tener un pasillo transversal ya que se requiere más espacio en el piso para el mismo número de ubicaciones de palets, por lo que se introducen viajes adicionales. Si la recepción y el envío se encuentran en lados opuestos del pasillo transversal, entonces cada ubicación se hace menos conveniente porque cada palet debe transportarse a través del pasillo una vez. Y si la recepción y el envío están en el mismo lado del pasillo transversal, las ubicaciones cercanas no se ven afectados, pero las ubicaciones lejanas se hacen aún menos convenientes, porque cada palet almacenado allí debe cruzar el pasillo dos veces: una para almacenar y otra vez para recuperar el palet.

PASILLOS ANGULADOS

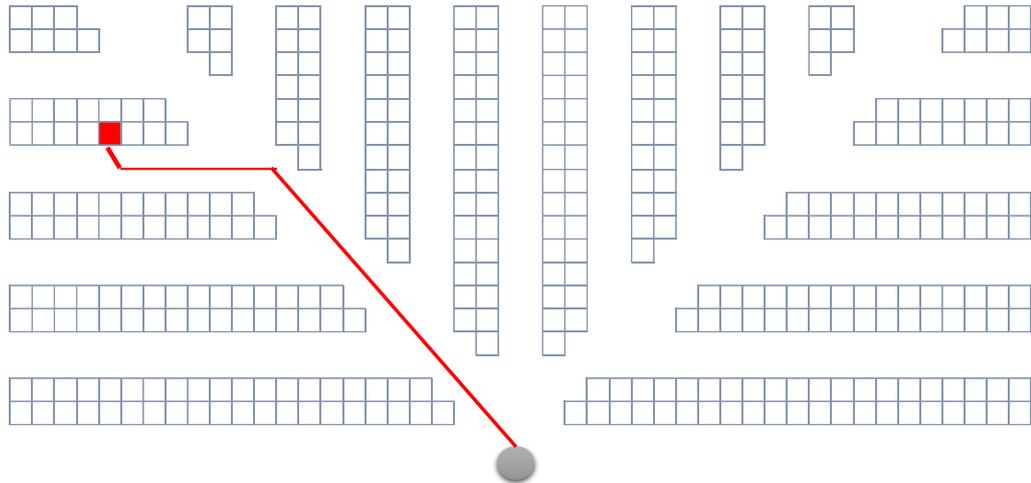


Figura 13. Pasillos Angulados - permiten un viaje más directo.

La mayoría de los almacenes tienen pasillos paralelos alineados con los muelles de recepción y envío, quizás con pasillos transversales ortogonales; pero esto no siempre es necesario. Kevin Gue de la Universidad de Auburn y Russ Meller de la Universidad de Arkansas (K. R. Gue & R.D. Meller., 2009) han argumentado que los tiempos de viaje se pueden reducir hasta en un 20% al reorientar algunos pasillos e incluir algunos pasillos transversales en ángulo, como en la Figura 13. que llaman un diseño de espina de pescado.

El almacén general debe ser un poco más grande para compensar el espacio perdido en los pasillos adicionales; pero esto está más que compensado por la eficiencia de un viaje más directo hacia o desde un punto centralizado de recepción y envío.

Es posible aprovechar este viaje más directo si la mayoría del movimiento de palets es hacia o desde el punto central de despacho. Pero si montacargas termina de guardar un palet y luego debe recuperar otro, la orientación de los pasillos de la disposición de espina de pescado puede no ayudar en absoluto, y

de hecho puede ser un impedimento. Sin embargo, esta posible ineficiencia parece estar más que compensada por el viaje directo hacia y desde el punto central de despacho.

2.2.2.3. ALGORITMO PARA EL DISEÑO DEL LAYOUT

Los algoritmos son procedimientos formales que ayudan al analista a desarrollar o mejorar el layout y proveerle de criterios objetivos para facilitar la evaluación entre varias alternativas. Existen algoritmos de construcción que permiten el desarrollo desde el inicio de la distribución de la planta y algoritmos de mejoramiento que generan alternativas en base a instalaciones ya establecidas.

2.2.2.3.1. Método SLP (Systematic Layout Planning)

Este método se utiliza para la construcción de un layout y busca maximizar el flujo entre departamentos. Este objetivo se logra mediante el puntaje de relación cuantitativo, que se define como la suma de todos flujos que existen entre dos departamentos contiguos (Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer Y. A., & Tanchoco, 2010) La función objetivo de este algoritmo será:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} X_{ij} \quad (2.13)$$

m = número de zonas en la instalación

f_{ij} = puntaje de relación entre zonas i y j

x_{ij} = variable binaria 1 si i y j están contiguas y 0 si no lo están.

Es importante mencionar que para utilizar este algoritmo se utiliza un puntaje ya establecido que se define en base al tipo e importancia del flujo que hay entre dos áreas.

Procedimiento de Resolución:

1. Realizar una tabla de relación, donde se despliegue pesos numéricos sobre la relación de todas las posibles combinaciones de áreas.
2. Seleccionar de la tabla el par de zonas con mayor peso de relación y unirlos mediante un gráfico de nodos.
3. Seleccionar una tercera zona para incluir en base a la zona que da una mayor suma de los pesos de relación con respecto a los departamentos escogidos anteriormente.
4. Determinar en donde colocar zonas tratando de maximizar los pesos de relación entre departamentos.

2.2.3. PROBLEMA DE LOCALIZACIÓN

La localización de una instalación es el proceso de elegir un lugar geográfico entre varios para realizar las operaciones de una empresa.

Los métodos más importantes utilizados para resolver este tipo de problemas son los siguientes:

1. Método de Factores Ponderados (Brown y Gibson), éste método consiste en definir los principales factores determinantes en una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se les atribuye, misma que dependerá fuertemente del

criterio y experiencia del evaluador. En este método se permite comparar alternativas a través de la elaboración de una matriz compensada en donde se detallan factores que afecten a la decisión, puntuando todos ellos para cada alternativa. Un índice, resultado de sumar todos los factores de peso multiplicados por los valores dados a cada factor, representa la calificación de cada alternativa de ubicación. El mayor índice será la opción más óptima.

2. Análisis del punto de equilibrio, se refiere a un análisis en base a factores cuantitativos de Costo-Volumen y realizar una evaluación económica de las alternativas de localización.
3. Método del centro de Gravedad o centroide, en éste método se determina la mejor ubicación de una instalación en base a la ubicación geográfica de los puntos meta (destino), el volumen enviado y el costo de transporte, minimizando el tiempo de viaje o distancia entre 2 puntos. Éste método supone que los costos de transporte de entrada y salida son iguales y no incluye costos especiales de despacho para cargas incompletas
4. Método de Transporte, se basa en la programación lineal y tiene como objetivo en minimizar costos de embarcar productos desde varias fuentes de suministro hasta varios destinos. Éste método no resuelve todas las facetas de un problema de localización de instalaciones múltiples, sino q identifica únicamente el mejor patrón.

Muchos de los problemas de localización son todavía más complicados que los enumerados anteriormente. Frente al grado de complejidad que se presente es necesario usar una computadora para realizar una evaluación completa; es por

ello que para éstos se han desarrollado tres tipos básicos de modelos de computación (Carro Paz R., González Gómez D., 2012):

1. **Heurísticos.** Las instrucciones de resolución o reglas empíricas que permiten encontrar soluciones factibles (aunque no necesariamente óptimas) para los problemas, se conocen como heurística.
2. **Simulación.** Se conoce como simulación a una técnica de modelado que reproduce el comportamiento de un sistema. La simulación permite manipular ciertas variables y muestra los efectos de esas manipulaciones sobre las características de operación elegidas (ensayo error).
3. **Optimización.** También conocidos como problemas de programación matemática, en términos generales, se puede decir que cualquier fenómeno en que interviene un número determinado de variables no negativas (es decir, variables cuyo valor es positivo o cero), que se pueden ligar entre sí mediante relaciones de desigualdad o igualdad y que reflejen las limitaciones o restricciones que el fenómeno presenta con miras a optimizar un objetivo, puede ser formulado como un modelo de programación matemática.

Si tanto las restricciones como la función objetivo se pueden enunciar mediante expresiones lineales, estamos frente a un campo particular de la programación matemática denominada “programación lineal”.

2.2.3.1. PROGRAMACIÓN LINEAL

En este caso la palabra “programación” no se refiere a programación

en computadoras; sino que se le utiliza como sinónimo de planeación.

En forma resumida se afirma que la programación lineal es un método matemático de resolución de problemas donde el objetivo es optimizar (maximizar o minimizar) un resultado a partir de seleccionar los valores de un conjunto de variables de decisión, respetando restricciones correspondientes a disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas, u otras condicionantes que limiten la libertad de elección.

En los problemas de localización, el objetivo es minimizar los costos o por el contrario maximizar la rentabilidad en función de tomar la decisión si se abre o no una instalación determinada con todos los costos que esta implica y la rentabilidad que la misma puede generar, esto va ligado directamente con el problema del diseño de una red de distribución, ya que se busca, adicional al tema de costos y rentabilidad tener una mayor cobertura de mercado.

PROBLEMA DEL DISEÑO DE LA RED

Un problema de diseño de red consta básicamente de una designación del número, ubicación y tamaño de centros de producción y de distribución; al igual que la determinación del flujo de productos entre distintos centros.

Dadas n ubicaciones posibles, m clientes, c_j costo fijo de abrir en la ubicación j y d_{ij} costo de atención a cliente i desde la ubicación j , se construye un modelo matemático que selecciona las localizaciones y asigna clientes a éstas, de la siguiente manera:

$$\text{Min } \sum_{j=1}^n c_j y_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}, \quad (2.13)$$

$$s. a \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.14)$$

$$x_{ij} \leq y_j, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2.15)$$

$$x_{ij}, y_j, \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2.16)$$

La función objetivo (2.13) consiste en minimizar el flujo entre los productos y centros de distribución, dentro de los límites de los costos fijos de abrir los centros. La restricción (2.14) garantiza que cada cliente es atendido por un centro, mientras que la restricción (2.15) asegura que los clientes están siendo asignados a un centro de distribución. Finalmente, la restricción (2.16) especifica que las variables de decisión son binarias, donde:

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{Si abre en la ubicación } j \\ 0 & \text{Si no se abre la ubicación } j \end{cases}$$

y

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{Si cliente } i \text{ es atendido desde la ubicación } j \\ 0 & \text{Si cliente } i \text{ no es atendido desde la ubicación } j \end{cases}$$

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

Para la consecución adecuada de este proyecto, se llevarán a cabo ciertas actividades que permitan alcanzar los objetivos planteados, en primer lugar, a través de material digital se obtendrá un breve contexto del entorno en el que se desarrolla el presente proyecto además mediante entrevistas y observación se analizará la situación actual de la empresa, posterior a esto se recopilará información mediante datos obtenidos directamente de la empresa que permitan cuantificar la operación.

Una vez recopilada y analizada la información en los siguientes capítulos se procederá con el planteamiento de la solución, el análisis de los resultados y la presentación de conclusiones y recomendaciones.

3.1. ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL

3.1.1. GENERALIDADES

MACARÁ

El cantón de Macará se encuentra ubicado al extremo sur occidental de la República del Ecuador, a 79°57'49.39" de longitud oeste y 4°23'13.11" de latitud Sur, tiene 575 kilómetros cuadrados, constituyendo el 5.2% de la

superficie de la provincia de Loja, pero es la subcuenca alta más importante del Catamayo-Chira.

Para conocer la estructura, composición y dinámica de la población de macará, tomando como fuente de información investigaciones e información del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Macará 2011 (PD y OT), Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE), Sistema Nacional de información de la Secretaria.

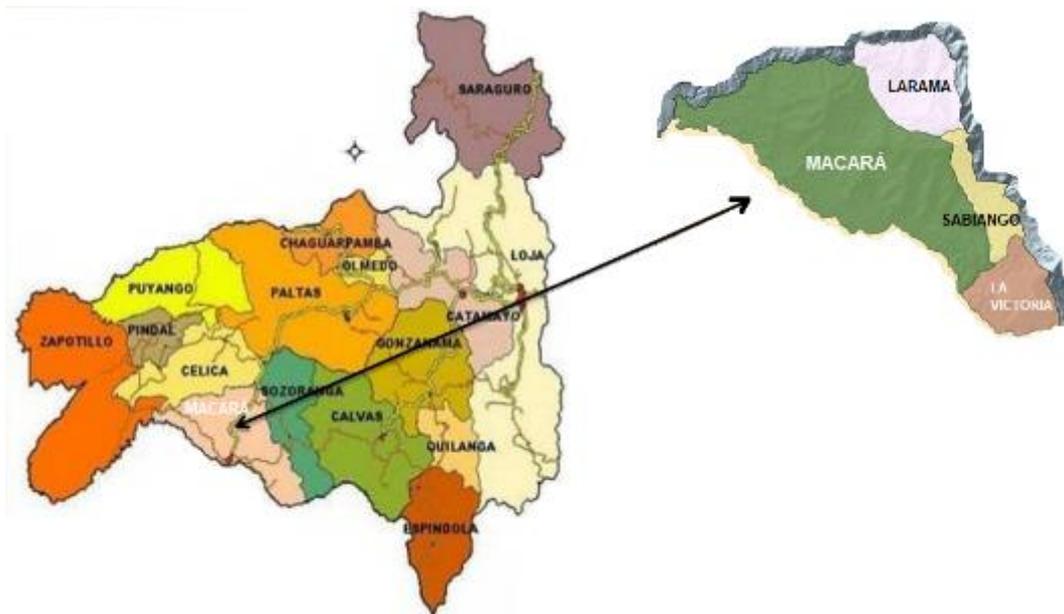


Figura 14. Parroquias del cantón Macará

La población en el Cantón Macará está concentrada en un 82.71% (19,018 hab) en las parroquias urbanas Macará y Eloy Alfaro, que conforman la zona 1, de la cual el 82.71% (15,730 hab) se encuentra en el área urbana y 3,142 hab en el área rural lo que representa el 17.29% de la población complementaria a nivel cantonal que se distribuye en las 3 parroquias rurales tal como se detalla en la siguiente tabla:

ZONAS	PARROQUIA	TOTAL POBLACIÓN	% DEMOG
1	Macará	15,730	82.71
	Eloy Alfaro		
2	Larama	1,080	5.68
3	Sabiango	651	3.42
4	La Victoria	1,557	8.19
TOTAL CANTÓN		19,018	100

Tabla 2. Población del cantón Macará por zonas parroquiales
Fuente: PDyOT Macará 2011

El peso poblacional de todas las parroquias rurales respecto al cantón es de 17.29% de las cuales La Victoria correspondiente a la zona 4 es la más representativa con el 8.19%, seguido de Larama correspondiente a la zona 2 con 5.68% y Sabiango correspondiente a la zona 3 presenta el menor peso poblacional con 3.42%. El promedio de habitantes por parroquia es de 1,096 habitantes

3.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

Con más de 94 años de trayectoria la empresa en cuestión ha logrado tener marcas consolidadas y fuertes.

Para dimensionar el problema y minimizar el manejo de variables y parámetros se tomarán las siguientes consideraciones:

3.2.1. RENTABILIDAD POR PEDIDO DEL SOCIO

Actualmente la empresa comercializa un portafolio de 129 SKU's; pero manejar esa cantidad en un modelo matemático puede volverlo muy complejo de resolver por lo cual el presente proyecto tomaremos como segmentación de marcas las siguientes 3 líneas: Negras, Sabores y No carbonatados.

		VENTA \$\$	CAJAS FISICAS	# PEDIDOS	FACTURACION POR PEDIDO	PARTICIPACIÓN POR PEDIDO	CAJAS FISICAS POR PEDIDO	RENTABILIDAD \$\$
2017	TOTAL	\$ 536,554	103,419	137	\$ 3,916.45	100%	755	267,153
	NEGRAS	\$ 279,788	50,467		\$ 2,042.25	52%	368	200,401
	SABORES	\$ 185,164	32,004		\$ 1,351.56	35%	234	54,840
	NO CARBONATADOS	\$ 71,602	20,949		\$ 522.64	13%	153	11,911
2018	TOTAL	\$ 676,337	125,114	148	\$ 4,569.85	100%	845	393,539
	NEGRAS	\$ 403,861	69,866		\$ 2,728.79	60%	472	305,381
	SABORES	\$ 197,474	34,364		\$ 1,334.29	29%	232	44,904
	NO CARBONATADOS	\$ 75,002	20,884		\$ 506.77	11%	141	43,254
2019	TOTAL	\$ 641,299	128,045	116	\$ 5,528.44	100%	1,104	341,446
	NEGRAS	\$ 401,929	69,109		\$ 3,464.90	63%	596	290,992
	SABORES	\$ 150,980	32,347		\$ 1,301.56	24%	279	2,299
	NO CARBONATADOS	\$ 88,390	26,589		\$ 761.98	14%	229	48,155

Tabla 3 Resultados ventas últimos 3 años

Fuente: Empresa

Obteniendo como resultado de la operación del socio de Macará un promedio anual de ventas de \$ 618.063, 118.859 Cajas Físicas y 133 pedidos entregados al socio, lo cual indica que por cada pedido se facturó en promedio \$ 889, siendo la línea de Negras el de mayor participación 58% y con una rentabilidad de \$265.591 en promedio anual, de la cual se deberá generar los ingresos para cubrir los costos del Centro de Distribución. Los valores por año se detallan en la Tabla 3.

3.2.2. DISEÑO ACTUAL

Actualmente la operación se lleva a cabo en el domicilio del socio en el Cantón de Macará en las calles Espíndola y Ejército (Figura 15), misma que es de un área techada de 300m². En la Figura 16 se puede observar más a detalle el diseño actual.

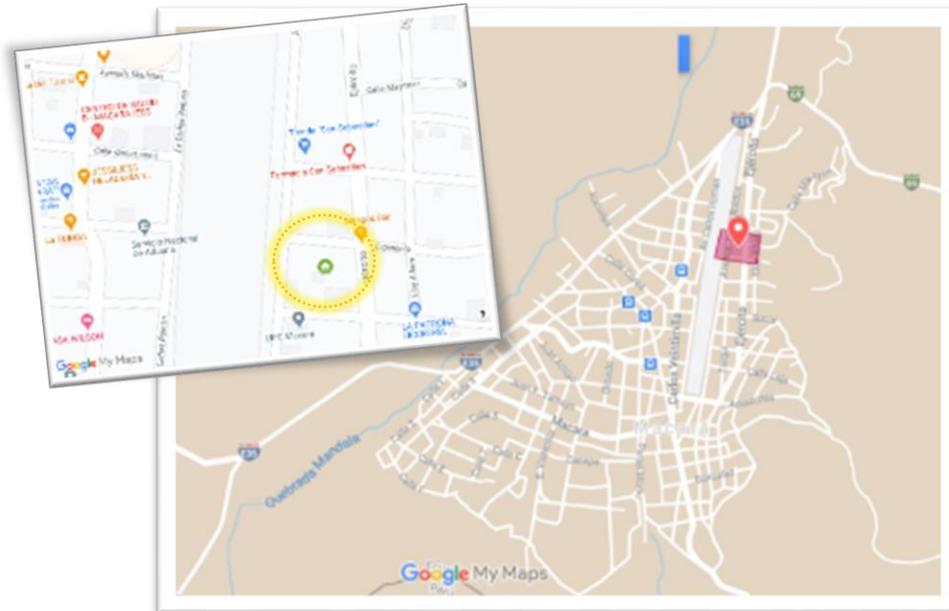


Figura 15 Ubicación Socio

INSTALACIONES

- El sistema de ubicación que se maneja es empírico dando un lugar fijo para cada segmento de producto siendo el de mayor rotación el más cercano al área de carga/descarga.
- El almacenamiento es en bloque, aunque no se usa estanterías, el apilamiento del producto es sobre el piso con máximo de 3 niveles.
- No existen zonas definidas para la recepción y almacenaje del producto, se emplea la misma zona de carga y descarga de los camiones de reparto.
- Para el movimiento de interno del almacén no se cuenta con ningún tipo de equipo o maquinaria. El estibaje se realiza de forma manual.
- No existe señalización ni zonas de seguridad delimitadas para tránsito de equipo y peatonal.
- No se cuenta con una zona para producto caducado

- No hay organización para el despacho de acuerdo al requerimiento del cliente, no se mantiene FIFO.
- Zonas de preparación del producto de forma improvisadas.
- Parte del piso no es apto para maniobrar producto está desnivelado y sin asfalto.

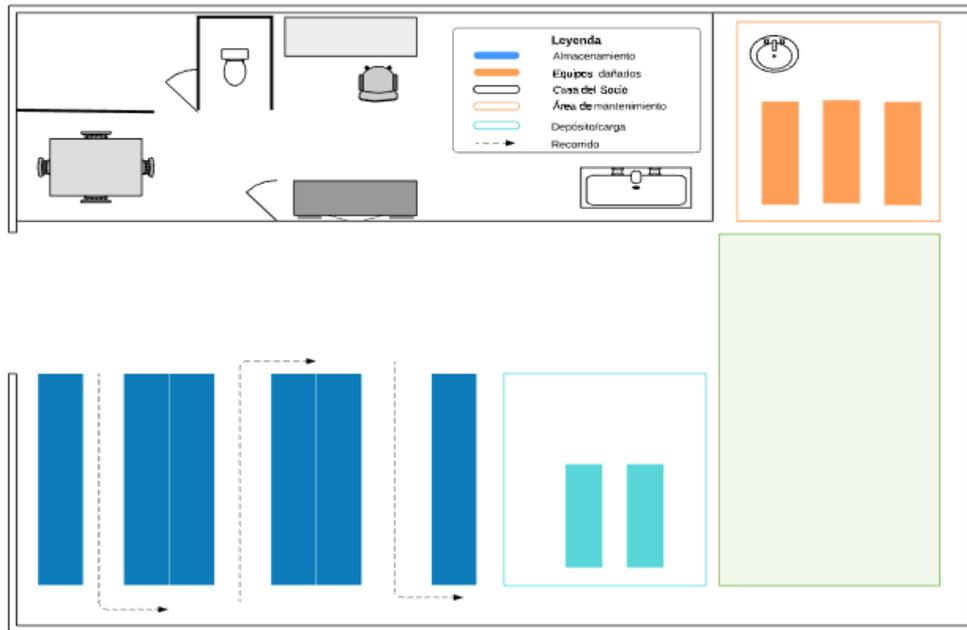


Figura 16. Diseño Actual
Fuente: Elaboración propia

3.2.3. INFORMACIÓN - INDICADORES DE GESTIÓN.

Al no tener el control de la operación la empresa no cuenta con un histórico de los indicadores; sin embargo, se establecen objetivos de los mismos basados en datos generados en regiones similares.

- El modelo considerará la cantidad total de clientes actualmente activos, 913 clientes.
- La efectividad de Preventa (clientes que compran) al menos 96%.
- Promedio de compra mínima 6 cajas físicas al mes.

En cuanto a los indicadores para medir de la gestión del almacén la información proporcionada por el socio es:

Índice de rotación de Inventario. - aprox. 75% indica un correcto aprovisionamiento de los productos.

Ocupación del almacén. - 25%, este indicador hace referencia al desperdicio que se incurre actualmente en el almacén.

Horas extras. - se evidencia un problema en cuanto a recursos humanos el socio cuenta con 5 personas que cumplen las funciones de preventa y entrega, hablando netamente del recurso empleado para el almacenamiento y distribución se observa la sobrecarga en las funciones del 120% al 135% ya que solo 2 personas realizan las actividades de estibaje (carga y descarga del producto tanto del aprovisionamiento y almacenaje, así como de los camiones de reparto), entrega del producto en el punto de venta, generando desgaste en el personal y exceso de horas extras.

Salud ocupacional. – la falta de equipos (producto apilado en el piso sin palets, no existen montacargas, arenes de seguridad, cascos, señaléticas, etc.) al realizar la operación causa que existan incidentes ergonómicos.

3.2.4. TRANSPORTE

3.2.4.1. PRIMARIO

Actualmente todo el abastecimiento y distribución de producto hacia los clientes de la provincia de Loja, se realizan de forma directa desde el centro de distribución ubicado en la ciudad de Loja (Figura 17) con una flota propia de

camiones; sin embargo, la empresa cuenta con un proveedor de tarifa fija acordada para el abastecimiento de producto hacia el Socio de Macará.

Cabe mencionar que la zona de distribución que maneja el socio incluye las ciudades de Célica, Puyango, Pindal, Sozoranga y Zapotillo (Tabla 4).



Figura 17 Ciudades de la Provincia de Loja

16 Cantones de la Provincia de Loja	SOCIO DISTRIBUIDOR	Cantones	Hab.	Cant. Clientes	Mix de Hab.	Mix Clientes	kms. a Loja (Abastecimiento)
		Zapotillo	12312	152	16%	17%	302
		Puyango	15513	85	20%	9%	227
		Pindal	8645	80	11%	9%	242
		Celica	14468	120	19%	13%	252
		Macará	19018	442	25%	48%	180
		Sozoranga	7465	34	10%	4%	147
		Calvas	28185	75			
		Paltas	23801	85			
		Chaguapamba	7161	21			
		Olmedo	4870	10			
		Gonzanama	12716	42			
		Quilanga	4337	13			
		Espíndola	14799	31			
		Catamayo	30638	65			
		Saraguro	30183	88			
Loja	214855	4777					

Tabla 4 Clientes atendidos en cada Cantón de la Provincia de Loja
Fuente: INEC 2010/ Google Maps

La tarifa negociada corresponde a la cantidad de Cajas Físicas a movilizar independientemente de la distancia recorrida (Tabla 5), el acuerdo incluye el regreso del camión al Centro de distribución de Loja debido a que la empresa transporta producto retornable.

Cajas Físicas	Origen	Destino	Kms.	Tiempo	Tarifa Camión
<= 600	Loja	Mácará	186,2	3 h 14	\$ 450
601-1500	Loja	Mácará	186,2	3 h 14	\$ 850

Tabla 5 Costos asociados al transporte primario
Fuente: Empresa

El abastecimiento al socio distribuidor no se maneja en días fijos, sin embargo si se establece dentro de las políticas de la empresa que el abastecimiento sea dos veces a la semana con un período de entrega (lead time) de 24 horas.

3.2.4.2. SECUNDARIO

Con respecto al transporte secundario actualmente el socio cubre éste costo, sin embargo, la empresa maneja costos asociados a la flota en 3 tipos de camiones:

Tipo Camión	Cant. Necesaria	Costo Unitario
Pequeño	1	415
Grande	1	800
Bodega	0	1690

Tabla 6 Costos asociados al transporte secundario
Fuente: Empresa

3.2.5. RECURSOS OPERATIVOS REQUERIDOS

Acorde con el volumen de venta que mantiene la operación y el número de clientes actualmente activos se requiere incurrir en los siguientes costos:

Cargo	Cantidad	Costo Mensual	Estándar
COMERCIAL			
Prevendedor	3	\$ 1.552	65 cts.
Vendedor (chofer)	2	\$ 1.473	200 Cajas físicas
Vendedor Juniors (ayudantes)	4	\$ 1.348	200 Cajas físicas
Supervisor	1	\$ 1.954	4 prevendedores y 4 vendedores
LOGISTICO			
Administrador CEDI	1	\$ 1.552	1 por cada CEDI
Ayudante/Estibador	1	\$ 1.038	
Liquidador	1	\$ 838	

Tabla 7 Costos de Recursos Requeridos
Fuente: Empresa

3.2.6. AREAS DE ALMACENAMIENTO

A continuación se dimensionarán las áreas con las que actualmente cuenta el lugar de almacenamiento:

Área Total = Largo* Ancho

$$\text{Área Total} = 20\text{m} * 15\text{m} = 300\text{m}^2$$

Área Básica= área de recepción+ área de almacenamiento

$$\text{Área Básica} = 9 \text{ m}^2 + 18 \text{ m}^2 = 27 \text{ m}^2$$

Al no contar con un lugar óptimo de almacenamiento, ni con áreas definidas para la operación , en el siguiente capítulo se plantearán los cálculos respectivos que abarquen todos los elementos que se deben considerar para el diseño.

CAPÍTULO 4

PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

4.1. DISEÑO DEL MODELO DE LOCALIZACIÓN

4.1.1. Método Factores Ponderados

Como se mencionó anteriormente existen distintos métodos cuantitativos que facilitan el estudio de la macro y micro ubicación de un centro de distribución. Uno de ellos es el Método de los Factores Ponderados el mismo que se empleará en el desarrollo del presente proyecto.

Como los factores para la ubicación no son fácilmente cuantificables, el juicio y la experiencia son una parte fundamental de la decisión.

A continuación, se presentan los pasos a seguir:

1. Determinar la relación de los factores relevantes.
2. Asignar un peso a cada factor dependiendo de su importancia relativa
3. Fija una escala a cada factor.
4. Hacer que los expertos evalúen cada localización para cada factor. Para este proyecto los evaluadores fueron el Gerente Comercial, Jefe de Ventas y Jefe Administrativo.
5. Multiplicar la puntuación por los pesos para cada factor y obtener los totales para cada alternativa.

6. Realizar una recomendación basada en la alternativa de mayor puntuación (capítulo 5)

MACRO LOCALIZACIÓN:

Para la selección de las posibles áreas de macro localización se tomó en consideración únicamente el cantón de Macará y sus periferias debido a que en la misma se encuentra el 25% de la población y el 48% de los clientes atendidos del total de habitantes y clientes considerados para el proyecto. Además, que es el segundo cantón con menor distancia al Centro de Abastecimiento (Ver **Tabla 4** Clientes atendidos en cada Cantón de la Provincia de Loja).

MICRO LOCALIZACIÓN:

Para las posibles áreas de micro localización se tomó en cuenta como factor determinante la superficie del terreno la cual debe ser mayor o igual a 300 m².

Las alternativas son:

A: Lugar Actual

B: Lugar propio dentro del cantón

C: Lugar propio periferias del cantón

Alternativas	Fuente	Dirección	Kms al abastecimiento	Área (m2)	Costo anual	Costo del m2
A	Socio Distribuidor	Espíndola y Ejército	181	300	6000	20
B	Bienes Online	Av. Amazonas	186	410	12000	29
C	Casa Trovit	La victoria	157	1950	210000	108

Tabla 8. Alternativas para micro localización

Luego se identificaron un conjunto de criterios y se distinguieron los respectivos niveles de importancia de cada alternativa en una escala de 0-10.

Factores para Ubicación	Peso Relativo (%)	Alternativas		
		A: Lugar Actual (subarriendo)	B: Lugar propio dentro del Cantón	C: Lugar Propio Periferias del Cantón
Costo de Instalación	30%	3	10	10
Alquiler o Inversión (año)	25%	2	10	8
Costo de medios de transporte	20%	8	3	3
Proximidad a Clientes	15%	7	8	5
Maniobra de camiones	4%	4	3	7
Impuestos	1%	5	6	3
Facilidad de Ampliación	3%	0	0	10
Espacio para Almacenar	2%	3	6	10
Puntuación Total		4,32	7,60	7,16

Tabla 9 Evaluación de Factores Ponderados

La aplicación del método ponderado no muestra la ubicación óptima, sin embargo, si brindan una muy buena opción para analizar y tomar en consideración, según los resultados obtenidos sería la alternativa B: establecer el centro de distribución dentro de ciudad, pero adquiriendo un terreno propio. El terreno propuesto tiene un área de 410m² y se encuentra en la Calle amazonas vía al Tamarindo, el terreno está destinado especialmente para uso agrícola, sin embargo, es apto para uso industrial. Cuenta con servicios básicos de agua y energía eléctrica.



Figura 18 Localización del terreno alternativa B

4.1.2. Método del Centro de Gravedad

Con la finalidad de encontrar la ubicación óptima y tener otras alternativas de macro ubicación se propone aplicar el Método del centro de gravedad para la localización de almacenes.

- El primer paso es seleccionar el sistema de coordenadas a emplear, que para el presente proyecto será de coordenados cartesianas ya que la herramienta informática que se usará para el desarrollo es la herramienta de Excel. Adicional se define la escala, una cuadrícula=100km.
- En segundo lugar, se define que el aporte a evaluar es el número de clientes a atender en cada ubicación, como se muestra en la Tabla 10
- Luego se procede a aplicar las fórmulas 4.1 y 4.2 para encontrar las coordenadas óptimas de la nueva localización (Anexo 1)

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n d_{ix} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (4.1)$$

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^n d_{iy} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (4.2)$$

Donde:

C_x = Coordenada de la nueva ubicación en x

C_y = Coordenada de la nueva ubicación en y

d_{ix} = Distancia de la ubicación i en términos de la coordenada x

d_{iy} = Distancia de la ubicación i en términos de la coordenada y

V_i = Aporte de la ubicación i

- Posteriormente graficamos los resultados. (Figura 19.)

Ubicaciones	COORDENADAS		APORTE
	X	Y	CLIENTES
Zapotillo	2,95	1,55	152
Puyango	2,35	2,44	85
Pindal	2,05	1,995	80
Celica	1,66	2,164	120
Macará	1,86	1,65	442
Sozoranga	1,55	1,99	34

Tabla 10. Cuadro de relación Coordenadas y Aporte

APLICACIÓN DE COORDENADAS

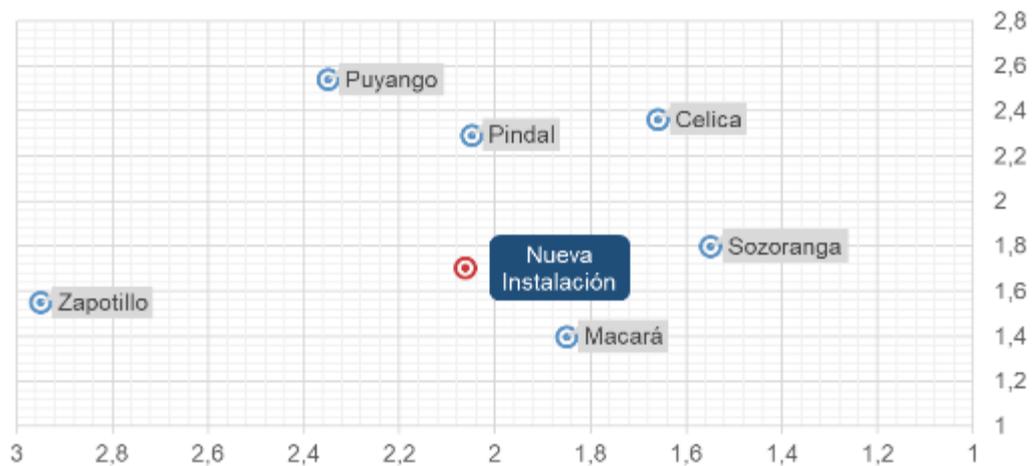


Figura 19. Aplicación de coordenadas para ubicación de instalación nueva aproximada.

Esto quiere decir que, en el sistema de coordenadas utilizado para establecer las ubicaciones propuestas, la instalación del nuevo almacén se ubicaría en las coordenadas x,y (2.06,1.70). Como se puede observar en la gráfica el centro de gravedad queda en mayor cercanía a los alrededores de Macará debido al peso que tienen los clientes de destino como los clientes de origen, los cuales se concentran en dicha ciudad. Las localizaciones de éstas coordenadas indican un punto aproximada de la ubicación del nuevo almacén, sin embargo, como se ha mencionado la determinación de la ubicación final dependerá otros puntos que los directivos consideren necesarios y que complementen éstos resultados.

4.2. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Para la consecución del área total del centro de distribución y sus diferentes áreas es necesario en primera instancia calcular el área de almacenamiento en condiciones de una capacidad proyectada de la demanda a 6 años, para lo cual se tomará la venta histórica mensual de los últimos tres años 2017-2018-2019 (Ver Anexo2).

Analizando los datos (Figura 20), se puede observar la dispersión considerable de los datos en cada mes por lo cual la aplicación de un modelo lineal que se ajuste no sería factible. Además, existen factores que afectan de manera directa a la información proporcionada. Para el año 2017 la operación de la distribución era realizada por una única persona que no contaba con los recursos necesarios para llegar a todos los clientes, en enero del 2018 se realizó un cambio en la sociedad ya con un socio con mayor capacidad (camión y almacén); pero no fue sino hasta agosto del 2019 que la Compañía decidió intervenir en el proceso y capacitar figuras como las de preventa para mejorar el volumen, todos estos sucesos han contribuido a que exista un línea de tendencia a la alza como se muestra en la Figura 21.

Debido a lo anteriormente expuesto y principalmente por la falta de data histórica estable, la empresa objeto de estudio de este proyecto dispuso de un crecimiento anual del 22% en el número de Cajas físicas; valor que se estableció por el comportamiento (Figura 21) revisado a partir de agosto del 2019 cuando la empresa retoma su intervención en el proceso operativo del Socio Crecimiento del promedio de ventas de enero a Julio vs. Agosto a Feb es de un 65% sin embargo ya la curva de crecimiento se va estabilizando el crecimiento objetivo se espera lograr con la propuesta del actual proyecto; a partir de ahí el crecimiento para el 2021 será de un 5% y de 1% vs. Año anterior los siguientes cinco años.

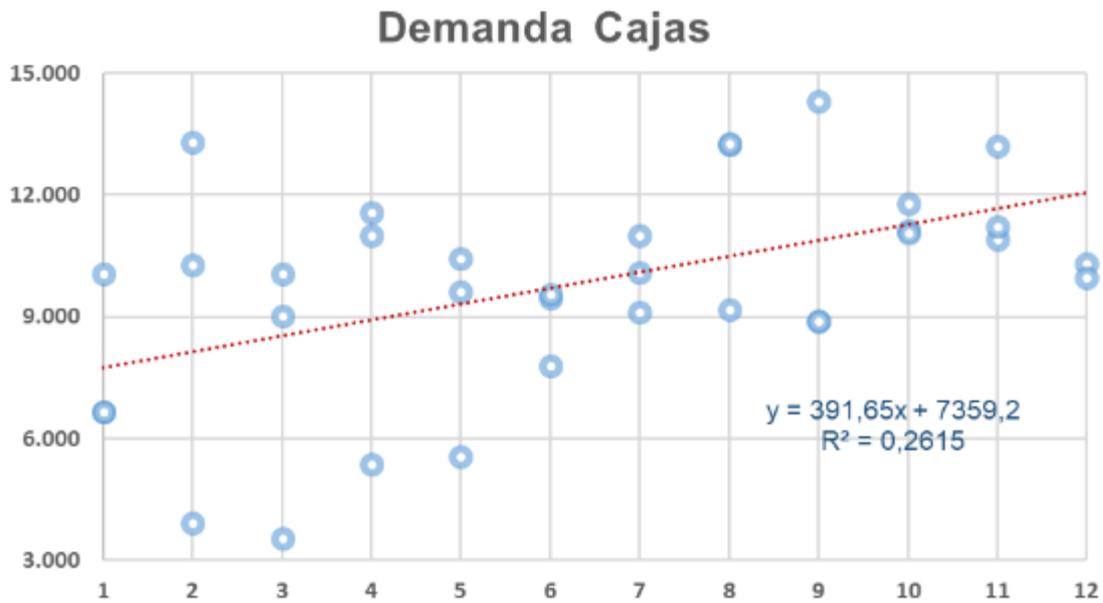


Figura 20 Gráfico Dispersión Demanda mensual de Cajas físicas

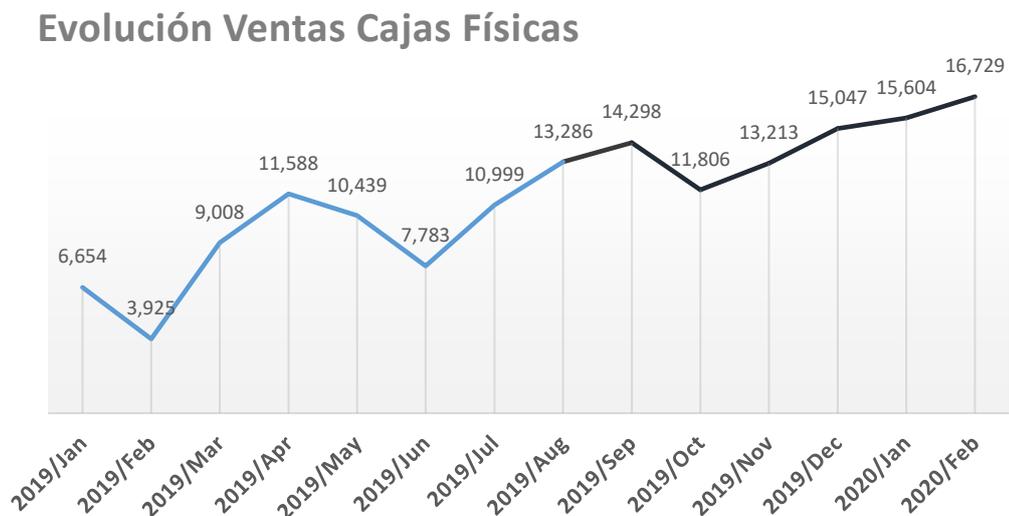


Figura 21 Evolución Ventas Cajas Físicas

Se realizó cálculo mensual de la proyección anual mediante los pesos asignados a cada mes tomando en referencia la data del 2019 y se los aplico a cada crecimiento total. En la siguiente tabla se muestran los resultados anuales, los datos mensuales se pueden revisar en el Anexo 3.

Demanda Proyectada	
Año	Promedio Cajas mensuales
2020	13.018
2021	13.669
2022	14.489
2023	15.503
2024	16.743
2025	18.250
2026	18.433
Prom.	15.729
Max	18.433

Tabla 11 Demanda Proyectada

4.3. DISEÑO DEL LAYOUT PROPUESTO

4.3.1. CÁLCULO DE LA AREAS PARA EL DISEÑO

4.3.1.1. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Antes de iniciar con el diseño del centro de distribución es necesario definir la capacidad de almacenamiento necesaria haciendo uso de la demanda mensual proyectada, sin embargo, es necesario transformar dicha proyección en m³.

Debido a los múltiples formatos que maneja la compañía, se empieza por definir los promedios en las dimensiones de las cajas, para esto se establece la siguiente agrupación de los productos:

Formato	Mix de la Venta	Cajas físicas
Personal	60%	11060
Familiar	40%	7373

Tabla 12. Agrupación de productos por formato.

Para el total de cajas físicas a considerar se tomó el valor máximo mensual proyectado mostrado en la Tabla 12. La venta mensual de cada agrupación se puede revisar de manera detallada en el Anexo 5, junto con los mix de ventas en el Anexo 6.

	Familiar	Personal
Alto (m)	0,35	0,145
Ancho (m)	0,27	0,25
Largo (m)	0,37	0,38
Apilamiento #	4	8

Tabla 13. Dimensiones de las cajas por formato

Una vez definidos los parámetros se procede a transformar la demanda de cajas en m³, posteriormente se calcula el área de almacenamiento para cada formato como se muestran en la Tabla 14 y Tabla 15.

El área de almacenamiento total teórica requerida según los cálculos realizados es de: 36m², con 3 pilas convencionales de 6 palets/pila para los formatos personales y 5 pilas convencionales de 6 palets/pila para los formatos familiares.

Demanda Mensual	m3	258
------------------------	-----------	------------

PARAMETROS DISEÑO FORMATO FAMILIAR

Lead Time Proveedor	días	1
Frecuencia entrega (cliente)	veces/semana	2
Dias de inventario en cliente	días	3

Piso (inventario) operativo en CD	dias	3
Dias laborables	dias	26
Volumen de almacenamiento	m3	30

Dimension caja promedio	m3	0,03
Volumen del pallet consolidado	m3	1,152
Necesidad del pallet	pallets	26

Niveles de altura	#	3
Altura del pallet (max)	m	1,2
Holgura entre pallet y racks (factor diseño)	m	0,3
Altura total rack	m	4,0
Altura bodega lado mas bajo	m	5,0
Area del Pallet	m2	1
Peso del pallet (max)	ton/pallet	1,3
Resistencia piso sugerida	ton/m2	3,6
Tipo de montacarga (altura)	m	5,0

Pallets por pila	#	6
Tipo de rack (sistema de almacenamiento)	convencional	1
Numero de pilas necesarias	#	5
Area de la pila	m2	1,9
Area total de almacenamiento	m2	9
Area total de bodega	m2	22

Tabla 14. Cálculo de Área de Almacenamiento-Formato Familiar

Demanda Mensual	m3	152
------------------------	-----------	------------

PARAMETROS DISEÑO FORMATO PERSONAL

Lead Time Proveedor	días	1
Frecuencia entrega (cliente)	veces/semana	2
Dias de inventario en cliente	días	3

Piso (inventario) operativo en CD	días	3
Dias laborables	días	26
Volumen de almacenamiento	m3	18

Dimension caja promedio	m3	0,01
Volumen del pallet consolidado	m3	1,152
Necesidad del pallet	pallets	15

Niveles de altura	#	3
Altura del pallet (max)	m	1,2
Holgura entre pallet y racks (factor diseño)	m	0,3
Altura total rack	m	4,0
Altura bodega lado mas bajo	m	5,0
Area del Pallet	m2	1
Peso del pallet (max)	ton/pallet	1,3
Resistencia piso sugerida	ton/m2	3,6
Tipo de montacarga (altura)	m	5,0

Pallets por pila	#	6
Tipo de rack (sistema de almacenamiento)	convencional	1
Numero de pilas necesarias	#	3
Area de la pila	m2	1,9
Area total de almacenamiento	m2	5
Area total de bodega	m2	13

Tabla 15.Cálculo de Área de Almacenamiento-Formato Personal

4.3.1.2. DIMENSIONAMIENTO DEL ALMACÉN

Tal como se describe en los cálculos mostrados en las Tabla 14 y Tabla 15, el tipo de sistema de almacenamiento a utilizar para el centro de distribución es el selectivo Figura 22. ya que facilita el almacenaje y acceso de los montacargas a utilizar, además que permite realizar el picking de manera rápida.

Profundidad de la estantería. - Debido a que para el presente proyecto se pretende ocupar el menor espacio posible, para lograr esto la profundidad de la estantería será convencional es decir de 1 y la altura deberá ser lo más elevada posible. Las normas internacionales no recomiendan apilar en alturas mayores a 7.6 metros (Dulanto, M. & Benitez, A., 2005), lo que representa un máximo de 6 posiciones de pallet para el presente proyecto). Al ser la carga uniforme y resistente la restricción de altura no es un impedimento.

Configuración del Flujo. – al ser el 80% productos de alta rotación se estableció que modelo seleccionado para el presente proyecto será el diseño de flujo a través (Figura10).

Distribución de los pasillos. – aun cuando la distribución de pasillos en forma angulada sea más eficiente, para el presente proyecto se seleccionará una configuración de pasillo transversal debido a la cantidad de Sku's y palets que se manejarán mensualmente en el almacén no será de influencia para este proyecto.

Área de Muelle de Cargue y descargue. - para el presente proyecto no será necesaria un área de muelle, solo se requerirá de una puerta principal para el ingreso y salida de camiones.



Figura 22. Rack Selectivo

Equipamiento. - para la manipulación de los palets será necesario contar con un montacargas que alcancen hasta 5 niveles. y capacidad suficiente para cargar al menos 3000Kg. Adicional será necesario una carretilla o transpaleta manual para espacios estrechos o que requieran poca carga.



CPQY30 GAS GASOLINA

Características

MOTOR	NISSAN K25 JAPONES
POTENCIA MÁXIMA HP/RPM	50,20/2300 HP/RPM
COMBUSTIBLE	Gas / Gasolina
CAPACIDAD	3 Ton
MASTIL LEVANTANDO PESO	4.6 m
NO. DE PALANCAS DE CONTROL	Levante; Inclinación delantera y posterior; Side shifter (control Lateral)
RADIO DE GIRO	2.42 m
INCLINACIÓN DEL MÁSTIL (DELANTERO Y POSTERIOR)	6° / 6°



AM22 TRANSPALETA MANUAL

Características

FABRICANTE	Jungheinrich
GRUPO DE TRACCIÓN	Manual
CAPACIDAD	2.2 Ton
ELEVACIÓN	122
VELOCIDAD DE DESCENSO CON/SIN CARGA	0.09/0.02
VENTAJA	Fácil manejo, más corta y maniobable, silenciosa, segura, larga vida útil



Figura 23. Descriptivos equipos necesarios

En la figura 24. se indica el esquema general de la distribución interna del almacén principal del centro de distribución.

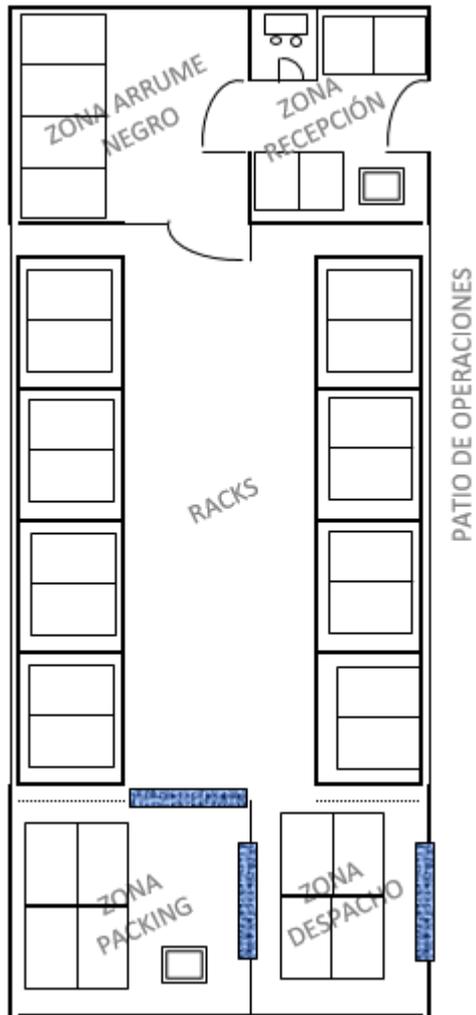


Figura 24. Esquema general del almacén del CEDI

4.3.1.3. ZONAS DE OPERACIÓN LOGÍSTICA

Es necesario el cálculo de las áreas que complementan el proceso de almacenamiento, las cuáles son:

4.3.1.3.1. Operaciones en patio

Comprende la zona de circulación y zona de espera, es decir las maniobras de vehículos de entrada (recepción) y salida (despacho).

Para el año 2019 dada la información histórica se realizaron ingresos de vehículos detallados en la Tabla 16.

En la operación diaria el arribo de los camiones de abastecimiento es 1 por día, las dimensiones del vehículo que transporta la cantidad de cajas promedio se describen en la Tabla 17. Adicional para la distribución al cliente final se empleará un camión liviano.

Mes	Camiones 12 Ton recibidos por mes	Total Cajas
2019/Jan	8	6.654
2019/Feb	5	3.925
2019/Mar	9	9.008
2019/Apr	8	11.588
2019/May	9	10.439
2019/Jun	8	7.783
2019/Jul	10	10.999
2019/Aug	11	13.286
2019/Sep	11	14.298
2019/Oct	9	11.806
2019/Nov	12	13.213
2019/Dec	14	15.047
Total	114	128.045
Promedio Mensual	9,50	10.670
Cajas por Camión	1123,20	

Tabla 16. Detalle camiones de abastecimiento y cajas recibidas en el 2019

Descripción	12 Ton	6 Ton
Ancho	2,47	2,11
Largo	8,98	7,2
Separación mínima entre camiones	1,1	1,1
Distancia para maniobras	10	10

Tabla 17. Dimensiones de los camiones

El área total mínima requerida para el patio será de 73 m², resultado de la suma de las áreas de los 2 vehículos más el área de maniobras requerida.

	Área m2
Área Total camión 12 Ton	22,1806
Área Total camión 6 Ton	15,192
Área maniobras	35,7
Total Área necesaria	73,0726

Tabla 18 Área total requerida para patio.

4.3.1.3.2. Proceso de Recepción

Es el área para realizar el proceso revisión de la carga de abastecimiento de forma aleatoria para que posteriormente pase al almacenamiento en arrume negro. Para definir ésta área se revisa el histórico del año 2019 de cargas revisadas por cada pedido recibido de abastecimiento en cada mes la cual se detalla en la Tabla 19.

Mes	Prom Cajas Revisadas por pedido
2019/Jan	250
2019/Feb	236
2019/Mar	300
2019/Apr	435
2019/May	348
2019/Jun	292
2019/Jul	330
2019/Aug	362
2019/Sep	390
2019/Oct	394
2019/Nov	330
2019/Dec	322
Promedio Mensual	332
Máximo	435

Tabla 19.Promedios cajas revisadas

Resultando un promedio de 332 cajas en la zona de Recepción y un máximo de 435 cajas. Para la dimensión de este tipo de recepciones en promedio es un área

de 3 m², como se necesitan 2 zonas de trabajo para recibir y revisar el área total será de 6m².

4.3.1.3.3. Almacenamiento arrume negro

Es el almacenamiento temporal del abastecimiento recibido, bultos que posteriormente serán desempacados y ubicados en sus respectivos bloques. Para el cálculo de ésta área revisamos el promedio de cajas recibidas 1123 que se muestra en la tabla 18. a esto le restamos las cajas que se encuentran en recepción para revisión resultando según el histórico revisado un promedio 10 palets. Multiplicando el área del pallet 0,96m² por los 10 palets a almacenar nos da un área total requerida de 9,6m²

4.3.1.3.4. Área de Packing

Ésta zona está destinada al embalaje y empaquetado de los bultos de los productos segregados que posteriormente serán despachados para su entrega. Para el 2019 en promedio se despacharon 9 bultos diarios de los cuales el 80% fueron segregados y embalados nuevamente y el 20% son productos que no requieren ningún tipo de proceso.

Se realizó una observación como muestra de la actividad en la operación de la cual se estimó 4 horas diarias destinadas a la revisión y packing y donde 0,5 minutos es para bultos que necesitan revisión y empaque y 0,20 minutos para los que solo necesitan revisión.

El resto del tiempo es destinado al picking y despacho de los bultos.

Los tiempos diarios de embalaje en el período de enero a diciembre del 2019 se muestran en el Anexo 6, a partir de esta información se concluye que los tiempos de utilización de la estación de trabajo para la actividad de packing no sobrepasa el tiempo disponible por lo cual no es necesario incrementar por el momento una estación adicional ya que en promedio se está empleando un 85% de la capacidad.

El área total destinada para la zona es de 9,6 m², distribuida físicamente como muestra la figura 26

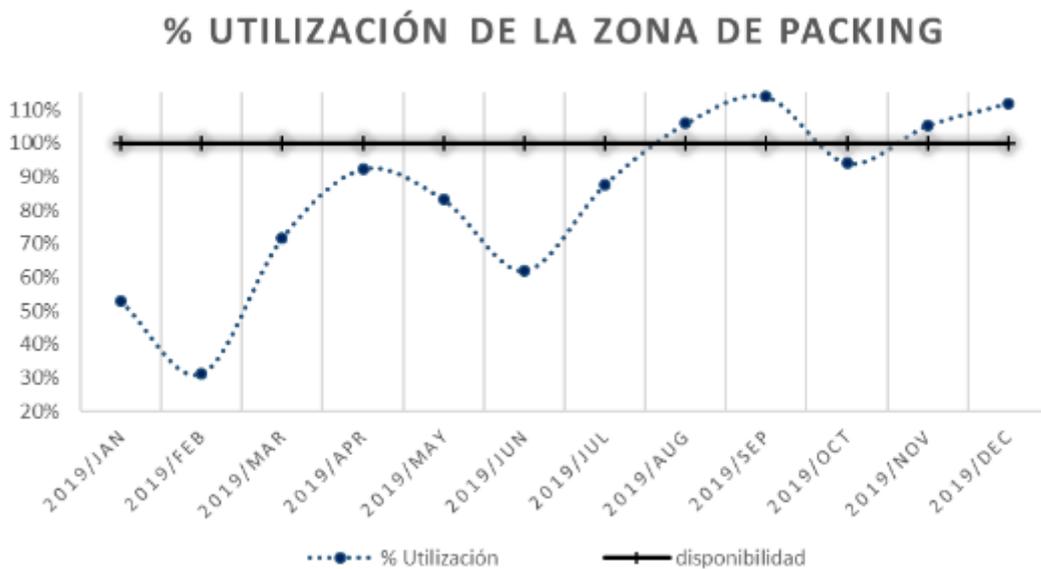


Figura 25 Porcentaje de Utilización zona de packing

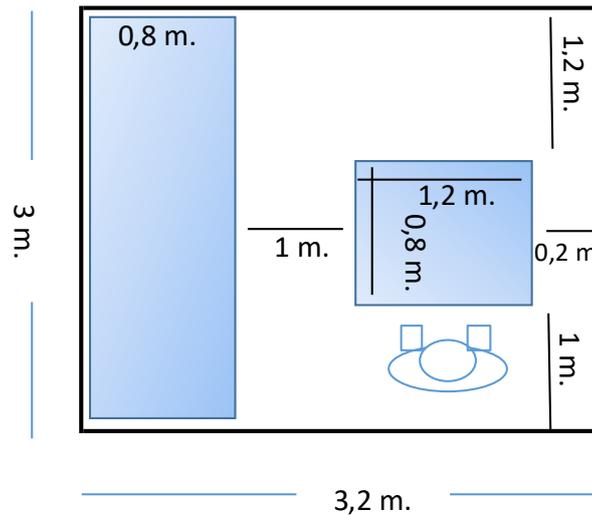


Figura 26 Esquema de disposición del área de packing

4.3.1.3.5. Área de despacho

La zona de despacho es el lugar donde se van acumulando los bultos que ya están siendo empaquetados y etiquetados, mismos que se van apilando según el camión asignado. Para el presente proyecto funciona únicamente como área de paso o como para almacenamiento de algún camión que por temas de volumen necesite regresar a hacer la recarga del bulto. Por lo cual se asigna según los mismos criterios evaluados para la zona de recepción que es de 6m^2

4.3.1.3.6. Área de desechos

Aquí se almacenan temporalmente los desechos generados principalmente por la operación de desempaque de cajas, que según lo observado son básicamente plástico de embalaje y botellas que sufrieron algún tipo de daño, mismos que en un día ocupan un espacio de 2m^2 .

El proveedor retira los desechos 3 veces por semana, por lo que los desechos se acumulan hasta dos días, lo cual genera la necesidad de un área total para desechos de 4m²

4.3.1.3.7. Área de Mantenimiento

Los camiones propios de la compañía tienen seguro para accidentes, sin embargo, se ha destinado una zona para el mantenimiento básico como cambios de llantas, filtros de combustible, limpiaparabrisas, o problemas en el montacargas. Para definir el área mínima requerida se tomará en cuenta las dimensiones del camión más un 50% de área de circulación resultando un área total de: 33m²

4.3.1.4. ZONAS ADMINISTRATIVAS Y COMPLEMENTARIAS

Es necesario definir los tamaños de éstas zonas con la información actual las estimaciones de la Gerencia comercial y la propuesta del área del terreno a adquirir. Dichas zonas se incluyen en la Tabla 20.

Zonas Administrativas y complementarias	Ubicación
Oficina operaciones	Bodega
Baño personal operaciones	Exteriores
Duchas y casilleros personal entrega	Exteriores
Oficinas Administrativas	Edificio administrativo
Oficinas de Liquidación	Edificio administrativo
Cuarto de servidores y sistemas	Edificio administrativo
Sala comercial	Edificio administrativo
Comedor	Edificio administrativo
Cuarto de Material POP	Edificio administrativo
Garita	Exteriores
Cisterna y bomba de agua	Exteriores
Area de Equipos de Frío	Exteriores

Tabla 20. Zonas Administrativas y complementarias

4.3.1.4.1. Oficina de operaciones

En ésta oficina se ubicará el personal de logística; estibadores/montacarguistas y supervisor. El área constará de un cubículo para el supervisor y una pequeña sala de reunión para el personal del almacén de un mínimo de 1m² por persona, un área para almacenar los insumos, un área para los equipos de protección del personal.

Requerimientos:

Zonas	Cantidad	Área unitaria	Total
Cubículo	1	1,5	1,5
Sala reunión (max 5 personas)	1	5	5
Bodega insumos	1	2	2
Equipos de protección	1	2	2
Circulación interna (50% del Total)	1	5,25	5,25
Total área			15,75

Tabla 21 Área de Oficinas de operaciones

4.3.1.4.2. Baños del personal de operaciones

Al ser la naturaleza del trabajo de esfuerzo físico, se establece que todo el personal del área de operaciones debe ser de sexo masculino. Se prevé contar con 13 personas en las operaciones de distribución y almacenamiento por lo cual se dotará de un baño con 2 inodoros, 2 Urinarios y 2 lavamanos.

Requerimientos:

Facilidades	Cantidad	Largo	Ancho	Área m2
Sanitario	2	1,2	0,75	1,8
Unitario	2	1,2	0,75	1,8
Lavamanos	2	1	0,75	1,5
Total área				5,1

Tabla 22. Área del baño personal de Operación

Fuente: Revista. Junio 2020. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/942317/dimensiones-minimas-y-configuraciones-eficientes-para-banos-pequenos>

4.3.1.4.3. Duchas y Casilleros

Para este tipo de instalaciones se requerirá asignar 1m² por persona que es suficiente para realizar el aseo personal de quienes lo requieran. El área constará de un casillero de 9 lockers (1,8 largo/0,9 de ancho y 0,4 de profundidad) y de 2 duchas.

Requerimientos:

Facilidades	Cantidad	Largo	Ancho	Área m2
Casillero	1	0,9	0,4	0,36
Duchas	2	0,8	0,8	1,28
Circulación	13	1	1	13
Total área				14,64

Tabla 23. Duchas y Casilleros personal de operaciones

4.3.1.4.4. Oficinas administrativas

Las áreas que incluyen el edificio administrativo son Comercial, Administración, Sistemas. El número de colaboradores y oficinas asignadas son:

Zonas	#Personas	Oficinas	Cubiculo
Comercial	3	2	1
Administración	1	1	0
Sistema	1	0	1
Total	5	3	2

Tabla 24. Empleados en edificio por área.

Las dimensiones en metros por oficina y cubículo se describen en la siguiente tabla:

Tipo de Oficina	Largo	Ancho	Área m2
Gerencia	4	2,5	10
Jefatura	3	2	6
Cubiculo	2	2	4
Circulación pasillos			32
Total área Oficinas			52

Tabla 25. Dimensiones de oficinas y cubículos

La sección de oficinas también debe contar con otras facilidades mencionadas en la Tabla 26.

Todas las bodegas en el edificio deberán tener 2m². Se establece incluir 3 baños en el edificio. El mínimo de baños se calcula en base al número de personas, el establecido es de 1 baño por cada 20 personas, sin embargo, aunque el grupo máximo en el edificio, incluidos una estimación de visitantes externos por día no dé en número se asignó 1 baño femenino, 1 masculino y 1 para gerencia. Para el baño masculino es necesario sanitario y urinario y para el baño femenino solo es necesario urinarios por lo cual en la Tabla 26 se verán reflejadas las diferencias de las áreas.

El área que se requiere para los pasillos es la mitad del área total de las facilidades.

Facilidades en Oficinas	Área m2
Bodega para insumos y papelería	2
Bodega para archivos	2
Baño Gerencia	7,56
Baño femenino	3,6
Baño masculino	5,1
Pasillos (50% del total)	10,13
Total área	30,39

Tabla 26. Área total facilidades de oficinas administrativas

4.3.1.4.5. Oficinas liquidación

El área de liquidación es donde se recolecta el dinero del producto entregado al final del día. Constará de 2 áreas la primera es la sala de espera donde los choferes cuadraran el dinero versus las facturas antes de liquidar, y segundo de 1 cubículo para los cobradores o cajeros y un espacio para la caja fuerte.

Zonas	Largo	Ancho	Área m2
Sala espera	3	2	6
Cubiculos cajeros	2	2	4
Total área Oficinas			10

Tabla 27. Área de oficinas de liquidación

4.3.1.4.6. Cuarto de servidores y sistemas

Es el lugar físico donde se ubica el servidor central y todos aquellos equipos relacionados con los sistemas informáticos. Las dimensiones que actualmente maneja la empresa en Centros de distribución de la misma magnitud es de 6m²

4.3.1.4.7. Sala comercial

Ésta sala tendrá como finalidad realizar todas aquellas reuniones por parte de área comercial, administrativa o logísticas cuando lo requieran. Deberá albergar un máximo de 10 personas con un área de 1,5m² por persona. El área total requerida para la sala será de 15 m².

4.3.1.4.8. Comedor

Se define según el número de personas que se atiende. Actualmente se prevé un número de 13 empleados, pero debido al crecimiento en la operación y nuevos procesos se estima que en los próximos 5 años laboren 18 empleados aproximadamente.

Para cada comida del día se establecen 2 turnos de 30 minutos cada uno, por lo tanto, la capacidad del comedor será de:

$$\text{Puestos disponibles en comedor} = \frac{N^{\circ} \text{ de empleados} + N^{\circ} \text{ visitantes}}{N^{\circ} \text{ turnos}}$$

$$\text{Puestos disponibles en comedor} = \frac{18 + 5}{2} = 11,5$$

El área por persona asignada es de 2m², además hay un área asignada los implementos y equipos de cocina cuyas medidas se tomaron de los que actualmente maneja la empresa en centros de distribución de similar estructura (6m²).

Resultando así un área propuesto para el comedor de: 31m²

4.3.1.4.9. Cuarto de marketing para almacenamiento de material publicitario (POP)

El área está destinada para el uso del Jefe de Marketing o Coordinador de ejecución quienes realizarán visitas 1-2 veces al mes, mismo en el que se almacenarán los stocks e material publicitario, inflables, obsequios, ayudaventas, exhibidores, etc. Además, contará con un pequeño escritorio para el desarrollo de ciertas actividades propias del cargo.

El área estimada es de 8m².

4.3.1.4.10. Garita Guardianía

Pequeña zona donde se ubica el guardia quien controla las puertas de ingreso de vehículos y personal. Al ser un Centro de distribución pequeño en comparación a otros que mantiene la compañía, no manejarán el tablero de

monitoreo ni los sistemas contraincendios, por lo cual se establece un área de 2m².

4.3.1.4.11. Área de bomba y cisternas

En el presente proyecto solo determinaremos el tamaño del área para la colocación de las cisternas para el combate contra el fuego en caso de incendios. El análisis de los sistemas contraincendios completo no es temas que abarque el alcance del presente proyecto, ya que es un análisis de profundidad técnica. Según el Reglamento de Prevención, Mitigación y protección contra incendios, publicado en el registro oficial 114 del 02-abr-2009, se indica un mínimo de 13m³ Ésta cisterna se construye bajo tierra, pero sobre esta superficie no puede construirse ningún tipo de estructuras o permitir la circulación de vehículos. El cubo se conforma de 3,5m de ancho, 3,5m de largo y una altura de 1,5m

4.3.1.4.12. Área de equipos de frío

En este lugar se almacenarán el stock de equipos de frío que serán destinados a los diferentes clientes ya sea por instalación o reposición, actualmente la compañía dispone de 12 modelos de quipos de frío mismos que se pueden visualizar en la Figura 27. El socio distribuidor cuenta con 296 equipos de frío instalados en los clientes, los cuales se detallan en la Tabla 28, por políticas de la empresa se debe contar con un 6% de la cantidad de equipos de frío existentes para las eventualidades que surjan a partir de eso se calculará el área a necesitar, primero se define el peso para cada modelo según la cantidad instalada y se procede a multiplicarla por el valor total del aprovisionamiento,

luego se multiplica cada necesidad por las dimensiones en m², adicional se establece un área de circulación del 50% sobre el total. Obteniendo un resultado de 14,21 m²

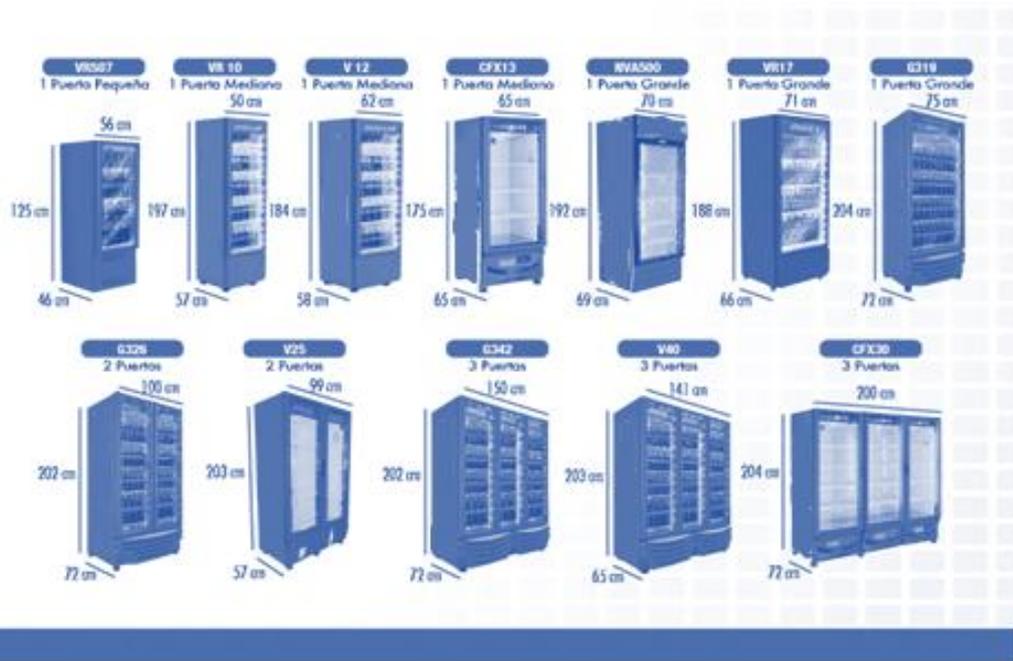


Figura 27 Modelos de equipos de frío
Fuente: Empresa

MODELO	CANTIDAD DE EDF	PESO	APROVISI ONAMIENTO	LARGO	ANCHO	ALTO	m2	AREA TOTAL
CFX13	16	5%	1	0,65	0,65	1,75	0,42	0,42
NVA 500	180	61%	11	0,69	0,7	1,92	0,48	5,31
V25	12	4%	1	0,57	0,99	2,03	0,56	0,56
VR10	27	9%	2	0,57	0,5	1,97	0,29	0,57
VRS07	19	6%	2	0,46	0,56	1,25	0,26	0,52
VR17	5	2%	1	0,66	0,71	1,88	0,47	0,47
G319	37	13%	3	0,72	0,75	2,04	0,54	1,62
Circulación (50% del Total)								4,74
Total	296	100%	18					14,21

Tabla 28. Área total para almacenamiento de EDF

4.3.1.5. AREAS FINALES REQUERIDAS

El área total requerida para el diseño se detalla en la Tabla 29.

Zonas Administrativas y complementarias	Área mínima requerida m ²	Ubicación
Área Total de almacenamiento en m ²	36,0	Bodega
Oficina operaciones	15,8	Bodega
Baño personal operaciones	5,1	Exteriores
Duchas y casilleros personal entrega	14,6	Exteriores
Oficinas Administrativas	82,4	Edificio administrativo
Oficinas de Liquidación	10,0	Edificio administrativo
Cuarto de servidores y sistemas	6,0	Edificio administrativo
Sala comercial	15,0	Edificio administrativo
Comedor	29,0	Edificio administrativo
Cuarto de Material POP	8,0	Edificio administrativo
Garita	2,0	Exteriores
Cisterna y bomba de agua	12,3	Exteriores
Area de Equipos de Frío	14,2	Exteriores
Total	250,3	

Tabla 29. área total requerida

4.3.2. ASIGNACIÓN FÍSICA DE LAS ÁREAS OPERACIONALES

Siguiendo con el proceso del diseño es necesario desglosar el proceso logístico en actividades y tareas para conocer el alcance de la operación dentro del centro de distribución y así realizar la distribución objetiva de los espacios requeridos, sabiendo que el área total de la ubicación propuesta es de 380m² y que el área de requerida es de 295,3m² quedarán 85m² de los que se podrán disponer ya sea para expansión u otras áreas complementarias necesarias.

Los procesos, actividades y tareas realizadas en el centro de distribución se incluyen en la Tabla 30.

Proceso	Actividades	Tareas
Recepción	Arribo de carga al almacén	Parqueo, revisión de seguridad, toma de datos de vehículo, conductor y guía de transporte.
	Recepción	Descargue de cajas en área de apertura, contrastación de la guía con la orden de pedido (totales)
	Revisión	Conteo físico y revisión a detalle de la orden de pedido. Desconsolidación y segregación por marca y formato
	Ubicación y Almacenamiento	Ordenamiento del producto según ubicación
Distribución	Pedidos de clientes	Recepción de los pedidos en el sistema Basis. Consolidación de pedidos, asignación de ruta de entrega y emisión de facturas
	Preparación de pedidos	Picking- segregación de pedidos por ruta, volumen y stock, localización del SKU, Recolección
	Revisión	Packing Revisión de SKU y cantidades, rotulación del bulto.
	Despacho y transporte	Cargue de camión de entrega
	Liquidación	Descargue de producto retornado, contrate con dinero recolectado y factura entregada.
	Logística	Conteo, verificación de daños en producto y reubicación del producto retornado.

Tabla 30. Procesos, actividades y tareas Operacionales

A continuación, primero se realiza un listado de cada actividad y las zonas físicas en la cual se ejecutarán dentro del centro de distribución, en segundo lugar, se detalla el listado de las zonas operacionales. Estos listados (Tabla 31, Tabla 32) son vitales para la aplicación del método del diagrama de relacionamiento que se empleará para describir la distribución física de cada área.

Actividades	Zona física Asignada
Arribo de carga al almacén	Patio
Recepción	Zona de Recepción y Despacho
Revisión	Zona de Revisión
Ubicación y Almacenamiento	Bodega-Racks de almacenamiento de productos
Pedidos de clientes	Oficinas Administración
Preparación de pedidos	Bodega-Racks de almacenamiento de productos
Revisión	Zona de Revisión
Despacho y transporte	Zona de Packing
Liquidación	Oficinas Administración-Liquidación-Operador
Logística	Patio

Tabla 31. Actividades y Zonas físicas

N°	Facilidades
1	Arrume negro temporal
2	Proceso de Recepción
3	Racks ubicaciones
4	Proceso packing
5	Proceso despacho
6	Oficinas operaciones, administracion y comercial
7	Operaciones en patio
8	Area de desechos solidos
9	Area Mecanica y automotriz

Tabla 32 Facilidades y Zonas de operación

4.3.2.1. DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE RELACIONAMIENTO DE ACTIVIDADES.

La empresa se encuentra formada por una serie de zonas que pueden o no relacionarse entre sí, ya sea por el flujo de información o de materiales, así como por la importancia de cercanía o adyacencia entre ellos (Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer Y. A., & Tanchoco, 2010).

Es por eso que usaremos el diagrama de relación de actividades que muestra la relación entre departamentos en base a un ranking por los flujos que hay entre ellos y en ocasiones en base a criterios especiales como convivencia, personal compartido o por limpieza.

El objetivo de desarrollo de las relaciones de actividad es comprender de manera cualitativa los requerimientos de proximidad entre las zonas.

Se sigue la siguiente metodología:

1. Enlistar en el diagrama todos los departamentos
2. Determinar criterios propios de importancia de la cercanía y la razón de esta. Para el presente proyecto las razones de proximidad se definen en la Tabla 33.

3. Llenar el diagrama. (Para las escalas definidas ver Anexo 6)

A continuación, se muestra el diagrama en la Figura 28.

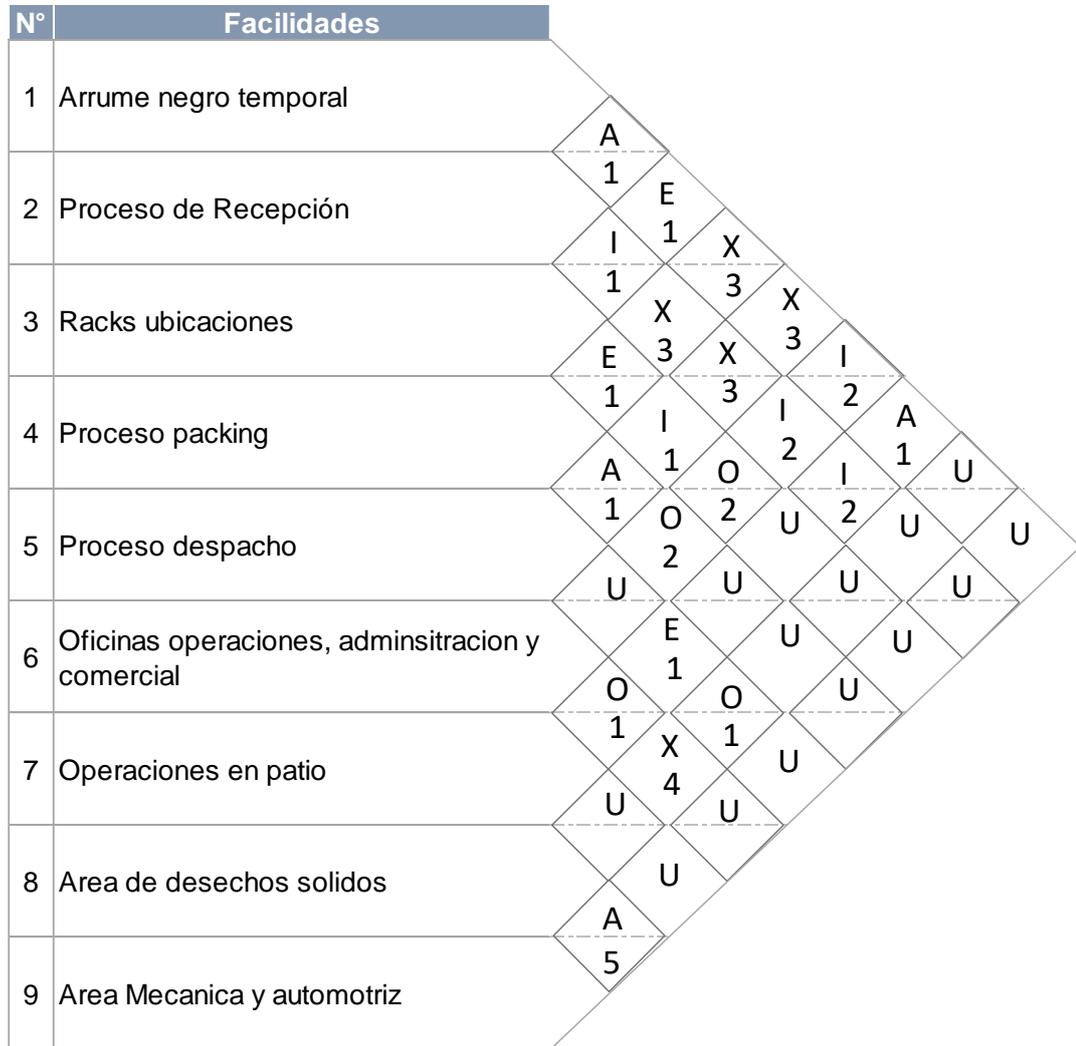


Figura 28. Diagrama relacional de actividades

Dentro de los pares de proximidad, los pares de actividades calificadas con U no se analizan con la tabla de razones de importancia puesto que son actividades o zonas indiferentes al resto.

Razones	Definición
1	Flujo de materiales
2	Supervision Directa
3	Control de inventario
4	Salud y seguridad
5	Espacio compartido

Tabla 33. Razones de Importancia

El diagrama arroja la proporción de calificación de cada relación las cuales ayudaran en la elaboración de la gráfica de relacionamiento, los resultados se muestran en la Tabla 34.

Importancia	Relaciones	Proporción
A	4	11%
E	3	8%
I	5	14%
O	4	11%
U	15	42%
X	5	14%
Total	36	100%

Tabla 34 Proporción de calificaciones de relaciones

En función de la matriz de relaciones se desarrolla la Tabla 35 que muestra las relaciones de un departamento con el resto de áreas.

Relaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	2,7	1		5	4		1	9	8
E	3		1,4	3	7				
I	6	3,6,7	2,5		3	1,2	2		
O			6	6	8	3,4,7	6	5	
U	8,9	8,9	7,8,9	7,8,9	6,9	5,9	3,4,8,9	1,2,3,4,7	1,2,3,4,5,6,7
X	4,5	4,5	1,2	1,2		8		6	

Tabla 35 Matriz relaciones entre áreas.

Al aplicar la matriz de relacionamiento mostrada con él código de líneas de la Tabla 36 se obtuvo la configuración en bloques descrita en la Figura 29.

Lineas	Tipo de relacion
	A
	E
	I
	O
	U
	X

Tabla 36. Código de líneas

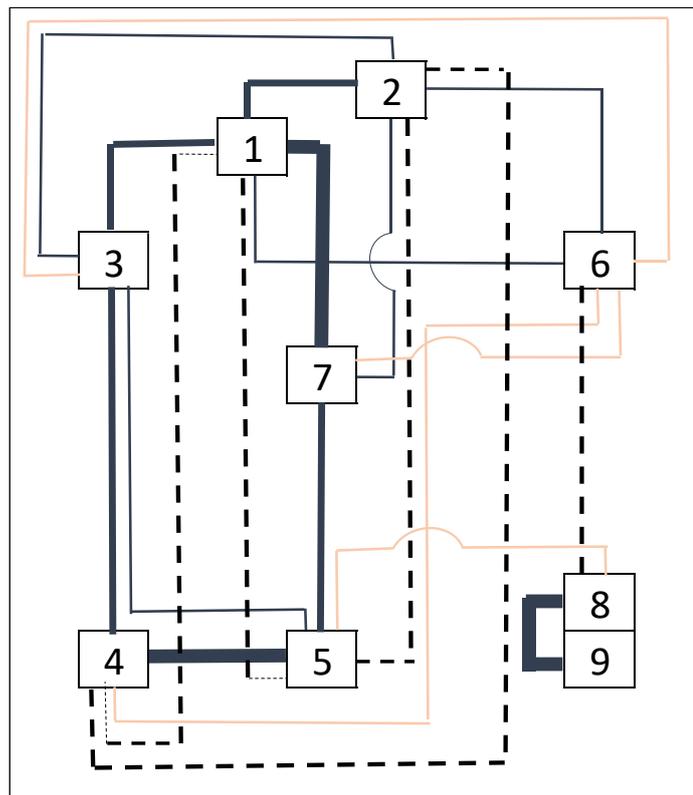


Figura 29. Diagrama de relacionamiento del almacén

Las figuras numeradas y las líneas de relación, brindan una idea inicial de la distribución física de las zonas dentro del centro de distribución; sin embargo, al conocer las áreas de las zonas requeridas se procede a graficarlos para tener una mejor idea en cuanto a las proporciones del plano requerido (Figura 30).

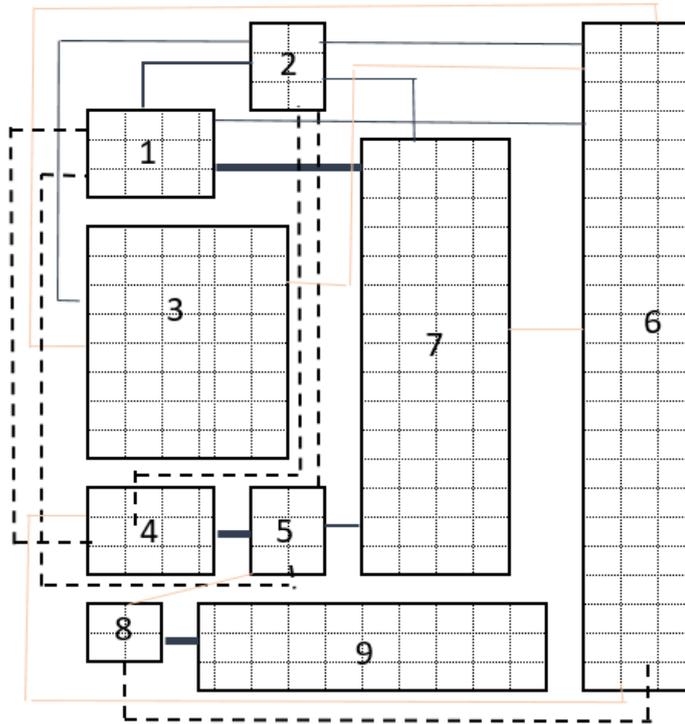


Figura 30. Diagrama de relacionamiento con tamaños proporcionales a las áreas requeridas.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. LOCALIZACIÓN

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 10. de evaluación de los factores ponderados, las alternativas B y C son mejores que la A, por lo cual ésta se rechaza. Entre los dos restantes hay una pequeña diferencia a favor de B, aunque no necesariamente es la decisiva. Vemos que la alternativa B tiene la ventaja principal la proximidad a los clientes, lo cual es un factor muy importante al momento de decidir, mientras que su desventaja está en el espacio a almacenar y la facilidad de ampliación con respecto a la alternativa C.

Sin embargo, si analizamos las proyecciones de la demanda a 6 años (Anexo 3) vs. el cálculo del área total de la bodega, el incremental en ventas, volumen de cajas no amerita más allá del área que ofrece la alternativa B.

Según el estudio de localización realizado se concluye que la mejor opción de localización bajo los parámetros establecidos, el método utilizado, los criterios evaluados y lugares seleccionados es la zona dentro del cantón Macará, por lo que los recursos se deben enfocar en la adquisición del lote sugerido.

5.2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

Características del producto:

Material - PET (polietileno de tereftalato)

Formatos: Personal / Familiar

Cantidad SKu's: 50

Tamaño - Mínimo 16 cm / Máximo 38 cm

Peso - Mínimo 0.3 kg / Máximo 3.07 kg

Vida Útil - 60 días-90 días

Conservación - Temperatura ambiente

Empaquetado - Multipacks de 6 a 24 botellas-Bultos-Cajas/Jabas

Índice de Rotación: 8,6 veces

Volumen máximo proyectado: 23000 cajas físicas mensuales.

Tamaños CEDIS	Volumen Cajas Mensuales
Pequeños	20.000 - 50.000
Medianos	50.001 - 150.000
Grandes	150.001 - 200.000
Extragrande	200.001 -en adelante

Tabla 37. Clasificación de los centros de distribución según el volumen de cajas.

Fuente: Empresa

Según las características de los productos a almacenar sin ninguna cualidad que amerite un sistema diferenciado, el nivel de volumen proyectado que dentro de la clasificación dada en las políticas de la empresa (Tabla 37) la ubica como un centro de distribución pequeño mismo que no debería general una inversión demasiado grande al emplear un sistema de almacenamiento muy sofisticado, el índice de rotación alto que por lo general suele generar demandas medias y altas pero muy frecuentes es necesario disponer de una gran accesibilidad y una alta velocidad de extracción. y el espacio con el que se cuenta 410 m²; el sistema

de almacenamiento que más se adecua a las necesidades de la empresa es el sistema selectivo o convencional.

5.3. DISEÑO PROPUESTO PARA EL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA Y ALMACENAMIENTO (LAYOUT)

Una vez definida la capacidad necesaria de almacenamiento según la demanda proyectada, la maquinaria que se empleará y el proceso operativo que se llevará a cabo en el centro de distribución como se muestra en secciones previas, se procedió a determinar el diseño de la instalación tomando en cuenta los factores ya mencionados.

Se inició todo el proceso definiendo claramente cuáles son las zonas que se debe considerar para la disposición de las instalaciones utilizando el procedimiento de planificación sistemática de la disposición (SLP), diagrama de relaciones (Figura 28), y diagrama de relaciones de espacio (Figura 30) se establece una disposición en bloques (Figura 29).

La determinación de las zonas fue anteriormente definida en la sección 4.3 y el flujo fue determinado de acuerdo a la observación del proceso actual.

Obteniendo como resultado las áreas totales para el diseño de la infraestructura del centro de distribución se muestran en la tabla a continuación:

Zonas Administrativas y complementarias	Área mínima requerida m2	Ubicación
Área Total de almacenamiento en m2	36,0	Bodega
Oficina operaciones	15,8	Bodega
Baño personal operaciones	5,1	Exteriores
Duchas y casilleros personal entrega	14,6	Exteriores
Oficinas Administrativas	82,4	Edificio administrativo
Oficinas de Liquidación	10,0	Edificio administrativo
Cuarto de servidores y sistemas	6,0	Edificio administrativo
Sala comercial	15,0	Edificio administrativo
Comedor	29,0	Edificio administrativo
Cuarto de Material POP	8,0	Edificio administrativo
Garita	2,0	Exteriores
Cisterna y bomba de agua	12,3	Exteriores
Area de Equipos de Frío	14,2	Exteriores
Facilidades		
Arrume negro temporal	9,6	Bodega
Proceso de Recepción	6,0	Bodega
Proceso packing	9,6	Bodega
Proceso despacho	6,0	Bodega
Operaciones en patio	73,0	Exteriores
Area de desechos solidos	4,0	Exteriores
Area Mecanica y automotriz	33,0	Exteriores
Total	391,5	

Tabla 38. Áreas finales para el diseño

En base a los cálculos de eficiencia, el flujo de los materiales e información el layout obtenido de la construcción en bloque. La Figura 30 muestra la distribución física general del CEDI propuesto.

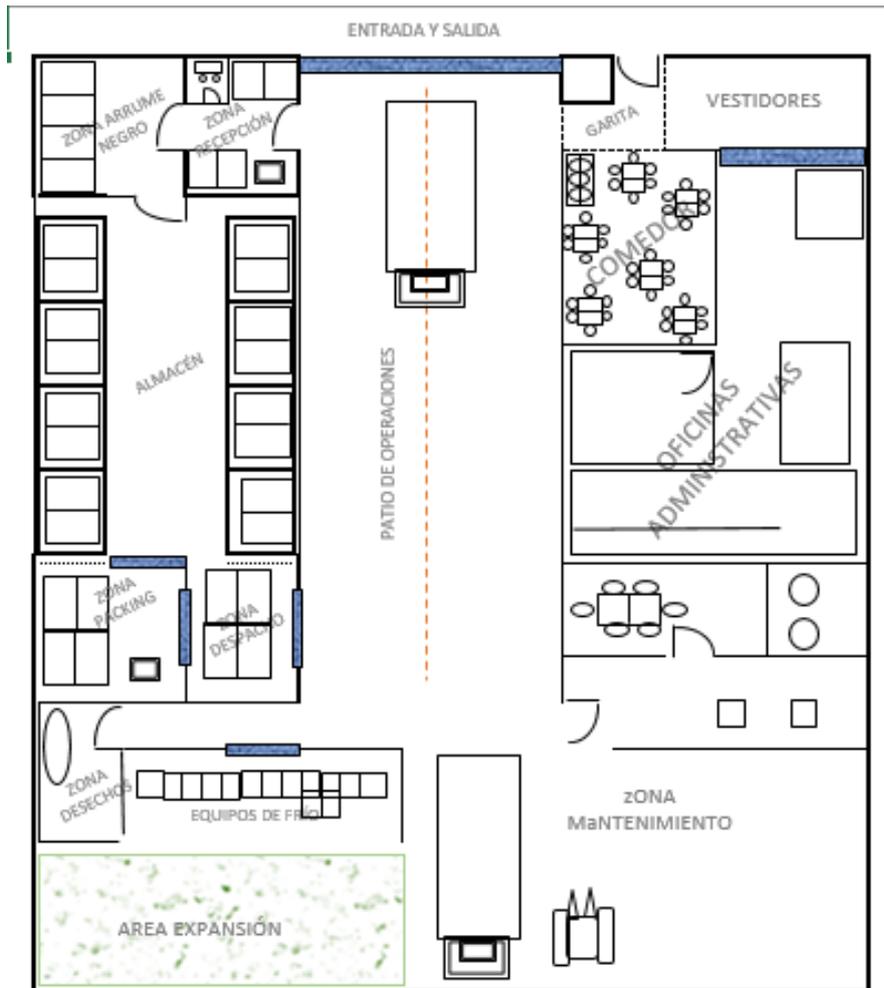


Figura 31. Esquema diseño final

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

El objetivo principal del proyecto fue lograr el diseño del almacén y establecer la localización adecuada para establecer el mismo. Para ello se realizaron las respectivas investigaciones y observaciones en situ, que permitieron obtener como conclusiones las siguiente:

- La zona dentro de la ciudad de Macará es la más idónea para la ubicación de las instalaciones al aplicar el modelo matemático del centro de gravedad y aun cuando la metodología de factores ponderados no brinda una respuesta óptima se aplicó para tener alternativas de propuestas a analizar, dando como resultado establecer el centro de distribución dentro de ciudad, pero adquiriendo un terreno propio. El terreno propuesto tendrá un área de 410m² y se encuentra en la Calle amazonas vía al Tamarindo, el terreno está destinado especialmente para uso agrícola, sin embargo, es apto para uso industrial; además que con servicios básicos de agua y energía eléctrica.

- El sistema de almacenamiento que más se adecua a las necesidades de la empresa es el sistema selectivo o convencional. Se decidió seleccionar este sistema analizando el tipo de producto que se comercializa la rotación del mismo y la gestión operativa que se maneja actualmente, además se estableció será un diseño de depósitos manuales debido al bajo volumen que se manejará en el centro de distribución ya que para centros automatizados es necesario contar con áreas grandes para que justifiquen una inversión de ese tipo. Con este sistema se obtiene un total control del stock, facilidad para gestionar el producto de forma unitaria y capacidad de adaptar los futuros formatos de producto.
- Para el proyecto se hizo uso del método SLP o diagrama de actividades que permite visualizar la relación entre las áreas y permite realizar un análisis cualitativo para el diseño de cada zona dentro de la instalación de ésta forma se logró definir una distribución general física del posicionamiento de cada área en el centro de distribución propuesto; además que mediante la proyección de la demanda a 6 años, se logró obtener la cantidad de palets y posiciones necesarias para abastecer la necesidad actual y futura para la respectiva definición del área de almacenamiento.

6.2. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones periódicas a procesos operativos y procesos administrativos para cuidar de la transparencia y buena ejecución de los mismos. De igual forma con las evaluaciones periódicas se pueden identificar las anomalías que se estén presentando y puedan ser corregidas de manera oportuna.
- Si transcurre mucho tiempo al momento de ejecutar el proyecto es recomendable evaluar otras alternativas en el tamaño del terreno que permitan tener oportunidad de expansión.
- Es necesario realizar un estudio de mejora de nivel de servicios en el que se incluyan tiempos, cantidad y calidad de productos despachados.
- Se recomienda no perder de vista o incluir en el análisis nuevos productos que pueden llegar a obtener un mayor volumen de venta en la operación con mayores márgenes de ganancia, como por ejemplo productos retornables.
- El presente proyecto da la apertura para otras líneas de investigación como la planificación de la operación de picking, establecimiento de procesos, simulaciones para optimización, viabilidad financiera etc. mismas que deberían analizarse para un mejor estudio de viabilidad del proyecto.

ANEXOS

ANEXO 1 CALCULO INSTALACIÓN DE NUEVA UBICACIÓN MEDIANTE MÉTODO DE L CENTRO DE GRAVEDAD

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n d_{ix} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

$$C_y = \frac{\sum_{i=1}^n d_{iy} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

Ubicaciones	X	Y	CLIENTES	dix*Vi	diy*Vi
Zapotillo	2,95	1,6	152	448	236
Puyango	2,35	2,5	85	200	216
Pindal	2,05	2,3	80	164	184
Celica	1,66	2,4	120	199	284
Macará	1,85	1,3	442	818	575
Sozoranga	1,55	1,8	34	53	61
		Σ	913	1881,8	1554,6

Cx	2,06
Cy	1,70

Ubicaciones	X	Y
Zapotillo	2,95	1,55
Puyango	2,35	2,54
Pindal	2,05	2,295
Celica	1,66	2,364
Macará	1,85	1,4
Sozoranga	1,55	1,8
Nueva Instalación	2,06	1,70

ANEXO 2 HISTORICO DE LA DEMANDA

Demanda Real		
Año	Mes	Demanda Cajas
2017	Jan	6.654
2017	Feb	10.296
2017	Mar	6.545
2017	Apr	5.370
2017	May	5.550
2017	Jun	9.465
2017	Jul	9.126
2017	Aug	9.179
2017	Sep	8.902
2017	Oct	11.118
2017	Nov	10.914
2017	Dec	10.300
2018	Jan	10.060
2018	Feb	10.296
2018	Mar	10.052
2018	Apr	11.002
2018	May	9.624
2018	Jun	9.573
2018	Jul	10.096
2018	Aug	13.250
2018	Sep	8.902
2018	Oct	11.074
2018	Nov	11.229
2018	Dec	9.958
2019	Jan	6.654
2019	Feb	3.925
2019	Mar	9.008
2019	Apr	11.588
2019	May	10.439
2019	Jun	7.783
2019	Jul	10.999
2019	Aug	13.286
2019	Sep	14.298
2019	Oct	11.806
2019	Nov	13.213
2019	Dec	15.047

ANEXO 3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MENSUAL

Demanda Proyectada		
Año	Mes	Demanda Cajas
2020	Jan	15.604
2020	Feb	16.729
2020	Mar	9.499
2020	Apr	12.220
2020	May	11.009
2020	Jun	8.208
2020	Jul	11.599
2020	Aug	14.012
2020	Sep	15.079
2020	Oct	12.451
2020	Nov	13.935
2020	Dec	15.869
2021	Jan	16.384
2021	Feb	17.565
2021	Mar	9.974
2021	Apr	12.831
2021	May	11.560
2021	Jun	8.619
2021	Jul	12.179
2021	Aug	14.712
2021	Sep	15.833
2021	Oct	13.073
2021	Nov	14.631
2021	Dec	16.662
2022	Jan	17.367
2022	Feb	18.619
2022	Mar	10.573
2022	Apr	13.601
2022	May	12.253
2022	Jun	9.136
2022	Jul	12.910
2022	Aug	15.595
2022	Sep	16.783
2022	Oct	13.858
2022	Nov	15.509
2022	Dec	17.662
2023	Jan	18.583
2023	Feb	19.923
2023	Mar	11.313
2023	Apr	14.553
2023	May	13.111
2023	Jun	9.775
2023	Jul	13.814
2023	Aug	16.687
2023	Sep	17.958
2023	Oct	14.828
2023	Nov	16.595
2023	Dec	18.898

Demanda Proyectada		
Año	Mes	Demanda Cajas
2023	Jan	18.583
2023	Feb	19.923
2023	Mar	11.313
2023	Apr	14.553
2023	May	13.111
2023	Jun	9.775
2023	Jul	13.814
2023	Aug	16.687
2023	Sep	17.958
2023	Oct	14.828
2023	Nov	16.595
2023	Dec	18.898
2024	Jan	20.070
2024	Feb	21.517
2024	Mar	12.218
2024	Apr	15.718
2024	May	14.160
2024	Jun	10.557
2024	Jul	14.919
2024	Aug	18.022
2024	Sep	19.394
2024	Oct	16.014
2024	Nov	17.923
2024	Dec	20.410
2025	Jan	21.876
2025	Feb	23.453
2025	Mar	13.318
2025	Apr	17.132
2025	May	15.434
2025	Jun	11.507
2025	Jul	16.262
2025	Aug	19.644
2025	Sep	21.140
2025	Oct	17.455
2025	Nov	19.536
2025	Dec	22.247
2026	Jan	22.095
2026	Feb	23.688
2026	Mar	13.451
2026	Apr	17.304
2026	May	15.589
2026	Jun	11.622
2026	Jul	16.424
2026	Aug	19.840
2026	Sep	21.351
2026	Oct	17.630
2026	Nov	19.731
2026	Dec	22.470

ANEXO 4 VENTA MENSUAL POR FORMATO

FECHA	FAMILIAR NO RETORNABLE	FAMILIAR RETORNABLE	Total FAMILIAR	PERSONAL NO RETORNABLE	PERSONAL RETORNABLE	Total PERSONAL	Total general
2017	42.554	399	42.953	52.047	8.420	60.467	103.419
2017/Jan	3.536	33	3.569	4.996	766	5.762	9.331
2017/Feb	3.518	26	3.544	4.659	651	5.310	8.854
2017/Mar	3.671	47	3.718	3.887	703	4.590	8.308
2017/Apr	3.640	24	3.664	3.701	672	4.373	8.036
2017/May	1.957	24	1.981	3.121	554	3.675	5.656
2017/Jun	3.186	28	3.214	3.394	586	3.980	7.194
2017/Jul	3.020	22	3.042	3.793	665	4.458	7.500
2017/Aug	4.440	38	4.478	5.314	824	6.138	10.616
2017/Sep	3.989	40	4.029	4.322	769	5.091	9.120
2017/Oct	3.696	51	3.747	4.817	813	5.630	9.377
2017/Nov	4.147	31	4.178	4.912	715	5.627	9.805
2017/Dec	3.754	35	3.789	5.131	702	5.833	9.622
2018	51.666	310	51.976	65.252	7.886	73.138	125.114
2018/Jan	4.410	36	4.446	4.813	801	5.614	10.060
2018/Feb	4.542	27	4.569	5.059	668	5.727	10.296
2018/Mar	4.302	31	4.333	5.061	658	5.719	10.052
2018/Apr	4.403	18	4.421	5.927	654	6.581	11.002
2018/May	3.942	36	3.978	5.072	574	5.646	9.624
2018/Jun	3.645	18	3.663	5.255	655	5.910	9.573
2018/Jul	4.178	18	4.196	5.243	657	5.900	10.096
2018/Aug	5.378	36	5.414	6.844	992	7.836	13.250
2018/Sep	3.555	18	3.573	4.798	531	5.329	8.902
2018/Oct	4.587	27	4.614	5.821	639	6.460	11.074
2018/Nov	4.475	27	4.502	6.197	530	6.727	11.229
2018/Dec	4.249	18	4.267	5.164	527	5.691	9.958
2019	49.705	841	50.546	72.405	5.094	77.499	128.045
2019/Jan	2.699	9	2.708	3.602	344	3.946	6.654
2019/Feb	1.537		1.537	2.193	195	2.388	3.925
2019/Mar	3.441		3.441	5.117	450	5.567	9.008
2019/Apr	4.885		4.885	6.388	315	6.703	11.588
2019/May	4.441		4.441	5.598	400	5.998	10.439
2019/Jun	3.310		3.310	4.248	225	4.473	7.783
2019/Jul	4.255		4.255	6.309	435	6.744	10.999
2019/Aug	5.739		5.739	6.947	600	7.547	13.286
2019/Sep	5.597		5.597	8.296	405	8.701	14.298
2019/Oct	4.079	400	4.479	6.682	645	7.327	11.806
2019/Nov	4.295	221	4.516	8.107	590	8.697	13.213
2019/Dec	5.427	211	5.638	8.919	490	9.409	15.047

ANEXO 5 PESO DE CADA FORMATO SOBRE EL TOTAL DE LA VENTA

FECHA	MIX FAMILIAR	MIX PERSONAL
2017	42%	58%
2017/Jan	38%	62%
2017/Feb	40%	60%
2017/Mar	45%	55%
2017/Apr	46%	54%
2017/May	35%	65%
2017/Jun	45%	55%
2017/Jul	41%	59%
2017/Aug	42%	58%
2017/Sep	44%	56%
2017/Oct	40%	60%
2017/Nov	43%	57%
2017/Dec	39%	61%
2018	42%	58%
2018/Jan	44%	56%
2018/Feb	44%	56%
2018/Mar	43%	57%
2018/Apr	40%	60%
2018/May	41%	59%
2018/Jun	38%	62%
2018/Jul	42%	58%
2018/Aug	41%	59%
2018/Sep	40%	60%
2018/Oct	42%	58%
2018/Nov	40%	60%
2018/Dec	43%	57%
2019	39%	61%
2019/Jan	41%	59%
2019/Feb	39%	61%
2019/Mar	38%	62%
2019/Apr	42%	58%
2019/May	43%	57%
2019/Jun	43%	57%
2019/Jul	39%	61%
2019/Aug	43%	57%
2019/Sep	39%	61%
2019/Oct	38%	62%
2019/Nov	34%	66%
2019/Dec	37%	63%

ANEXO 6 TIEMPO DIARIO DE REVISIÓN Y EMBALAJE POR MES

Mes	Tiempo total (min) de revisión de bultos (sin necesidad de procesar) por día	Tiempo total (min) de Revisión y embalaje productos segregados por día	Tiempo Total (min) packing por día	Tiempo disponible (min) día	Sobrepasa tiempo?
2019/Jan	9,8	138,9	148,7	240	No
2019/Feb	5,8	81,9	87,7	240	No
2019/Mar	13,3	188,0	201,3	240	No
2019/Apr	17,1	241,8	259,0	240	Si
2019/May	15,4	217,9	233,3	240	No
2019/Jun	11,5	162,4	173,9	240	No
2019/Jul	16,3	229,5	245,8	240	Si
2019/Aug	19,6	277,3	296,9	240	Si
2019/Sep	21,1	298,4	319,5	240	Si
2019/Oct	17,5	246,4	263,8	240	Si
2019/Nov	19,5	275,7	295,3	240	Si
2019/Dec	22,2	314,0	336,3	240	Si
Promedio	15,8	222,7	238,5	240	No

ANEXO 7 ESCALA DE PROXIMIDAD

CODIGO	DEFINICION
A	Absolutamente necesario que estos 2 departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin Importancia
X	No deseable

(Richard L. Francis et al, 1992)

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Ballou, R. H. (2004). *Logística* (5th ed.). México: Pearson Educación.
Recuperado el 11 de Junio de 2020
- Bartholdi John J., Hackman Steven T. (2019). *WAREHOUSE & DISTRIBUTION SCIENCE*. Atlanta, GA 30332-0205, USA.
- C. Poirier y S. Reiter. (1996). *Supply Chain Optimization: Building th stongest total business*. San Francisco: CA:Berrett-Koheler.
- Carro Paz R., González Gómez D. (2012). Localización de instalaciones. *Administración de las Operaciones*, 25.
- Correa Espinal A., Gómez Montoya R., Cano Arenas J. (Octubre de 210). Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Estudios Gerenciales*, 26(177), 171.
- De Koster R., & Balk B. M. (2008). Benchmarking and monitoring international warehouse operations in Europe. *Production and operations management*, 17, 175-183.
- Dulanto, M. & Benitez, A. (2005). Guía para la prevención de riesgos laborales en almacenamiento y apilado de materiales. *MAPFRE SEGURIDAD*, 6-8.
- González, R. M. (2010). *Marketing en el Siglo XXI* (5th ed.). España: Centro de Estudios Financieros. Obtenido de www.marketing-xxi.com
- J. Gu, M. Goetschalckx, y L.F. McGinnis. (Febrero de 2007). Reseach on warehouse operation:AComprehensive reiew. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1-21.

- J. J. Coyle, C. J. Langley, y E. J. Bardi. (2009). *Supply Chain Management* (8th ed.). The United States: Cengage Learning. Recuperado el 11 de Junio de 2020
- J. P. V. D. Berg y W. H. M. Zijm. (1999). Modelos for warehouse management: Classification and examples. *59*(1), 519-528.
- K. R. Gue & R.D. Meller. (2009). Aisle configurations for units-load warehouse. *IIE Transactions*, *41*(3), 171-182.
- Luis., M. G. (2011). *Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes*. Bogotá: ECOE.
- P. Baker y Z. Halim. (2007). An exploration of warehouse automation implementations: cost, services and flexibility issues. *12*(2), 129-138.
- Richard L. Francis et al. (1992). *Facility Layout And Location*. Person.
- RIEGER I., HINGS K. (2007). *SAB - DEPOT SET MANUAL*.
- Rouwenhorst B., Reuter B., Stockrahm V., Van-Houtum, G. J., & Mantel R. J. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, *122*, 515-533.
- S. Chopra, P. Meindi. (2008). *Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation* (3th ed.). Mexico: Pearson Educación. Recuperado el 12 de Junio de 2020
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer Y. A., & Tanchoco. (2010). *Facilities Planning*. Estados Unidos: John Wiley & sons, INC.