

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial
**Diseño del sistema de movimientos de materiales con equipos
autónomos en las bodegas de Coca-Cola Industrias, Liberia**

AUTOR

Ronny Alfaro Rodríguez

TUTOR

Ing. Freddy Hernández Barahona

LECTOR

Ing. Alejandro Leiva González

San José, noviembre, 2019

Dedicatoria

A Dios por encima de todo, a mis viejitos, que hicieron hasta el último esfuerzo por ponerme en este camino, a Cris por su apoyo y por forzarme a intentar ser mejor siempre, aun cuando ya no hay fuerzas y a mis amores, Dani y Santi por ser los motores de mi vida, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible...

Agradecimiento

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este momento, a mis papás, que con gran esfuerzo y lucha hicieron lo imposible por que estudiáramos, a Cris por empujarme y ayudarme hasta el cansancio a dar los pasos necesarios para llegar hasta aquí y a mis pequeñitos, a Dani y Santi, que son mi razón de vivir y ser un mejor ser humano.

Al equipo Stratum, mis amigos y compañeros en este viaje; porque sin su enorme apoyo nada de esto hubiera sido posible.

RESUMEN EJECUTIVO

Este proceso de investigación se desarrolla en Coca-Cola Industrias Limitada Liberia, una nueva planta de concentrados de la corporación Coca-Cola que ha invertido en un nuevo proyecto para la construcción de una planta en el condominio industrial Solárium, ubicado frente al aeropuerto Daniel Oduber.

Dentro de todo el proceso de desarrollo del proyecto, una problema particular surge en un área crítica para la operación, el área de almacenes; el corazón de la planta que alimenta con materia prima a las áreas de transformación de donde se obtiene ese valioso producto terminado, los sistemas de movimiento de materiales han cambiado hacia una plataforma tecnológica de punta, con equipos autónomos que movilizan la carga por las bodegas sin necesidad de operadores u personal a cargo, todo esto en un nuevo almacén de dimensiones espléndidas, que permitirá el crecimiento de la planta por los próximos 25 años.

Con el camino claro en términos de problemas y objetivos, este documento se moverá por dos capítulos hacia la teoría, en el primero al soporte teórico de las herramientas a utilizar, a buscar el soporte documental y de expertos que ha recorrido caminos similares en términos de desarrollo de este tipo de investigaciones y en el segundo a una discusión y análisis del marco metodológico de la investigación en curso, que permita encaminar los esfuerzos en la dirección correcta, aplicando las herramientas correctas.

El capítulo cuatro contempla el análisis de la situación actual, la fotografía de la situación aplicando una serie de guías que ayudan a focalizar la investigación para dar el paso hacia las conclusiones y recomendaciones del análisis.

El siguiente capítulo nos permite entrar en la aplicación de todas las herramientas que están sobre la mesa para el desarrollo del diagnóstico, que en este caso se compone de la recolección de información clave dentro de un modelo de análisis que genera un escenario simulado de la solución propuesta.

Una vez confirmada la hipótesis, puede proceder a realizarse la propuesta formal de solución al problema del análisis de los movimientos de los vehículos autónomos.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TUTOR.....	4
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA.....	5
DECLARACIÓN JURADA.....	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
Generalidades de la empresa.....	16
Ubicación geográfica.....	16
Misión.....	17
Visión.....	17
Organigrama.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Objetivos.....	20
Justificación.....	21
Antecedentes.....	23
Proyecciones.....	27
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	28
Planteamiento teórico.....	28
Conceptos generales.....	32
Almacén.....	32
Productividad, Eficiencia y Eficacia:.....	32
SAP:.....	32

AutoCAD	33
Herramientas para solución de problemas	33
Diagrama de Pareto.....	33
Diagrama de espina de pescado	34
Diagrama de Gantt	35
Diagrama de Espaguetei	36
Diagrama de flujo.	37
Herramientas para el desarrollo del diseño.....	38
Simulación	38
System Layout Plannig (SLP).....	39
Análisis PQ	39
Diagrama de Relaciones	40
Diagrama de espacios	41
Análisis Diagrama de espacios	41
Standard Operation Procedures.....	41
Herramientas de Análisis estadístico de datos	42
Definición del tamaño de la muestra	42
Fórmula para determinar el tamaño de la muestra.....	42
Muestreo estadístico.....	43
Herramientas para la evaluación económica del Proyecto	43
Razón beneficio/costo.....	45
Pasos para la elaboración de del análisis Costo/Beneficio.	46
El Valor Actual Neto (VAN).	46
Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).	47

	10
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	48
Enfoque	48
Enfoque Cuantitativo	48
Enfoque Cualitativo	49
Enfoque Mixto	50
Tipo de Enfoque por utilizar	51
Alcance	51
Alcance Exploratorio:	51
Alcance descriptivo:.....	52
Alcance correlacional:	52
Alcance explicativo.....	52
Diseño / método	53
Diseño experimental:	54
Diseño no experimental:	54
Muestra de la investigación	55
Variables o unidades de análisis	56
Instrumentos.....	57
Proceso para la Recolección de Datos	57
Método de análisis	58
Cronograma.....	58
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	60
Generalidades.....	60
Herramientas exploratorias	64
Análisis Diagrama flujo y proceso.....	64

	11
Análisis PQ	67
Análisis Diagrama de relaciones y Diagrama de espacios.....	68
Almacenaje de materia prima y envío a producción.....	70
Líneas de llenado y bodega de RM.....	71
Departamentos especialmente importantes.....	71
Departamentos importantes	71
Análisis Diagrama de Espagueti	73
Análisis Causa - Efecto.....	77
Simulación:	80
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
Conclusiones	81
Recomendaciones	82
CAPÍTULO VI PROPUESTA.....	84
Mano de obra	84
Método	85
Maquinas.....	88
Materiales.....	92
Simulación:	93
CAPÍTULO VI PROPUESTA.....	98
Propuesta.....	98
Simulación:	101
Análisis Económico	103
Plan de implementación	105
APÉNDICE 1 METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE ALMACENES	108

APÉNDICE 2 METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE ALMACENES (CONTINUA).....	109
APÉNDICE 3.....	110
GLOSARIO	110
REFERENCIAS.....	112

TABLAS

Tabla 1 Pasos y Herramientas para diseño de almacenes	31
Tabla 2 Tabla de variables	56
Tabla 3 Instrumento de captura de información	57
Tabla 4 Costo servicio Técnico E80	85
Tabla 5 Ficha técnica Reach	89
Tabla 6 Especificaciones Técnicas VNA.....	90
Tabla 7 tabla especificaciones materiales	92
Tabla 8 Datos esenciales	93
Tabla 9 Datos esenciales (continua)	94
Tabla 10 Movimientos diarios y promedio.....	95
Tabla 11 Acumulado simulación	96
Tabla 12 Acumulado simulación (continua).....	97
Tabla 13 Tabla maestra misiones CCI, Liberia	101
Tabla 14 Gastos no implementados LGV	103
Tabla 15 Costos de implementación proyecto	104
Tabla 16 tabla de proyecciones y memoria de calculo	105

FIGURAS

Figura 1 Vista aérea entrada este Coca-Cola Liberia.....	16
Figura 2 Logo misión CPS Liberia.....	17
Figura 3 Organigrama CPS, Liberia	18
Figura 4 Flujos Primarios Almacenes.....	19
Figura 5 Diagrama Pareto Movimiento Bodega CPS Liberia	34
Figura 6 Diagrama Gantt LGV E80.....	37
Figura 7 Simbología Diagrama de flujo.....	38
Figura 8 Gráfica PQ CCI	40
Figura 9 Tamaño de la muestra para poblaciones finitas.....	43
Figura 10 Rutas para la evaluación económica.....	44
Figura 11 Fórmula convencional de beneficio/costo	45
Figura 12 Fases del enfoque cuantitativo.....	49
Figura 13 Fases del enfoque cualitativo.....	50
Figura 14 Tipos de Enfoques mixtos por preponderancia	51
Figura 15 Estructura del diseño de investigación	54
Figura 16 Cronograma proyecto investigación.....	58
Figura 17 WBS investigación	59
Figura 18 Perspectivas Planta CPS, Liberia	61
Figura 19 Vista isométrica área almacenes.....	62
Figura 20 Vehículos autónomos LGV	63
Figura 21 Diagrama de proceso de alto nivel	64
Figura 22 Diagrama Flujo Movimientos almacenes CPS, Liberia	65
Figura 23 Diagrama Flujo Movimientos almacenes CPS Liberia (continua).....	66

Figura 24 Análisis PQ Familias productos CC	68
Figura 25 Regla dedo y motivos de relaciones	69
Figura 26 Diagrama de relaciones entre áreas CCI Liberia	70
Figura 27 Regla dedo y Motivos diagrama Espacios CCI, Liberia	73
Figura 28 Diagrama de espagueti CCI Liberia General.....	73
Figura 29 Diagrama de espagueti CCI Liberia flujo.....	74
Figura 30 Perspectivas área de Almacenes CCI, Liberia.....	75
Figura 31 Configuración almacenes vista planta	75
Figura 32 Layout áreas de almacenes CCI Liberia.....	77
Figura 33 Diagrama Causa-efecto Bodega CPS, Liberia.....	78
Figura 34 Dispositivos Seguridad LGV	84
Figura 35 Balance Full vs Parcial Materia Prima y Producto Terminado	87
Figura 36 Máximo y Promedio SKU	87
Figura 37 Distribución SKU por periodos de tiempo y subdivisiones	88
Figura 38 Profile checker.....	91
Figura 39 Segregación de asea bodegas por tipo vehículo	98
Figura 40 Entrenamiento E80 interacción LGV	99
Figura 41 Diagramas de flujo de materiales y PT.....	100
Figura 42 Gantt proyecto E80.....	107

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación tiene como finalidad desarrollar el sistema de movimientos de materiales en las bodegas de la nueva planta de concentrados de Coca-Cola Industrias, ubicada en Liberia, Guanacaste. Estas bodegas, parte de las nuevas instalaciones, tienen el propósito de almacenar todas las materias primas requeridas para la manufactura de los concentrados, así como el producto terminado que se envía a los clientes.

Todos los materiales que se manejan dentro del área de bodegas en tarimas de madera, que se colocan dentro de sistemas de almacenamiento tipo rack por medio de equipos de manejo de carga, que para esta nueva instalación; son equipos autónomos guiados por láser. Estos equipos, trabajan por medio de algoritmos y rutas programadas. Estas rutas dependerán de los flujos de materiales dentro de los almacenes, establecidos por las necesidades operativas de la planta.

La investigación gira en torno a esta necesidad, definir los flujos de materiales entre las distintas áreas de la planta, todo dentro del proceso de transformación de materiales, para diseñar las rutas y los movimientos requeridos para que estos equipos autónomos realicen de manera eficiente la tarea de transporte de carga dentro de los almacenes y en los procesos relacionados con esta importante área.

Este análisis es de suma importancia para la planta, ya que permitirá brindar visibilidad a la organización sobre la capacidad requerida dentro del proceso como un todo, contrapuesto a la capacidad real obtenida por la compra de estos equipos. Esta información, permitirá definir los siguientes pasos y la estrategia a futuro en términos específicos de movimiento de materiales y de manera integral del área de almacenes como elemento clave del sistema de producción.

La línea de investigación del proyecto corresponde al diseño y desarrollo de los flujos de proceso requeridos para movilizar materiales dentro de los almacenes por medio de las rutas o misiones que realizaran los vehículos autónomos. Esta automatización del proceso de movimiento de materiales dentro de las bodegas con equipos guiados por láser no ha sido utilizada previamente en el sistema de Concentrados Coca-Cola y según el proveedor de los equipos, es la primera implementación de este tipo de tecnología en el país y la región.

En el capítulo I se hará una breve reseña de las generalidades, planteamiento del problema y objetivos, el capítulo II estará enfocado en determinar el marco teórico de las herramientas utilizadas para el análisis, así como el marco metodológico de la investigación será detallado en el

capítulo III. El capítulo IV proveerá información del análisis de la situación actúa de donde se podrán obtener las conclusiones y recomendaciones de diseño, capituladas en el apartado V, de donde se brindará una propuesta de diseño en el capítulo VI.

Generalidades de la empresa

Coca-Cola ha tenido presencia en Costa Rica desde 1965, con la construcción de la planta de concentrados ubicada en San José. Esta planta, ubicada en La Uruca ha operado por 64 años abasteciendo el mercado centroamericano y del caribe. En 2017, la compañía toma la decisión de movilizar la planta a una nueva facilidad que le brinde más flexibilidad en términos de espacio para crecimiento. Así nace el proyecto Stratum, que desarrollo la construcción de la nueva planta de concentrados. En la figura 1 se puede observar la entrada este del complejo.

Ubicación geográfica

La planta de concentrados Coca-Cola Liberia está ubicada en la provincia de Guanacaste, en el cantón de Liberia, aproximadamente a 12 kilómetros del centro de esa localidad, construida en el

Figura 1 Vista aérea entrada este Coca-Cola Liberia



Nota: Fotografía aérea suministrada por Edica

condominio Industrial Solárium, un desarrollo ubicado frente al Aeropuerto Internacional Daniel Oduber. El terreno que alberga la planta tiene un área aproximada de 103 mil metros cuadrados de

terreno. La planta operara dentro del régimen de zonas francas de Costa Rica, abasteciendo con sus exportaciones a México, Centroamérica, el Caribe y Suramérica a partir de 2020.

Misión

“CPS Liberia, People, Passion & Excellence creating our future”

“CPS Liberia, Gente, Pasión & Excelencia creando nuestro futuro”

En la figura 2 se puede observar el logo de la planta, que también es su misión

Figura 2 Logo misión CPS Liberia



Nota: tomado de KOnexión Liberia primera edición

Visión

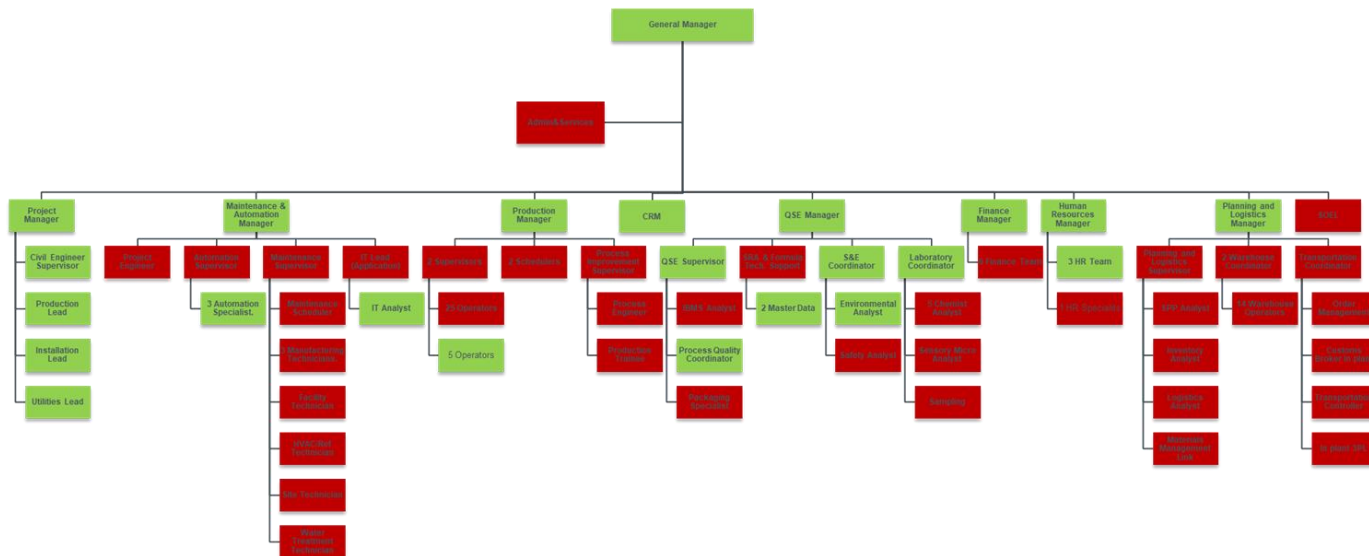
“Become the preferred supplier for Beverages for Life”

“Convertirse en el proveedor preferido de Bebidas para la Vida”

Organigrama

La operación de CPS Liberia está considerada para iniciar operaciones con 120 colaboradores, distribuidos en varios departamentos, encabezados por la gerencia general. En la figura 3 se puede observar el organigrama de la planta de Liberia.

Figura 3 Organigrama CPS, Liberia



Nota: Suministrado por Recursos Humanos CPS, Liberia

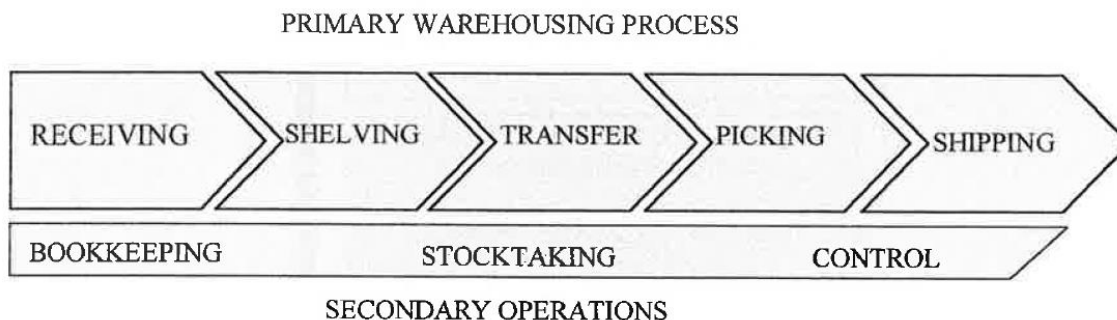
Planteamiento del problema

En la industria globalizada de hoy en día, Coca-Cola compite por un posicionamiento de mercado feroz, en el que la eficiencia y el costo son factores claves para el éxito antes los accionistas y los consumidores. La cadena de suministro es la columna vertebral del negocio de manufactura y venta de concentrados.

El nodo neurálgico de la cadena de suministro de CPS Liberia es el área de almacenes, donde los movimientos de materiales son claves para que los eslabones previos y posteriores funcionen adecuadamente.

De acuerdo con Rouwenhorst, “La mayoría de los flujos de materiales desde cliente a proveedor siguen una secuencia de procesos, denominados procesos de flujo de material: recepción, ubicación, almacenaje, preparación y expedición” (Rouwenhorst, 2000) y con base en esta premisa del entendimiento del flujo de materiales, también se pueden inferir los posibles desperdicios asociados a cada etapa del flujo de almacenes en CPS Liberia. La figura 4 muestra de manera gráfica la configuración de estos procesos.

Figura 4 Flujos Primarios Almacenes



Nota: (Aminoff, 2002) página 20

Los procesos de recepción pueden generar daños a la carga asociados a manejo inapropiado de las mismas, que en particular manejo de ingredientes para alimentos, significa la pérdida completa de la mercancía por riesgos de contaminación. La ubicación y almacenaje incorrecto de carga pueden ocasionar pérdidas de materiales ya que la bodega cuenta con más de 22 mil posiciones paletas y extraviar un material si no se cuenta con los controles adecuados es muy probable. Así mismo el incorrecto almacenaje de una carga de acuerdo con sus características puede generar pérdidas sobre la mercancía, como por ejemplo almacenar una pulpa que requiere congelación en una bodega fría o inclusive poner en riesgo las instalaciones, al almacenar un producto inflamable en condiciones no adecuadas.

La preparación y expedición, aunque al final de la cadena, no dejan de tener impactos económicos enormes, el confundir materiales en un embarque de concentrados, que tarda tres semanas en llegar a destino, puede significar un desabastecimiento de mercado al fallar la planta en entregar el concentrado correcto.

Según la Chackelson en el flujo de materiales “actúa al menos al menos uno de los tres elementos básicos de las operaciones logísticas (material, mano de obra o máquina)” (Chackelson, 2013) que para el caso de los almacenes en estudio habrá interacciones entre materiales y máquina. Siendo estas máquinas los equipos de carga autónomos que analizaremos más adelante.

Es claro que los movimientos de materiales son críticos dentro del engranaje del almacén y la planta de concentrados, adicionalmente, la maquinaria utilizada para estos movimientos es recurso muy costoso y limitado, por lo que debe ser utilizado de la manera más eficiente o en definitiva impactara el engranaje de la cadena de abasto de manera negativa. Por la complejidad del

funcionamiento de un sistema autónomo, que interactúa de manera completamente automática dentro de la bodega, se deben considerar muchos aspectos dentro del diseño del modelo, los principales son la infraestructura del edificio, tomando en cuenta área disponible, alturas, tamaños de pasillo y planicidad del piso, los métodos de trabajo, por ejemplo los flujos de materiales y las interacciones con procesos manuales de despacho y recibo y con áreas automatizadas como las líneas de llenado, el factor de diseño de los equipos, a mencionar los racks; con más de 20 mil posiciones paleta disponible y su interacción automática con los montacargas autónomos. Por todo lo anterior se plantea el siguiente problema:

¿Como diseñar el sistema de movimientos de materiales con equipos autónomos en las bodegas de Coca-Cola Industrias Liberia por medio de herramientas de simulación para determinar la configuración de flujos y equipos de mayor productividad?

Objetivos

Objetivo general

Diseñar el sistema de movimientos de materiales con equipos autónomos en las bodegas de Coca-Cola Industrias Liberia por medio de herramientas de simulación para determinar la configuración de flujos y equipos de mayor productividad

Objetivos específicos

Definir el flujo de entrada y salida de materiales y producto terminado dentro de las bodegas de almacenamiento

Medir la magnitud del problema por medio de recolección de datos relevantes y las interacciones clave entre las áreas de almacenamiento para definir las variables de análisis.

Analizar las variables identificadas y su impacto dentro de la problemática identificada, con lo cual se podrá determinar los puntos diseño y mejora del sistema.

Desarrollar la propuesta de movimiento de materiales por medio del uso de los equipos autónomos para el área de almacenes.

Justificación

En la planta de concentrados de San José, como en el resto de las 21 plantas del sistema; actualmente se utilizan sistemas convencionales de movimiento de materiales, montacargas y carretillas operadas por personal que recibe instrucciones impresas en documentos descargados de SAP.

Todos los movimientos desde los contenedores de recibo, hacia los almacenes y después a las áreas de manufactura para su conversión a producto terminado que regresa al almacén para posteriormente cargarse en un contenedor que lo transportara al cliente final se realizan con equipos de manejo de carga.

Adicionalmente los sistemas de almacenamiento de materiales son de alta y mediana selectividad, lo que por naturaleza los hace de baja o mediana densidad de almacenamiento, ya que la configuración de inventarios y movimiento de materiales en pequeños lotes, requerida por la vida útil de las mercancías, hace que sistemas de almacenamiento de alta densidad no sean una opción adecuada, ya que generaría muchos movimientos de desperdicio para acceder a los materiales requeridos de quedar en la parte interna de estos sistemas de almacenamiento.

Los sistemas de manejo autónomo de materiales o LGV, cuentan con una serie de beneficios que justifican la inversión en equipos de este tipo por las siguientes razones:

Operación: Los equipos convencionales requieren de operadores, estos operadores trabajan 8 horas, y como es bien conocido las curvas de eficiencia entre personas realizando la misma tarea o inclusive la misma persona realizando la misma tarea durante un tiempo son muy variables. Los operadores requieren tiempos de comida y descanso, así como vacaciones e incapacidades. Las curvas de aprendizaje para operadores de equipos de este tipo pueden ser de hasta 1 000 horas y también se requiere un sistema de gestión de licencias, puntos, multas y capacitación. Los equipos LGV pueden operar 24/7, adicionalmente autogestionan su carga, mantenimiento y fallas.

Instrucciones: los operadores de equipo convencional requieren de un sistema de gestión y recursos que revisen los requerimientos de inventario, impriman las ordenes de alisto y las compartan a los operadores. Estos con base en su conocimiento de la planta y las ubicaciones de las mercancías

dentro del almacén establecen la ruta “más conveniente” para trabajar en la orden de alisto suministrada.

El sistema de control de los LGV unifica todas las ordenes de alisto y por medio de algoritmos establece las rutas más eficientes y la envía a los LGV que trabajan en grupo para realizar movilizar las cargas.

Manejo de mercancías: los operadores, incluso los más entrenados eventualmente generan daños a las mercancías o a las instalaciones por errores de operación, generando daños que en el caso de la planta pueden ser de alto impacto económico por los elevados precios de las materias primas y el producto terminado. Los LGV eliminan el factor humano y el riesgo de daño a la carga o las instalaciones.

Espacio de bodega: Los equipos convencionales de carga requieren distancias cercanas a los 4 metros de pasillo entre racks para realizar el giro requerido para movilizar carga dentro y fuera de la estructura. Adicionalmente a esto, equipos capaces de acceder a más de 4 niveles de rack son muy difíciles de maniobrar por la altura y construcción del mástil para alcanzar estas alturas de almacenamiento. Los LGV, por su configuración requieren pasillos de 2 metros y pueden acceder fácilmente los 12 metros de altura. El uso de estos equipos reduce en casi un 40% la huella requerida para una bodega convencional, con un 100% de selectividad.

Evidentemente todos estos beneficios no vienen sin un precio asociado, el valor de los equipos de manejo autónomo es en promedio 5 veces superior al valor de un equipo convencional y genera nuevas necesidades en términos de mantenimiento y operación mucho más calificada y especializada.

Por lo anteriormente mencionado, es de mucha importancia para la planta de concentrados, establecer el más correcto y eficiente sistema de movimiento de materiales dentro de la bodega, asegurando la cobertura adecuada de equipos autónomos para realizar los movimientos necesarios para asegurar el funcionamiento de la planta sin exceder el número de equipos estrictamente necesario para la operación, esto por su elevado costo.

La nueva planta de Liberia fue desarrollada desde cero, con una configuración muy distinta a la planta de San Jose en términos de ubicación de las áreas. Adicionalmente las dimensiones de la

nueva planta son mucho mayores por lo que determinar los flujos y rutas más idóneas de los materiales es clave para el aprovechamiento de los equipos y las áreas.

Antecedentes

El sistema de almacenamiento de Coca-Cola Industrias Liberia, albergará más de 22 mil posiciones paletas de materia prima y producto terminado, esto significa más de 33 mil toneladas de carga dentro de los almacenes con cifras económicas en el rango de los 5 a 10 millones de dólares. Por lo anterior y según lo mencionan Correa, Gómez, Rodrigo, Cano (2010) los objetivos de la gestión de almacenes buscan:

Los objetivos buscados con la gestión de almacenes son: Minimizar: · El espacio empleado, con el fin de aumentar la rentabilidad. · Las necesidades de inversión y costos de administración de inventarios. · Los riesgos, dentro de los cuales se consideran los relacionados con el personal, con los productos y con la planta física. · Pérdidas, causadas por robos, averías e inventario extraviado. · Las manipulaciones, por lo cual los recorridos y movimientos de las personas, equipos de manejo de materiales y productos, deben ser reducidos a través de la simplificación y mejora de procesos. · Los costos logísticos a través de economías de escala, reducción de faltantes y retrasos en la preparación de despachos. Maximizar: · La disponibilidad de productos para atender pedidos de clientes. · La capacidad de almacenamiento y rotación de productos. · Operatividad del almacén. · La protección a los productos. (Correa, 2010) [sic]

Los sistemas convencionales de almacenamiento, al igual que casi todas las áreas productivas; están encontrando nuevas maneras de ser más eficientes, como lo indican Calsina, Campos, Raez (2009) en el artículo Sistemas de almacenamiento logísticos modernos:

Los almacenamientos tradicionales, cuyos sistemas están muy difundidos y accesibles por sus costos de adquisición, están siendo desplazados por los automatizados, en vista de la mayor rapidez que ofrecen. La creciente necesidad de contar con el espacio físico, que se hace inaccesible en el sistema tradicional, obliga a los empresarios a optar por los sistemas

de almacenamiento en donde el espacio físico aéreo es bien aprovechado (Willy Hugo Calsina Miramira, 2009)

Para el análisis se tomarán en cuenta los datos de todos los movimientos desde el ingreso de toda la materia prima por el área de recibo hasta la salida del producto terminado por el área de despacho, con todos los movimientos internos entre almacenes y producción para el periodo 2018 para la planta de San José.

Se evaluará el periodo enero a diciembre del 2018 por tres razones:

- Confidencialidad de la información: la corporación considera la información de volumen de ingreso de mercancías y despachos de producto terminado como información altamente sensible y clasificada. Un periodo mayor a 12 meses podría brindar información de tendencias de crecimiento de negocio que son confidenciales y no sería posible realizar el proyecto.
- Cantidad de información: el reporte maestro para el 2018 muestra más de 200 mil líneas de movimientos, más de 4 mil movimientos promedio por semana, por lo que revisar un periodo mayor a 12 meses se vuelve inmanejable.
- El reporte de 2018 es la fotografía más exacta de la realidad de la planta de San José, el año 2019 no refleja la realidad de la planta en términos de volumen de movimientos, ya que es el año de transición de volúmenes entre las plantas, lo que requiere aumentos de volumen para construcción de inventarios y al final del año reducciones drásticas en líneas de proceso que serán absorbidas por la planta de Liberia.

Según Chackelson (2013) “Los principales problemas afrontados a la hora de diseñar un almacén son: la selección de medios, equipos y sistema en base a requisitos de rendimiento.” Tema base del proyecto a presentar, donde se desarrolla el análisis la información disponible. Siguiendo a la autora menciona que” Luego le siguen las 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”. (Chackelson, 2013) que según esta propuesta generará un modelo de movimientos.

La tecnología propuesta si bien es cierto nunca ha sido usada en el sistema de plantas de concentrado del sistema Coca-Cola, no representa un experimento ni mucho menos una tecnología en desarrollo. En América; principalmente en Estados Unidos, Colombia y Chile se han

desarrollado proyectos exitosos bajo este modelo de manejo autónomo de almacenes de embotelladores del sistema. Los autores Villarreal, Arango, Moreno (2012) hacen referencia al desarrollo de este tipo de tecnología y su valor agregado:

“Teniendo en cuenta que en Colombia se ha incrementado de manera notoria las grandes superficies o bodegas en las diferentes zonas francas del país, donde llega una gran variedad de productos de diferentes partes del mundo, y para el óptimo funcionamiento de estos lugares se requieren realizar tareas de vital importancia como la toma de inventario de la mercancía y tener conocimiento de la ubicación de ésta dentro de la bodega. Por esta razón el uso de nuevas tecnologías se hace indispensable para el desarrollo de tareas monótonas y peligrosas dentro del proceso que se adelanta en la realización de inventarios o ubicación de los productos en una bodega” (Villarreal, Arango, & Moreno, 2012)

Los autores continúan su análisis haciendo énfasis en los beneficios económicos y de manejo de personal:

“La automatización de estos procesos permite economizar costos en cuanto a la manipulación de la mercancía y la contratación de personal adicional para labores repetitivas, de la misma forma abre campo dentro de la logística para la implementación de nuevas tecnologías.” (Villarreal, Arango, & Moreno, 2012)

Según Aminoff, la eficiencia de la bodega está fuertemente relacionada a la estructura de las ordenes, también menciona entre sus conclusiones que el uso del espacio y los procesos eficientes de alisto de pedidos determinan la eficiencia de la bodega y que algunas de las maneras de mejorar esta eficiencia son el uso de métodos adecuados de trabajo y automatización de procesos. (Aminoff, 2002)

En términos de cadena de suministro, el engranaje adecuado del almacén y los movimientos es muy importante y depende de los flujos de materiales como se ha mencionado pero también de los flujos de información, como lo indica Hernández “La estructura dinámica de la Cadena de

Suministro (CS) se caracteriza por tres flujos importantes que enlazan a sus agentes: el flujo de información, el flujo de componentes y el flujo financiero.” (Hernández, 2014)

En el caso de los almacenes en estudio, el ERP utilizado es SAP, sistema de control ampliamente utilizado a nivel global para manejo de información que según lo indica Para muchos autores, la integración en la cadena de suministro genera múltiples beneficios, como lo menciona González (2016):

Para muchos autores, la integración en la cadena de suministro genera múltiples beneficios, tanto económicos como operativos. De hecho, se considera necesaria la integración de los sistemas de información de una empresa con los agentes comerciales con los que se relaciona ya que, de lo contrario, se daría lugar a ineficiencias que tendrían un impacto negativo sobre los resultados empresariales. De esta forma, una empresa integrada con los proveedores y los clientes de su cadena de suministro podrá experimentar notables mejoras que se traducen, principalmente, en una disminución generalizada de los precios y costes de transacción, menores costes asociados a inventarios y mayores niveles de flexibilidad y rapidez. Además, se ha constatado también que cuanto más estrecha y sólida es la coordinación de las organizaciones en la cadena de suministro, mayores son los beneficios derivados de esa integración (Gonzálvez, 2016)

Al final, el objetivo que persigue la organización es tener bajos costos, que le permitan tener ventajas a nivel competitivo con el mercado, sin perder de vista que el almacenamiento y los materiales dentro del almacén son costos flotantes muy elevados que representan porcentajes muy altos del producto, según datos proporcionados por García (2018)

Otra área de oportunidad para obtener una ventaja competitiva por parte de las empresas es la que se relaciona con la administración de su cadena de suministro, ya que algunas veces el costo de transporte y logística de los materiales de un producto representa hasta el 70% del costo de producción (García, 2018)

Por la parte de equipos, los equipos autogobernados, similares montacargas, pero que no requieren operador a bordo, de donde Batista (1998) indica:

Un AGVS es un sistema que maneja material y que es operado en forma independiente, es autopropulsado y su tarea consiste en seguir trayectorias en un espacio de trabajo

determinado. Estos vehículos son autónomos durante ciertos períodos de tiempo ya que la energía que consumen es generada por bancos de baterías que llevan consigo. Por lo general, estos vehículos son guiados por cables en el piso, por pintura reflejante o incluso rieles. Obviamente, esta característica los hace dependientes de sensores específicos. (Bautista, 1998)

Para finalizar esta sección, es clave indicar que la selección de equipos, de acuerdo con las características del almacén y los materiales por movilizar es un punto clave del diseño como lo menciona Posada (2012) en su análisis de los aspectos a considerar en la selección de equipos de movimiento de cargas:

Una buena selección de estos equipos permite mejorar notoriamente la gestión de almacenamiento y se incrementan los indicadores que miden los tiempos de orden y de surtido de los materiales desde y hacia las diferentes posiciones de almacenamiento. Por otro lado, también se deben tomar en cuenta los sistemas de almacenamiento con los que se cuenta, para evaluar si se alcanza una buena gestión del centro de distribución. Esta evaluación se hace igualmente de acuerdo con el perfil de actividad de los productos y el tipo de sistema de almacenamiento que se está utilizando (Posada, 2012)

Proyecciones

Definir el sistema de movimientos requerido con base en los requerimientos actuales de movimientos de materiales en las bodegas.

Formular el modelo del sistema por medio de la definición de variables, relaciones y flujos de materiales de las bodegas.

Recolectar los datos requeridos por el modelo para producir resultados por medio de análisis de tendencias e históricos.

Implementar el modelo de simulación por medio de herramientas informáticas para procesamiento y generación de resultados.

Verificación del sistema modelado para asegurar que cumple con los requisitos de diseño por medio del método definido de validación.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como finalidad brindar información teórica de los conceptos por ser aplicados durante este estudio para la recopilación de datos, análisis y generación de propuestas. Se han identificado las posibles herramientas a utilizar dentro del proceso de estudio para determinar de manera científica las posibles causas del problema y sus soluciones, brindando sustento teórico al proceso de investigación y ayudara a mantener enfocada la línea de investigación propuesta para la resolución del problema. Como lo menciona Hernández (2014) “la perspectiva teórica proporciona una visión sobre dónde se sitúa el planteamiento propuesto dentro del campo de conocimiento en el cual nos “moveremos”. (Hernández S. R., 2014) Este capítulo desarrolla, de manera teórica, dos apartados básicos a utilizarse en el transcurso de esta investigación:

- Una fundamentación teórica sobre la propuesta de diseño de almacenes a utilizar, que es una síntesis de varias propuestas existentes y de la que también se proponen las herramientas de diseño a utilizar.
- Desglose de herramientas para la solución de problemas, separada entre herramientas exploratorias, de registro y análisis y herramientas cualitativas.

Planteamiento teórico

En términos teóricos, hay mucha literatura disponible sobre el diseño de almacenes y los pasos a seguir para realizar esta tarea, grandes autores tienen muchas décadas de haber establecido las bases la ruta a seguir para realizar un adecuado diseño del almacén. Los autores Peter Baker y Marco Canessa han realizado un trabajo espectacular de síntesis de los autores más reconocidos en su investigación titulada Diseño de almacén: un enfoque estructurado.

Este documento, publicado en 2009 por la Revista Europea de Investigación Operativa, realiza un compendio de los libros, autores y expertos de referencia obligatoria en la materia para definir los pasos por seguir para el diseño de un almacén. Este documento será usado en esta investigación como la columna vertebral para definir los pasos por seguir y las herramientas a utilizar dentro del proceso de diseño de los movimientos del almacén de CPS Liberia.

Los autores buscaron establecer un marco metodológico de pasos para el diseño de un almacén, valorando los resultados de conjugar la literatura con referencias de compañías dedicadas al diseño de almacenes según indican:

El resultado es un marco general de pasos, con herramientas y técnicas específicas que se pueden utilizar para cada paso. Esto pretende ser de valor para profesionales y para ayudar a una mayor investigación en el desarrollo de una más completa metodología para el diseño del almacén. (Baker, 2009)

Según la investigación, la investigación literaria tiene dos bloques temporales, la primera entre 1973-2000 y la segunda entre 2000-2006. La recopilación de información literaria inicia el autor James Heskett en 1973, describiendo los principales aspectos “del diseño del almacén bajo tres grandes títulos para determinar los requisitos, diseñar el manejo de materiales sistemas y desarrollo del diseño” (Baker, 2009). James Apple, en 1977 determinó 12 pasos a seguir para el diseño de instalaciones de almacenamiento que toman en cuenta la interacciones y relaciones entre cada actividad del diseño. A finales de la década de los 80 y mediados de la década de los 90, tres autores, Firth (1988), Hatton (1990) y Mulcahy (1994) toman como base el trabajo previo e incluyen, según cita Baker (2009) “características como el reconocimiento del almacén en la red de distribución general y la comparación de enfoques alternativos (que cubren conceptos, tipos de equipos y diseños)”.

En 1994, Oxley crea una lista de pasos actualizada, incorporando los conceptos de los autores anteriores. Adicionalmente, incluyendo temas como establecer cargas unitarias y el “desarrollo de métodos operativos, tipos de equipos y diseños alternativos. Él enfatiza que el diseño del almacén debe centrarse en los requisitos de almacenamiento y manejo y que el edificio debe diseñarse en torno a estos” (Baker, 2009). Ver apéndice 1.

En el segundo bloque temporal, según la división que hace Baker, los autores Rowley (2000) y Rushton (2000) utilizan la base de Oxley e incluyen la simulación por computadora. También destacan el hecho de que, aunque han elaborado una secuencia de pasos para diseño, este proceso por sí mismo es de naturaleza iterativa. Govindaraj (2000) y Bodner (2002) analizaron los métodos

de trabajo de los expertos en diseño de almacenes y propusieron 5 pasos únicamente, reiterándolos en el proceso y con ayudas computacionales.

Las dos últimas contribuciones a este compendio de teorías de diseño las realizan Hassan (2002) que agrega un nuevo concepto, centrar el diseño en la disposición o layout del almacén y Waters (2003) que indica que la secuencia de pasos no son una receta para construir un almacén, más bien un traje a la medida para cada situación. Ver Apéndice 2.

Para validar que los pasos de diseño dictados en la literatura consultada son realmente utilizados en la práctica, Baker (2009) realizó un control cruzado, solicitando a empresas de diseño de almacenes establecer los pasos y herramientas que utilizan para el diseño de un nuevo proyecto, utilizando la plantilla de 11 pasos propuesta por Oxley (1994) donde tres de las compañías indicaron que la plantilla era una buena representación de sus pasos y las 4 restantes propusieron sus propias tablas, todas la tablas con un números similar de pasos, que están muy relacionados con la plantilla de Oxley (1994) por lo que Baker (2009) concluye:

En las siete empresas de diseño de almacenes, los pasos utilizados por los profesionales no son, por lo tanto, diferentes a los descritos en gran parte de la literatura. Por lo tanto, se propone que los pasos utilizados para la plantilla en esta investigación representen un camino a seguir para el desarrollo de una metodología de diseño de almacén más completa, la que están bien fundamentados en la literatura y son reconocibles para los profesionales del diseño. (Baker, 2009)

La metodología propuesta por Baker, un compilado de todas las teorías analizadas; cuenta con 11 pasos de ejecución, que para efectos de esta investigación podrán ser usados como la estructura del método de investigación:

- 1) Definir los requerimientos del sistema
- 2) Definir y obtener datos
- 3) Analizar datos
- 4) Establecer unidades de carga
- 5) Determinar procedimientos operativos y métodos
- 6) Considerar posibles equipos y características
- 7) Calcular capacidades de equipos y cantidades
- 8) Definir servicios y procesos auxiliares

- 9) Preparar el Layout
- 10) Evaluar
- 11) Identificar la solución de diseño por implantar

De esta lista de pasos también se deriva una serie de herramientas propuestas de análisis para cada etapa del proceso, un resumen de las propuestas indicadas por Baker (2009) y Chackelson (2013) que pueden observarse en la tabla No 1

Tabla 1 Pasos y Herramientas para diseño de almacenes

N.º	Descripción	Herramientas
1	Definir los requerimientos del sistema	Listas de verificación Software comercial distribución
2	Definir y obtener datos	Listas de verificación Modelos de bases de datos Modelo formal de hoja de cálculo Modelos informales de hoja de cálculo Diagramas de flujo
3	Analizar datos	Modelos de bases de datos Modelos formales de hoja de cálculo Modelos informales de hoja de cálculo Diagramas de flujo
4	Establecer unidades de carga	Listas de verificación Encuesta de operaciones existentes Modelo formal de hoja de cálculo Modelo de base de datos
5	terminar procedimientos operativos y métodos	Listas de verificación Zonificación de almacenes Cuadro de evaluación de nivel tecnológico Cuadro de evaluación del método de selección Biblioteca conceptual Procedimientos de trabajo estándar Modelo informal de hoja de cálculo
6	Considerar posibles equipos y características	Modelos formales de hoja de cálculo Modelos informales de hoja de cálculo Árboles de decisión Matriz de dos por dos Matriz de atributos del equipo Biblioteca conceptual Herramientas a medida del proveedor Evaluaciones SCOR Análisis factorial
7	Calcular capacidades de equipos y cantidades	Modelos formales de hoja de cálculo Modelo informal de hoja de cálculo Modelo formal de base de datos KPI históricos y estándares de rendimiento Muestreo de actividad nominal Manuales de equipos
8	Definir servicios y procesos auxiliares	Listas de verificación Modelo formal de hoja de cálculo Modelo formal de base de datos Desde herramientas de especificación de equipos
9	Preparar el Layout	Software CAD Software de flujo de proceso Software de simulación Módulos de rack estándar
10	Evaluar	Software de simulación Modelos formales de hoja de cálculo Modelos de bases de datos formales Matrices de dos en dos Modelos financieros Listas de verificación Análisis factorial SCOR
11	Identificar la solución de diseño a implantar	Software de simulación Matrices de dos en dos análisis FODA Caso de negocios Modelos formales de hoja de cálculo Plantillas de flujo de proceso

Nota: Ronny Alfaro

Conceptos generales

Una vez definido el plan de acción en términos de las herramientas por utilizar en las distintas etapas del proceso de diseño, se debe aclarar algunos conceptos básicos del proyecto para colocar al lector en contexto.

Almacén

Errasti define al almacén con una aproximación holística denominada Order Factory o Fábrica de Pedidos Según esta definición el almacén es una fábrica de pedidos en la que, una vez identificados los requerimientos de los distintos tipos de clientes, tiene que “fabricar” pedidos a través de operaciones y movimientos que permitan generar valor (eliminando despilfarros), ser capaz y flexible (realizando procesos estandarizados y adaptado a la demanda) y que garantice la disponibilidad de medios y personas competentes para su ejecución. (Errasti, 2011)

Esta definición ajusta perfecto a la definición que CPS Liberia le da a su almacén, un centro de procesamiento de pedidos desde y hacia los otros puntos de la cadena de suministro.

Productividad, Eficiencia y Eficacia:

Según Gutiérrez (2014) “la productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos.” (Gutiérrez, 2014)

Matemáticamente hablando, la productividad es el resultado de la división de los resultados logrados entre los recursos invertidos, pero también se plantea en términos de la eficiencia y la eficacia. Continúa el autor señalando “la primera es simplemente la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, mientras que la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados”.

SAP:

SAP es Systems Applications and Products y es un software ERP (Enterprise Resource Planning), que consta de varios módulos totalmente integrados, que cubren prácticamente todos los aspectos de la gestión empresarial según lo indica su página web.

AutoCAD

CAD significa 'diseño asistido por computadora': Fue creado por Autodesk, líder en diseño 3D, ingeniería y software de entretenimiento", según su sitio web. AutoCAD es una herramienta asistida por computadora que permite a crear diversos tipos de dibujos y diseños. Este programa ayuda a los diseñadores a crear sus diseños mucho más rápido que a mano.

Herramientas para solución de problemas

En este apartado, se desarrollará teóricamente una relación entre las herramientas a utilizar y la investigación, utilizando como base la propuesta de (Niebel, 2009) iniciando con las herramientas exploratorias, que brindan la base de selección del proyecto, continuando con las herramientas de registro y análisis, básicas para dimensionar el problema y herramientas cualitativas para el desarrollo de un método ideal.

Diagrama de Pareto

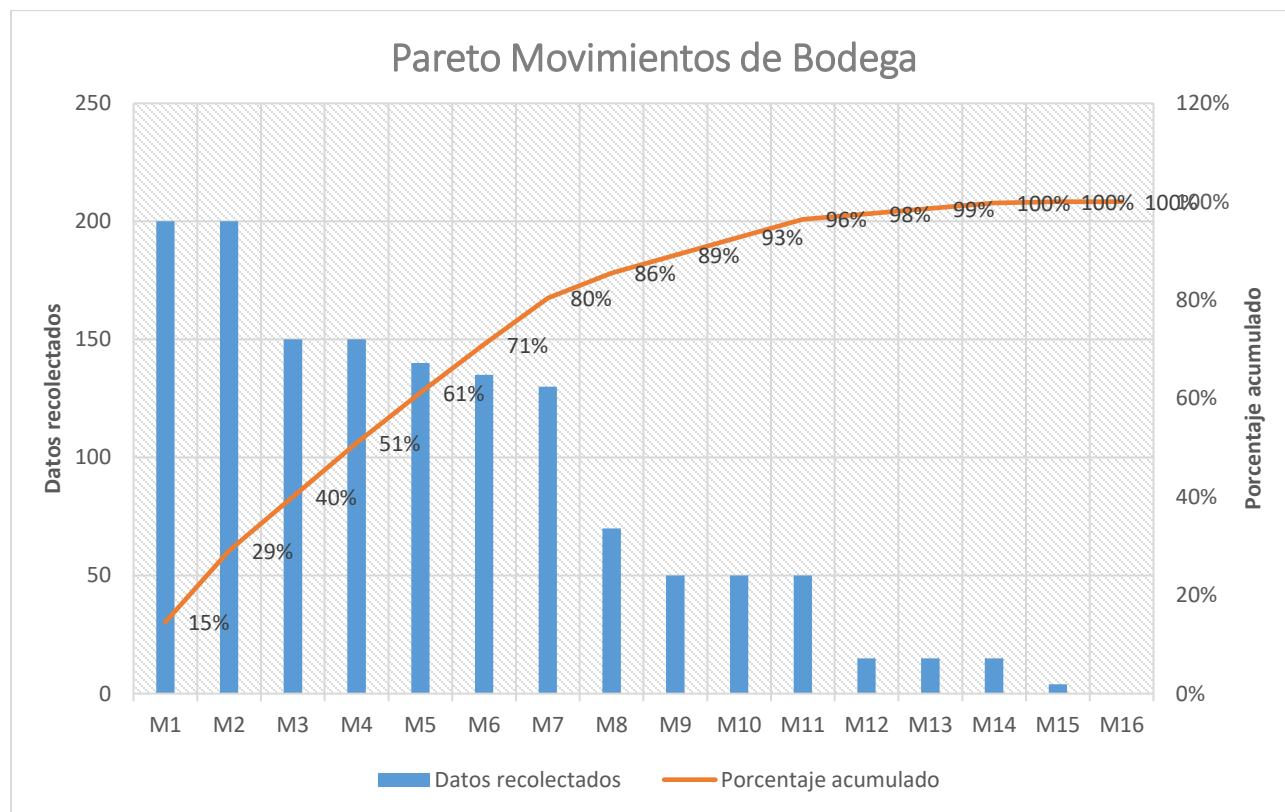
Según (Niebel, 2009) indica al referirse a esta herramienta, en términos de su concepto general; el diagrama de Pareto se explica de la siguiente manera:

Las áreas del problema pueden definirse mediante una técnica desarrollada por el economista Vilfredo Pareto para explicar la concentración de la riqueza. En el análisis de Pareto, los artículos de interés son identificados y medidos con una misma escala y luego se ordenan en orden descendente, como una distribución acumulativa. Por lo general, 20% de los artículos evaluados representan 80% o más de la actividad total; como consecuencia, esta técnica a menudo se conoce como la regla 80-20. (Niebel, 2009)

El diagrama de Pareto es muy útil para mostrar la importancia relativa de las causas de un problema o en este caso factores de un proceso, para así poder determinar los factores más importantes o relevantes y de la misma manera los menos importantes o relevantes; todo esto con la finalidad de enfocar el estudio.

El gráfico de Pareto, por medio de barras verticales permite identificar los factores de mayor impacto en el proceso alineados a la izquierda de este, y en orden descendente hacia la derecha, los de menor relevancia. En la figura 5 se puede observar el Pareto de movimientos estimados de la bodega en CPS Liberia con base en los históricos.

Figura 5 Diagrama Pareto Movimiento Bodega CPS Liberia



Nota: Ronny Alfaro

Este gráfico permite de manera gráfica identificar que los tipos de movimientos del 1 al 7 significan el 80% del total movimiento, que durante el análisis del problema deben ser la prioridad de mejora. De la misma manera muestra que los tipos de movimientos indicados hacia la derecha del gráfico tienen poco impacto en el global del almacén y deben ser considerados para etapas de mejora posteriores si no es posible abarcarlos junto con los más prioritarios.

Diagrama de espina de pescado

Según Niebel (2009) el diagrama de Pescado, también conocido diagrama de causa-efecto o también Método Ishikawa, en honor a su creador; consiste en:

Definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la “cabeza del pescado” y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las “espinas del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado. Por lo general, las principales causas se subdividen en

cinco o seis categorías principales —humanas, de las máquinas, de los métodos, de los materiales, del medio ambiente, administrativas—, cada una de las cuales se subdividen en sub - causas. El proceso continúa hasta que se detectan todas las causas posibles, las cuales deben incluirse en una lista. Un buen diagrama tendrá varios niveles de espinas y proporcionará un buen panorama del problema y de los factores que contribuyen a su existencia. Después, los factores se analizan de manera crítica en términos de su probable contribución a todo el problema. Es posible que este proceso también tienda a identificar soluciones potenciales. (Niebel, 2009)

De acuerdo con (Maldonado, 2018) (pp,111-113), el seguir los pasos para realizar un diagrama causa-efecto de manera adecuada, ayuda a identificar más fácilmente la posible causa raíz o el proceso que se está evaluando, a saber, son:

1. Utilizar una plantilla en blanco con todas las ramas requeridas para determinar en los siguientes pasos las categorías, acotar las categorías antes de hacer el análisis podría inducir a la omisión.
2. Definir el problema o proceso general que se está evaluando, de manera macro, pero entendiendo el problema o proceso que se desea analizar y colocarlo en la columna vertebral del pescado
3. Se debe poner en cada una de las espinas del pescado la categorización de las causas o componentes del problema o proceso. Es común utilizar las 5M como base de la categorización.
4. Se realiza una lluvia de ideas para capturar la experiencia, opiniones e ideas de un grupo relacionado al problema o proceso.
5. Se seleccionan los conceptos más robustos como posibles causas o elementos del proceso y se clasifican en una de las categorías previamente establecidas.
6. Las causas secundarias se pueden colocar como ramificaciones de las causas principales

Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta que se utiliza, generalmente en proyectos; para planificar y programar tareas a lo largo de un plazo determinado. Debido a la sencilla y cómoda visualización de las acciones programadas, permite dar seguimiento y controlar el avance de cada una de las etapas de un proyecto. Muestra gráficamente las tareas, su duración y secuencia; así

como las dependencias y ruta crítica. Además, permite programar el calendario general y la fecha de finalización prevista del proyecto. (Handl, 2014) (pp.3-9).

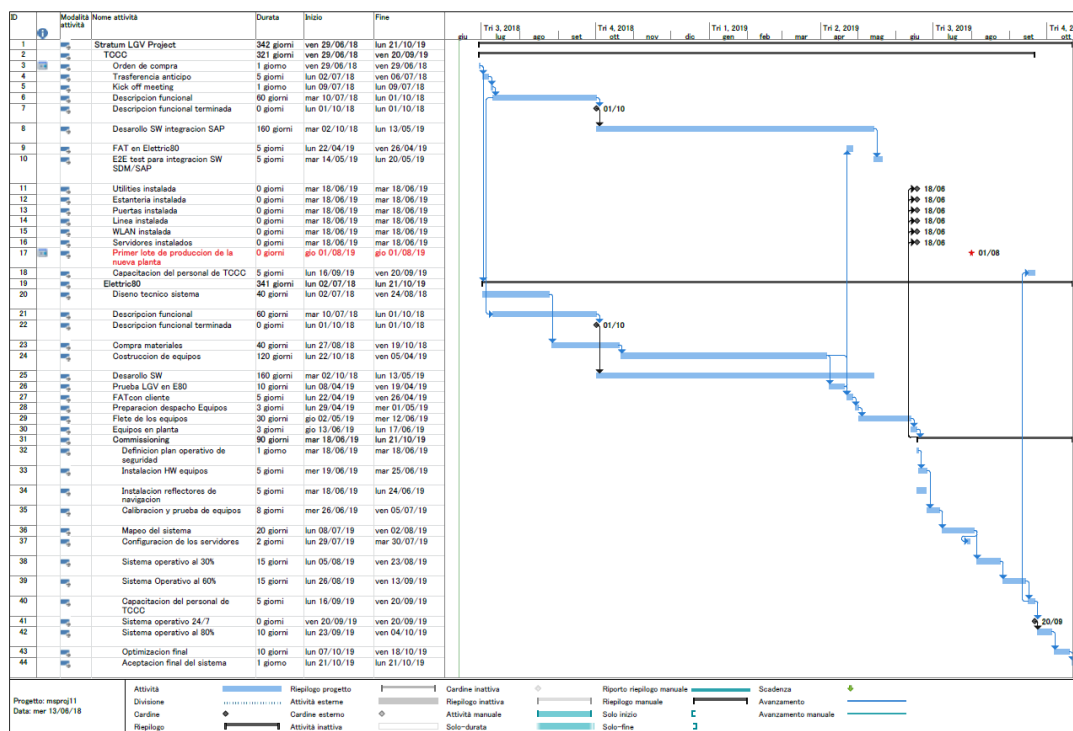
El diagrama de Gantt constituyó probablemente la primera técnica de control y planeación de proyectos que surgió durante los años cuarenta como respuesta a la necesidad de administrar proyectos y sistemas complejos de defensa de una mejor manera. El diagrama de Gantt muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal. (Niebel, 2009)

Esta herramienta es claramente una poderosa ayuda establecer planes por adelantado, identificar necesidades, realizar compromisos y planificar las diferentes etapas del proyecto. La figura 7 muestra el diagrama de Gantt propuesto para el desarrollo del proyecto de los equipos autónomos LGV.

Diagrama de Espaguetti

El Diagrama de Spaghetti es la representación del flujo físico de materias, personas e información en el espacio y momento en el que se ejecuta el proceso. Sobre un plano se ilustran todos los movimientos que se producen siguiendo algunas reglas de simbología y colores. Permite eliminar los movimientos innecesarios y cambiar la configuración del contexto para recortar las distancias recorridas, mejorar los tiempos de respuesta, reducir los riesgos de accidente o mejorar el aprovisionamiento. (CALETEC , 2016)

Figura 6 Diagrama Gantt LGV E80



Nota: Ronny Alfaro

Diagrama de flujo.

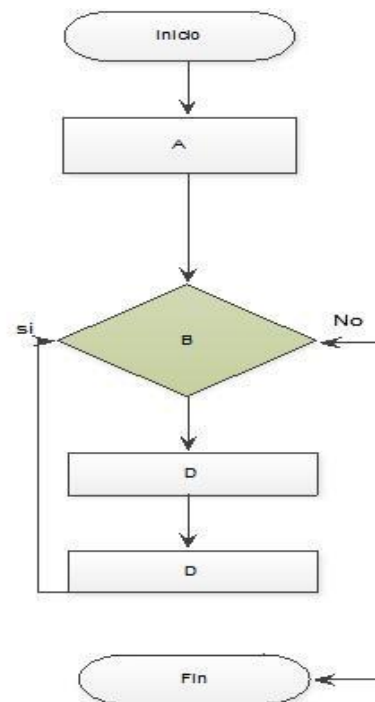
Según Maldonado (2018) (pp. 137 – 140) El diagrama de flujo establece las conexiones y el flujo de las funciones que se requieren para realizar un trabajo. Este diagrama permite mostrar los detalles del proceso, analizar los eventos que lo componen y su continuidad, esto para poder analizar a detalle estas actividades. Existen símbolos predefinidos que se utilizan para representar las operaciones, sus relaciones y dependencias.

Según Gil & Vallejo (2008), estos diagramas son la forma más eficaz de documentar un proceso, por medio de una secuencia de símbolos unidos entre sí.

Los diagramas de flujo se pueden representar en vertical (para leer de arriba abajo) o en horizontal (para leer de izquierda a derecha). El diagrama debe ser sencillo, es decir, fácil de seguir y comprender, cuidando su consistencia de conjunto. Debe tener un inicio y un final determinado, pues representa un proceso. En el transcurso del proceso y diagrama, se suceden las actividades o procedimientos y, en ocasiones, se han de tomar decisiones. (GIL & VALLEJO, 2008). La figura 7 muestra los símbolos más importantes.

Figura 7 Simbología Diagrama de flujo

Nombre Símbolo	Descripción	Símbolo
Terminador	Representa el inicio o fin de un diagrama de flujo	
Proceso	Representa una actividad o proceso.	
Decisión	Representa la bifurcación de un proceso	
Flecha	Representa el camino que une los elementos del diagrama	
Documento	Representa documentos en el soporte papel	
Base de Datos	Representa información en soporte digital	



Nota: Ronny Alfaro

Herramientas para el desarrollo del diseño

En esta etapa del proceso de investigación, se propone realizar una recopilación de las herramientas de análisis y diseño, que permitan generar las líneas base de una propuesta con base en el uso de las herramientas exploratorias.

Simulación

La simulación de sistemas por computadora consiste en la utilización de funciones matemáticas avanzadas, empleadas en computadores y que permiten imitar el funcionamiento de casi cualquier tipo de operación o proceso, es decir; es el estudio del comportamiento de sistemas reales por medio del ejercicio de modelos.

Según Law (2013), la simulación son técnicas para usar computadoras para imitar o simular las operaciones de varios tipos de instalaciones o procesos del mundo real. La instalación o proceso de interés generalmente se denomina sistema, y para estudiarlo científicamente, a menudo tenemos que hacer una serie de suposiciones sobre cómo funciona. Estas suposiciones, que generalmente toman la forma de relaciones matemáticas o lógicas,

constituyen un modelo que se utiliza para tratar de comprender cómo se comporta el sistema correspondiente. (Law, 2013)

La simulación no se acota sólo la construcción de un modelo, sino también a todo un método experimental que busca:

- Describir el comportamiento del sistema
- Construir teorías e hipótesis considerando las observaciones efectuadas
- Usar el modelo para prever el comportamiento futuro, es decir, los efectos producidos por alteraciones en el sistema o por los métodos empleados en su operación

System Layout Plannig (SLP)

El SLP fue diseñado por Richard Muther como una guía para el planeamiento de distribución en planta publicado en 1968, aunque creado para aplicar en cualquier uso se ha abordado con más fuerza para el área industrial, dada la complejidad que se asume y que el SLP facilita, consta de 6 pasos: definición, análisis, síntesis, evaluación, selección e implantación y seguimiento; en palabras del Muther (1968) “permite identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos” (Ortega, 2014)

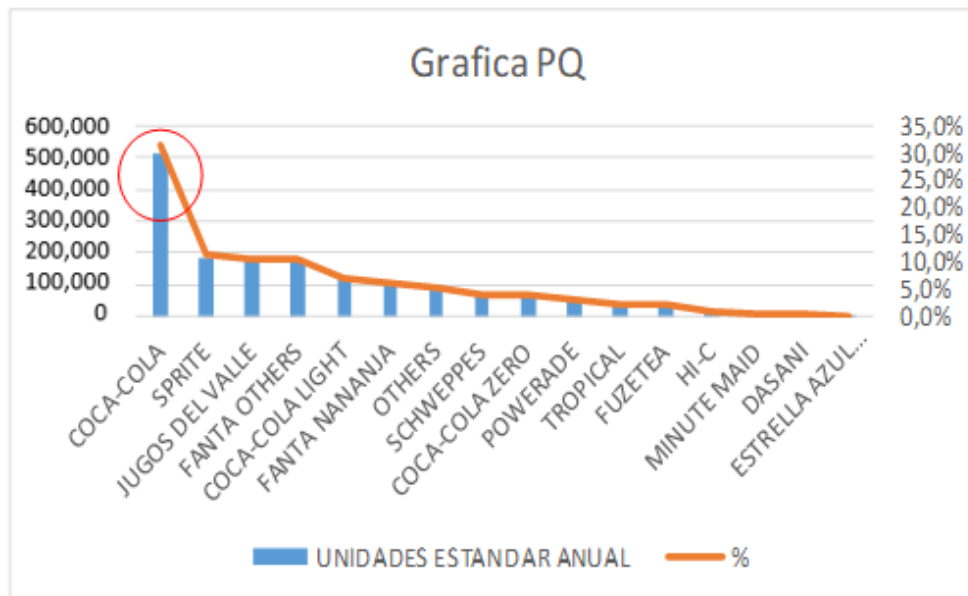
Debido a que el enfoque del proyecto de investigación es definir los movimientos del almacén, esta herramienta no se utilizará en su totalidad, pero si se rescataran los elementos más importantes en términos de transportes, ubicaciones, layout y aprovechamiento del espacio.

Análisis PQ

El análisis de la información referente a los productos y cantidades a producir es el punto de partida del método. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. Muther recomienda la elaboración de una gráfica en forma de histograma de frecuencias, en la que se representen en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función del tipo de histograma resultante es recomendable la implantación de un tipo u otro de distribución. (Segura, 1996).

En la gráfica de la figura 10 se puede apreciar el diagrama PQ que muestra las demandas históricas anuales de las diferentes familias de productos:

Figura 8 Gráfica PQ CCI



Nota: Ronny Alfaro

Para la tendencia que presenta el gráfico, la recomendación es diseñar una distribución de planta por cadena, debido a que el gráfico P-Q, concentra la familia de productos Coca Cola en el punto más alto y según la teoría sugiere hacer este tipo de distribución. Esto en busca de adaptar el nuevo proceso de esta manera para reducir movimientos de los materiales, personas y equipos; buscando reducir la variabilidad y la flexibilidad de los procesos y aumentando el aprovechamiento de los espacios y la estandarización.

Diagrama de Relaciones

Según Niebel (2009) En esta primera etapa del SLP se establecen las relaciones entre las diferentes áreas y después:

Se elabora un diagrama sobre un formato especial llamado diagrama de relaciones. Una relación es el grado relativo de acercamiento, que se desea o que se requiere, entre diferentes actividades, áreas, departamentos, habitaciones, etc., según lo determine la información cuantitativa del flujo (volumen, tiempo, costo, enrutamiento) de un diagrama desde-hacia, o más cualitativamente, de las interacciones funcionales o información subjetiva. Por ejemplo, a pesar de que el pintado podría ser el paso lógico entre el acabado y la inspección final y el empaque, los materiales tóxicos y las condiciones peligrosas y

de probable incendio pueden requerir que el área de pintura esté completamente separada de las demás áreas. Los valores que se les asignan a las relaciones (Niebel, 2009)

Diagrama de espacios

Según Ortega, (2014) en su análisis sobre las herramientas del SLP indica lo siguiente sobre los diagramas de espacios:

Diagrama de relación espacial: lo que comúnmente se hace bajo el nombre de zonificación o esquema de planta. En este paso, se hace uso de toda la información recolectada en las etapas anteriores, sumado al análisis de sitio (morfología del terreno, accesos, vialidad, asoleamiento, viento, otros) para diseñar un primer bosquejo de distribución, (Ortega, 2014)

Análisis Diagrama de espacios

Es importante determinar los espacios requeridos para una distribución eficiente de la información, del personal y de la maquinaria dentro de la planta, con el fin de que el trabajo pueda realizarse efectuando tiempos y movimientos para completar una tarea; también recalando el tema de seguridad dentro de las áreas, identificando como se puede ingresar a un área de peligrosidad o un área donde el colaborador este expuesto a daños.

Es vital la distancia que se establezca, esto determina la cercanía entre procesos que tienen características en común, y departamentos que dependen de otros para poder alcanzar su objetivo; es necesario identificar los departamentos por los cuales el flujo de materiales se va a encontrar y la importancia de los departamentos en el proceso productivo, de la planta, los almacenes, la materia prima y el producto terminado.

Standard Operation Procedures

Un Standard Operation Procedure, por sus siglas SOP, o también conocido con un POE por la traducción al español de Procedimiento de Operación Estándar; es un procedimiento específico para su operación que describe de manera específica, clara y detallada; las actividades necesarias para completar tareas de acuerdo con las normas de la industria, la legislación local o incluso sus propios estándares de negocio. Si un documento indica el "cómo" ejecutar una tarea, se clasifica en la categoría de procedimientos. En un entorno de producción, el ejemplo más claro de un SOP

son los procedimientos de la línea de producción, paso a paso utilizados para fabricar productos y capacitar al personal. (U.S. Environmental Protection Agency (EPA) , 2007) (p. 1)

Un SOP, también define las prácticas esperadas en todas las empresas donde existen estándares de calidad. Los POE son políticas, procedimientos y estándares que necesita del esfuerzo y disciplina de todas las áreas funcionales de una organización para tener éxito, el compromiso debe iniciar desde la alta gerencia y permear a los diferentes niveles de la organización. Para la aplicación de este estudio algunos ejemplos pueden ser:

- SOP Recibo de Materiales
- SOP Almacenamiento de Materiales
- SOP Picking para Producción
- SOP Seguridad Ocupacional áreas Productivas
- SOP Manejo de equipo de manejo de cargas

Adicional al valor agregado que ofrecen durante el proceso ejecutado, también son una eficiente herramienta de resolución de problemas, ya que, de manera objetiva indica el proceso. Adicional a esto, es el documento contra el que un ente auditor o certificador comparara el proceso observado para identificar cumplimiento o posibles desviaciones. En el caso de esta investigación, durante el análisis de los procesos y las áreas, serán aplicados extractos de múltiples SOP corporativos.

Herramientas de Análisis estadístico de datos

El proceso de análisis del problema, requerida de algunas herramientas estadísticas para muestrear, tabular y analizar la información, este pequeño apartado hace referencia a las de uso general dentro del proyecto.

Definición del tamaño de la muestra

Se debe tener siempre en mente, que el tamaño de la muestra requerida es dependiente de la situación de investigación. Según (Montgomery & Runger, 2008) “una muestra es un subconjunto de observaciones que se seleccionan de una población”

Fórmula para determinar el tamaño de la muestra

Dado que la cantidad de movimientos de materiales dentro de la bodega constituyen una población finita y conocida, se utilizará en los casos que sea necesario determinar un tamaño de muestra; la fórmula para poblaciones finitas. La fórmula utilizada se muestra en la figura 9.

Figura 9 Tamaño de la muestra para poblaciones finitas

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2 pq}}$$

Nota: (Hines & Montgomery, 1996)

Donde,

- n: es el tamaño de la muestra que se desea conocer
- N: el tamaño conocido de la muestra
- pq: varianza de la población
- z: nivel de confianza

Muestreo estadístico.

De acuerdo con (Hernández S. R., 2014) (p.170) El proceso estándar de muestreo estadístico está compuesto por cinco simples pasos:

1. Definir la población objetivo: recopilación de los elementos que poseen las características requeridas para la investigación.
2. Determinar el marco de muestreo: es la representación de la población objetivo.
3. Seleccionar técnica de muestreo: él está el método tradicional que es el más utilizado en el que la muestra se selecciona antes de que la recolección de datos inicie.
4. Determinar el tamaño de la muestra: es el número de elementos que se incluirán en la muestra.
5. Ejecutar el proceso de muestreo: se debe detallar cómo se llevará a cabo el diseño del muestreo, el marco de muestreo, la técnica de muestreo y tamaño de la muestra.

Herramientas para la evaluación económica del Proyecto

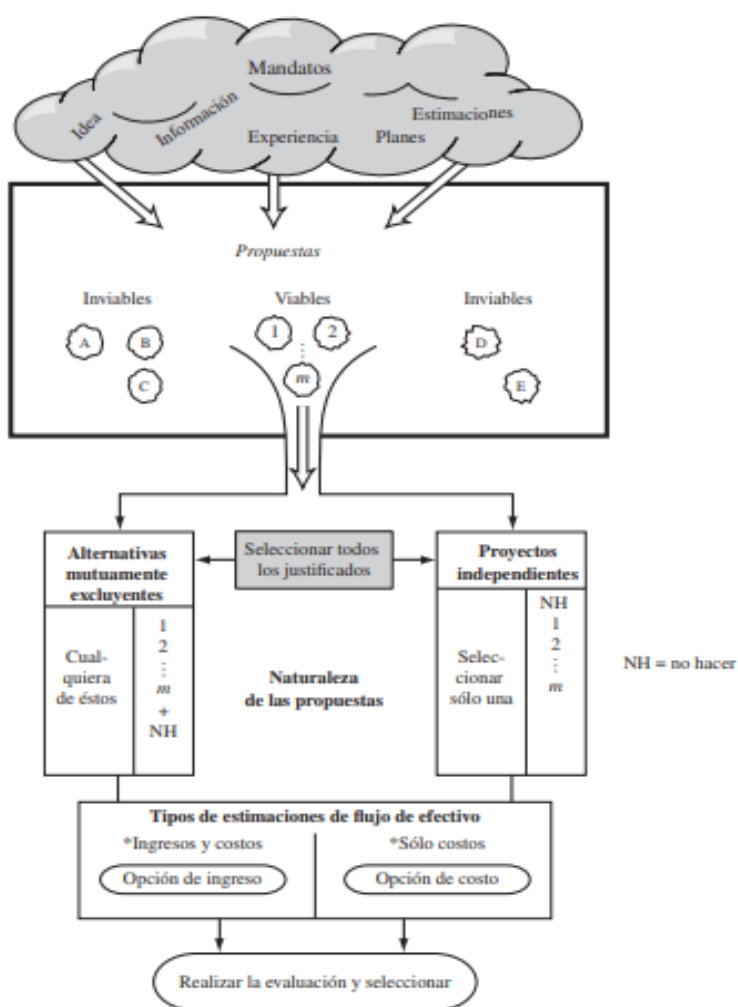
La evaluación económica constituye una herramienta que facilita la toma de decisiones, las cuales por lo general son el resultado de elegir una alternativa sobre otra, por medio de un conjunto de técnicas matemáticas que simplifican las comparaciones, implica formular, estimar y evaluar los

resultados económicos cuando existan alternativas disponibles. (Blank & Tarquin, 2016) (pp.28-29)

A menudo, las decisiones reflejan la elección fundamentada de una empresa sobre cómo invertir el capital. Sin embargo, los factores que se toman en cuenta en la toma de decisiones constituyen una combinación tanto de factores económicos como no económicos.

En la figura 10 se describen los pasos necesarios para realizar el análisis económico es necesario seguir una secuencia de pasos.

Figura 10 Rutas para la evaluación económica



Nota: (Blank & Tarquin, 2016)

Al realizar la comparación de las alternativas es necesario comprender la naturaleza de las propuestas económicas, ya que los autores mencionados indican que en todos los casos es una de las dos siguientes:

Alternativas mutuamente excluyentes: Sólo puede seleccionarse un proyecto. Con fines de terminología, a cada proyecto viable se le llama alternativa.

Proyectos independientes: Puede seleccionarse más de un proyecto. Cada propuesta viable se denomina proyecto. (Blank & Tarquin, 2016) (p.155)

Las alternativas mutuamente excluyentes compiten entre sí y se analizan en pares. Los proyectos independientes se evalúan una a la vez

Adicional a la naturaleza de las propuestas es necesario conocer la naturaleza de las estimaciones del flujo de efectivo, las cuales, según los autores citados en el párrafo anterior, deben ser de un mismo tipo, esto para evaluarse bajo los mismos parámetros comparativos

Razón beneficio/costo.

Una vez establecida la naturaleza de las alternativas y del flujo de efectivo es requerido constituir la razón por la cual se evalúa las alternativas.

Existen diversas variaciones de la razón B/C; sin embargo, el enfoque fundamental es el mismo, todos los cálculos de costo y beneficio deben convertirse a una unidad monetaria de equivalencia común. (Blank & Tarquin, 2016)(pp.228-229)

La razón convencional B/C se calcula de la con la fórmula que se muestra en la figura 11:

Figura 11 Fórmula convencional de beneficio/costo

$$B/C = \frac{VP \text{ de los beneficios}}{VP \text{ de los costos}}$$

Nota: (Blank & Tarquin, 2016)

Pasos para la elaboración de del análisis Costo/Beneficio.

El análisis Beneficio/Costo involucra los siguientes 7 pasos: (Blank & Tarquin, 2016) (p. 325 - 236)

1. Realizar una lluvia de ideas o reunir datos provenientes de factores relevantes relacionados con cada una de sus decisiones.
2. Elaborar dos listas, la primera con los requerimientos para implantar el proyecto y la segunda con los beneficios que traerá el nuevo sistema.
3. Determinar los costos relacionados con cada factor. Algunos costos, como la mano de obra; serán exactos mientras que otros deberán ser estimados.
4. Sumar los costos totales para cada decisión propuesta.
5. Determinar los beneficios en alguna unidad económica para cada decisión.
6. Poner las cifras de los costos y beneficios totales en una forma de relación donde los beneficios son el numerador y los costos son el denominador, según la fórmula de la figura 17.
7. Comparar las relaciones Beneficios a costos para las diferentes decisiones propuestas. La mejor solución, en términos financieros, es aquella con la relación más alta, donde se espera que los beneficios sean mayores a los costos y por ende la relación matemática sea mayor que uno.

El Valor Actual Neto (VAN).

“Este es uno de los métodos de evaluación más aceptados y utilizados. Por Valor Actual Neto de una inversión se entiende como “la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial” (Blank & Tarquin, 2016)

Si un proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Entre dos o más proyectos, el más rentable es el que tenga un VAN más alto. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos requeridos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. La única dificultad para hallar el VAN consiste en fijar el valor para la tasa de interés, existiendo diferentes alternativas. Como ejemplo de tasas de descuento se pueden indicar las siguientes:

- Tasa de descuento ajustada al riesgo = interés que puede obtenerse del dinero en inversiones sin riesgo (deuda pública + prima de riesgo).
- Coste medio ponderado del capital empleado en el proyecto. - coste de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante - coste medio ponderado del capital empleado por la empresa.
- Coste de oportunidad del dinero, entendiendo como tal el mejor uso alternativo, incluyendo todas sus posibles utilidades.

La principal ventaja de este método es que al homogeneizar los flujos netos de caja a un mismo momento de tiempo ($t=0$), reduce a una unidad de medida común cantidades de dinero generadas (o aportadas) en momentos de tiempo diferentes. Además, admite introducir en los cálculos flujos de signo positivos y negativos (entradas y salidas) en los diferentes momentos del horizonte temporal de la inversión, sin que por ello se distorsione el significado del resultado final. (Blank & Tarquin, 2016) (pp. 128 -131)

Dado que el VAN depende muy directamente de la tasa de actualización, el punto débil de este método es la tasa utilizada para descontar el dinero. Sin embargo, a efectos de “homogeneización”, la tasa de interés elegida hará su función indistintamente de cual haya sido el criterio para fijarla ya que se trabaja con una misma base todas las opciones, tomando en cuenta la incertidumbre adjunta a las tasas de interés.

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) a “la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto (VAN) de una inversión sea igual a cero. ($VAN = 0$). Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor” (Blank & Tarquin, 2016)

El principal defecto o debilidad de este método es la inconsistencia matemática de la TIR cuando en un proyecto de inversión hay que efectuar otros desembolsos, además de la inversión inicial, durante la vida útil del mismo, ya sea debido a pérdidas del proyecto, o a nuevas inversiones adicionales.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo se el procedimiento metodológico, es decir; detalla el tipo de investigación que se realiza para obtener una respuesta al problema planteado en la investigación. Se iniciará con el enfoque de la investigación el su respectivo alcance de esta, detallando los métodos y procesos relacionados al problema en enunciado, el diseño de los movimientos dentro del almacén de Coca-Cola Industrias, Liberia.,

Como siguiente etapa, se describen los métodos de investigación utilizados para el desarrollo del estudio, partiendo desde la recolección de datos, continuando con el análisis e interpretación de la información utilizando herramientas diversas.

La metodología indica los tipos de investigación que han servido como soporte a cada etapa del documento y las fuentes de donde se obtienen los datos que se utilizan para el desarrollo y propuestas del estudio.

Enfoque

Previo a definir la corriente de pensamiento y análisis de la investigación del problema presentado en este proyecto, es decir el enfoque, se procederá a realizar una reseña teórica del enfoque cuantitativo, cualitativo y mixto.

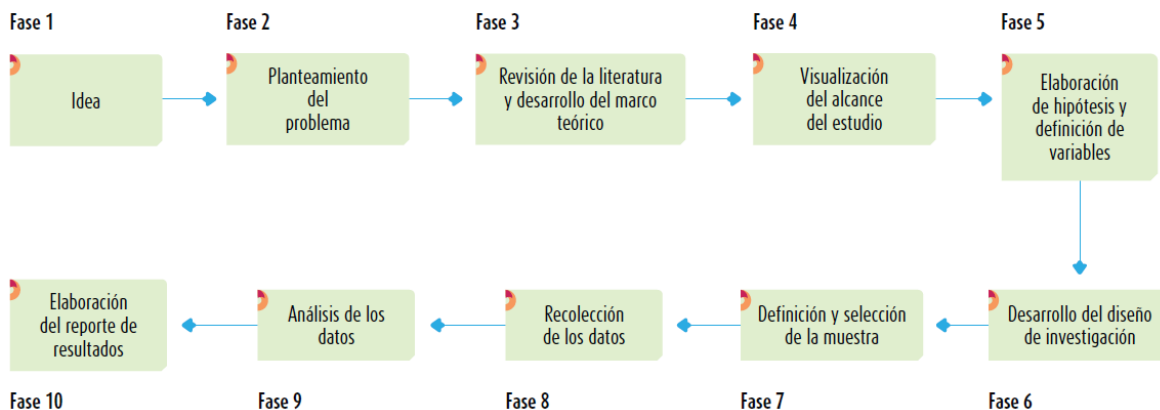
Enfoque Cuantitativo

Este enfoque, propone una hipótesis, y utiliza la recolección de datos para probar o desechar esta hipótesis, con base en mediciones numéricas y estadísticas para con esto establecer un comportamiento y probar o refutar teorías. El autor Hernández (2014) resume de la siguiente manera la definición de este enfoque:

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos.³ El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (Hernández S. R., 2014)

En la figura 12 se muestran las fases del enfoque cuantitativo, son muy claras y bastante inflexibles a la hora de tratar de saltarse alguna, ya que el modelo lo impide.

Figura 12 Fases del enfoque cuantitativo



Nota: (Hernández S. R., 2014)

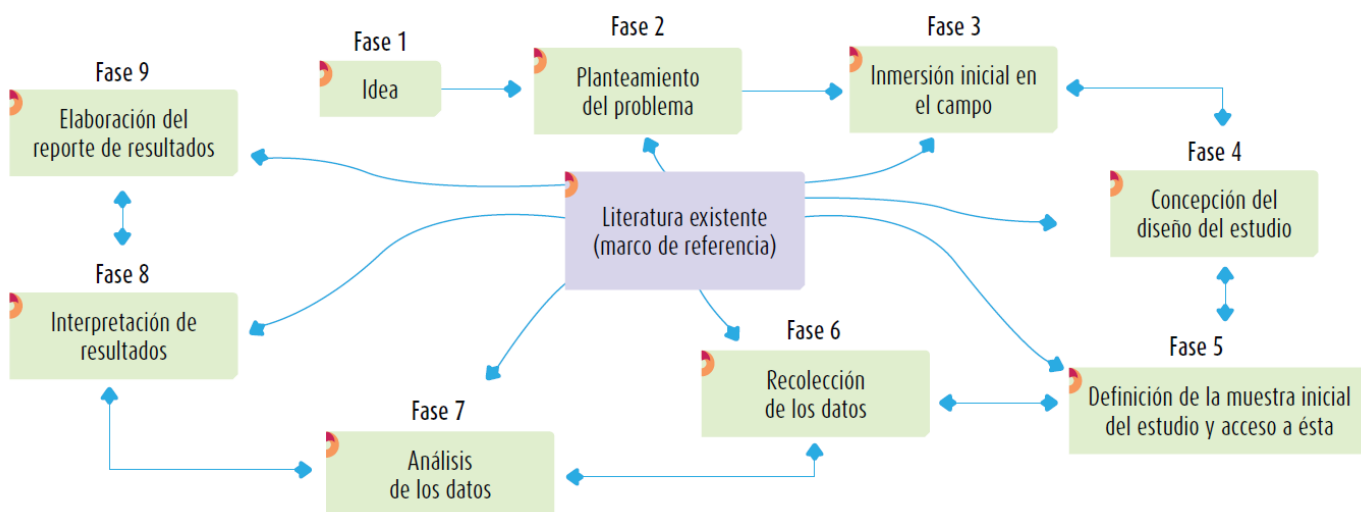
Enfoque Cualitativo

Este enfoque, si bien es cierto utiliza la recolección y análisis de datos, lejos de probar hipótesis, ajusta las preguntas de la investigación o genera nuevas interrogantes durante el proceso de interpretación. Hernández (2014) lo describe así:

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio. (Hernández S. R., 2014)

La figura 13, indica el autor; es un intento de diagramar las fases requeridas, pero es difícil, ya que es muy subjetivo.

Figura 13 Fases del enfoque cualitativo



Nota: (Hernández S. R., 2014)

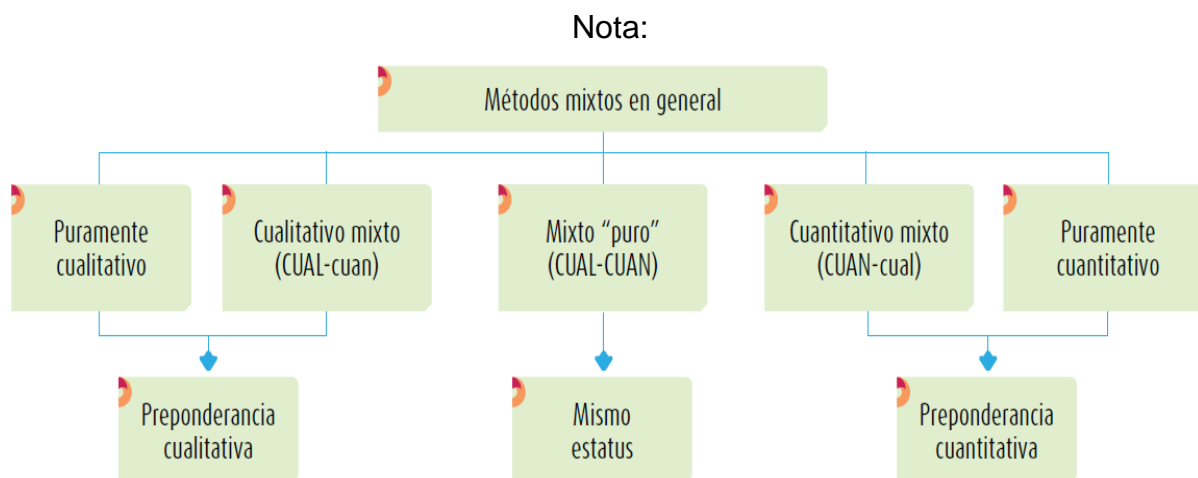
Enfoque Mixto

El enfoque mixto, unifica las fortalezas de las investigaciones cualitativas y cuantitativas combinando ambos métodos para obtener resultados más robustos de una investigación que aplique para este método. Lo define (Hernández, 2014) citando a (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008) de la siguiente manera:

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández S. R., 2014)

Ya que todas las investigaciones son únicas, no existe una receta única en términos de métodos de investigación que funcione para cada caso, el enfoque mixto permite obtener fortalecerse de la mezcla de ambos métodos para obtener resultados más exactos. La figura 14 muestra los tipos de enfoques mixtos actuales dependiendo de la preponderancia dentro de la investigación.

Figura 14 Tipos de Enfoques mixtos por preponderancia



(Hernández S. R., 2014)

Tipo de Enfoque por utilizar

Esta investigación, por sus características, en la que los modelos de diseño se basan en información numérica, recolección de datos, observaciones basadas en números, principalmente en los procesos automatizados, tiende a ser cuantitativa, pero existen una serie de criterios cualitativos a ser tomados en cuenta dentro de la investigación que no deben ser dejados de lado, como lo son criterios expertos, interpretación de layouts, interacción con áreas operativas antes y después de la cadena de almacenes, que son procesos operados manualmente. Todo lo anterior propone el uso de un método cuantitativo, en la que las decisiones serán basadas en análisis numéricos mayoritariamente, pero también tomando en cuenta las características cualitativas presentes en la investigación. Se trabajará el enfoque como cualitativo para efectos de la metodología.

Alcance

El definir el alcance de la investigación, permite acotar los límites de esta. De acuerdo con el análisis realizado de los tipos de alcances, según el (Hernandez, 2014) en su amplia explicación comprendida en el capítulo 5 de su libro Metodología de la investigación, de los 4 alcances a saber:

Alcance Exploratorio:

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e

ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. Tal sería el caso de investigadores que pretendieran analizar fenómenos desconocidos o novedosos (Hernández S. R., 2014) (p. 91)

Alcance descriptivo:

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernández S. R., 2014) (p. 93)

Alcance correlacional:

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba. (Hernández S. R., 2014) (p. 94)

Alcance explicativo

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o el establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (Hernández S. R., 2014) (p. 95)

Para esta investigación el alcance es explicativo, según el autor anteriormente mencionado, se brindan algunas características de este alcance; que en términos generales busca establecimiento

de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales (Hernández B. R., 2014) continúa sobre el alcance explicativo:

Por ejemplo, dar a conocer las intenciones del electorado es una actividad descriptiva (indicar, según una encuesta de opinión antes de que se lleve a cabo la elección, cuántas personas “van” a votar por los candidatos contendientes constituye un estudio descriptivo) y relacionar dichas intenciones con conceptos como edad y género de los votantes o magnitud del esfuerzo propagandístico que realizan los partidos a los que pertenecen los candidatos (estudio correlacional), es diferente de señalar por qué alguien habría de votar por determinado candidato y otras personas por los demás (estudio explicativo). (Hernández S. R., 2014)

Sobre el valor agregado a este tipo de investigaciones, el autor indica:

Se encuentra más estructurado que los demás alcances (de hecho, implica los propósitos de estos); además de que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno a que hace referencia. (Hernández S. R., 2014)

Diseño / método

Al llegar a la etapa del diseño, se conecta el planteamiento del problema, el marco teórico y las hipótesis planteadas con los pasos siguientes. El propósito de esta etapa es, según (Hernández S. R., 2014):

- Responder preguntas de investigación
- Cumplir objetivos del estudio
- Someter hipótesis a prueba

En una recopilación de citas de varios autores (Hernández S. R., 2014) conceptualiza el diseño de la siguiente manera:

El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema (Wentz, 2014; McLaren, 2014; Creswell, 2013a, Hernández-Sampieri et al., 2013 y Kalaian, 2008). (Hernández S. R., 2014)

El diseño tiene dos clasificaciones principales muy importantes, diseño experimental y diseño no experimental, de los que se resume:

Para esta investigación se ha determinado que el (tipo de diseño es no experimental cuantitativo, que se define como el tipo de investigación que se realiza sin manipular, al menos de manera consciente; las variables, Hernandez, 2014) indica:

Se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. Dicho de otro modo, los diseños no experimentales se pueden clasificar en transeccionales y longitudinales. (Hernández S. R., 2014)

Al continuar profundizando con respecto al tipo de investigación no experimental, llegamos a la última clasificación, esta con respecto a los tiempos de la muestra, que para esta investigación corresponden a una investigación longitudinal o evolutiva, en la que se analizan los cambios a través del tiempo de las variables de estudio analizadas, como se ha mencionado durante el documento, con historiales de información de todo el año 2018.

Muestra de la investigación

Con respecto a la muestra de investigación, se debe realizar una acotación muy importante con respecto a los datos disponibles para el estudio. Como se ha mencionado previamente en el documento, la situación particular de esta planta de concentrados es muy particular, ya que no ha entrado formalmente en operación todavía, por lo que no cuenta con ningún dato histórico. Las plantas de concentrados tienen volúmenes de movimientos dentro de los almacenes relativamente estables a través de los años, con un comportamiento estacional estrictamente ligado al comportamiento de consumo del mercado y un crecimiento estable promedio del 5% anual. (Dato ajustado a solicitud de CCI por confidencialidad).

Para la toma de los datos, se utilizará la planta que está actualmente en operación, San José, y de la que Liberia absorberá el volumen, lo que hace esta toda de datos representativa a la realidad de la nueva planta.

Se trabajará con los datos completos de la totalidad del año 2018, obtenidos de la base de datos que la compañía utiliza para registrar el 100% de las transacciones, SAP. Estos datos, se consideran

para los efectos del proyecto, una población completa y finita, por lo que no se requiere un muestreo específico. Para las mediciones de campo que se realizaron, se trabajó con la fórmula antes mencionada en la figura 15.

Con respecto a la muestra, iniciaremos por definir el caso sobre el que se recolectaran los datos, que, para el caso de estudio, son los movimientos de los distintos materiales dentro de las distintas áreas de almacenes.

La población está compuesta por todos los materiales, materia prima (RM), producto terminado (FG) y procesos intermedios de los cuales se lleva registro en SAP que estuvieron en la bodega durante el 2018. Por lo mencionado anteriormente, se considera que el método de muestra, en los casos en los que lo requiere, es no probabilístico y se trabajara con un tamaño de muestra de 30 como valor representativo.

VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS

Para los objetivos de este estudio en la operación de las variables que se muestra a continuación en la tabla 2 se define el conceptual, instrumental y operacional de cada una de las variables que serán objetivo de este estudio:

Tabla 2 Tabla de variables

Objetivo	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Diseñar el sistema de movimientos de materiales con equipos autónomos en las bodegas de Coca-Cola Industrias Liberia por medio de herramientas de simulación para determinar la configuración de flujos y equipos de mayor productividad	Productividad	La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema y los recursos utilizados para obtener dicha producción	La productividad del sistema se obtendrá de la aplicación de la fórmula a los datos obtenidos	Productividad= $\frac{\text{Cantidad Producida}}{\text{Recurso Utilizado}}$
Definir el flujo de entrada y salida de materiales y producto terminado dentro de las bodegas de almacenamiento	Cantidad de movimientos	Es la cantidad de movimientos requerida para movilizar materiales dentro de las bodegas con los equipos autónomos LGV	Análisis histórico de datos Muestreos en sitio Herramientas de análisis	Capacidad= $\frac{\text{Cantidad Movimientos}}{\text{Cantidad Equipos}}$
Medir la magnitud del problema por medio de recolección de datos relevantes y las interacciones clave entre las áreas de almacenamiento para definir las variables de análisis.				
Analizar las variables identificadas y su impacto dentro de la problemática identificada, con lo cual se podrá determinar los puntos de diseño y mejora del sistema.				
Desarrollar la propuesta de movimiento de materiales por medio del uso de los equipos autónomos para el área de almacenes.				
Establecer los mecanismos de monitoreo y control del sistema de movimientos del sistema propuesto para el área de almacenamiento de la planta.	Eficiencia	Relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos estimados o programados	Análisis de datos GUI	Eficiencia= $\frac{\text{Movimientos Estimados}}{\text{Movimientos realizados}}$

Nota: Ronny Alfaro

Instrumentos

En la tabla 3 se muestra el listado de los instrumentos seleccionados para capturar la información necesaria para este estudio y los beneficios esperados.

Tabla 3 Instrumento de captura de información

Nota: Ronny Alfaro

Indicador	Instrumento	Recursos Requeridos	Beneficios Esperados
Inventario en planta	Registros SAP	Humanos Informáticos Equipos	Definir cantidad de carga a movilizar
Cantidad de movimientos	Registros SAP	Humanos Informáticos Equipos	Definir cantidad de movimientos requeridos
Lugar de origen y destino de la carga	Registros SAP	Humanos Informáticos Equipos	Definir distancias de recorrido
Quejas y danos	Registros y formularios	Humanos Informáticos Equipos	Definir indicadores de retorno economico
Personal de almacenes y horas extra	Registros y formularios	Humanos Informáticos Equipos	Definir indicadores de retorno economico
Detenciones equipo de manejo de carga	Registros y formularios	Humanos Informáticos Equipos	Definir indicadores de retorno economico

Proceso para la Recolección de Datos

Esta investigación se realizar en una planta de concentrados de la marca Coca-Cola, en particular; la planta de Liberia está actualmente en el proceso final de instalación de equipos por lo que no ha producido formalmente. Adicionalmente, solo hay otras 21 plantas similares en el mundo, lo que lo hace un proceso muy específico y único, por lo que se desarrollaron o ajustaron algunas herramientas para la captura de variables.

Las técnicas son los medios empleados para obtener información con el fin de realizar el estudio. Para efectos de esta investigación principalmente se utilizará el análisis documental histórico obtenido de SAP, así como el mapeo de los flujos del proceso y el análisis de recorridos, también se desarrollan algunas las técnicas de observación y entrevista a expertos internos.

Como se mencionó previamente, los análisis de datos serán desarrollados utilizando la totalidad de los datos disponibles por lo que no será necesario utilizar técnicas de muestreo estadístico para tal fin. La información disponible corresponde la totalidad de los datos de movimientos de almacenes de la planta de San José para el 2018.

Método de análisis

Con respecto a la información obtenida, se utilizará SAP como principal fuente de generación de datos, esta información, cargada en vivo con cada movimiento realizado en planta con el sistema WMRF (Siglas en inglés para sistema de manejo de bodegas por radio frecuencia) es almacenada en bases de datos que la herramienta permite extraer por medio de reportes.

Estos reportes pueden ser exportados a herramientas de manejo de datos, en este caso se utilizarán Excel, E80-SDM y Adobe.

Del análisis intermedio de los datos se pueden inferir rutas, duraciones y requerimientos de las tareas, que se utilizaran en herramientas como Visio, AutoCAD para realizar diagramas y análisis de planos.

Cronograma

El diagrama de la figura 16, muestra el plan a desarrollar durante aproximadamente 5 meses por medio de un diagrama de Gantt. Si bien es cierto el proyecto total en implementación tiene un cronograma, mostrado en la figura 7, este es muy general.

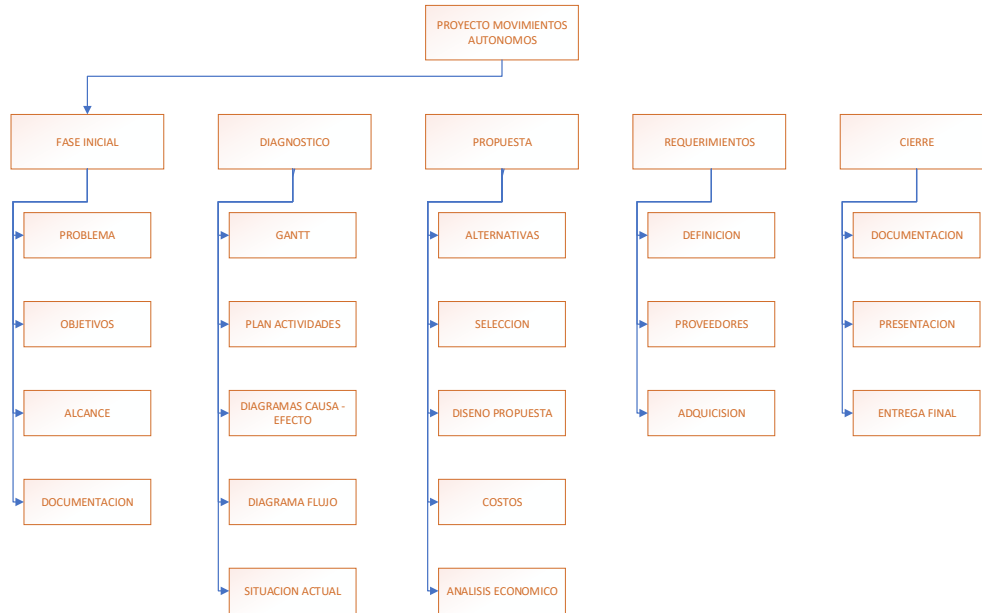
Figura 16 Cronograma proyecto investigación

ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Definición del problema					
Determinar los objetivos					
Establecer el alcance del proyecto					
Diagnostico de la situación actual					
Análisis de las alternativas de solución					
Diseño de la propuesta					
Estimación financiera					
Entrega del documento Final					

Nota: Ronny Alfaro

En la figura 17 se muestra el EDT de la investigación de los movimientos con equipo autónomo de la planta, donde puede observar un brazo por cada fase de desarrollo de la investigación.

Figura 17 WBS investigación



Nota: Ronny Alfaro

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Este capítulo tiene un objetivo muy importante, ya que amalgama todo el trabajo realizado hasta ahora con respecto a la definición del problema y los objetivos planteados para obtener la solución propuesta con las bases teóricas indicadas en el marco teórico y metodológico, que son claves para dirigir la investigación de la mejor manera y hacia los resultados más convenientes.

Esta aplicación del método investigativo será descrita en el siguiente apartado, en busca de preparar las bases para los siguientes pasos de la investigación para determinar el mejor diseño de los movimientos de los equipos autónomos dentro del almacén de Coca-Cola Industrias. Lo anterior por medio de los pasos propuestos por medio de los objetivos específicos.

Generalidades

Para iniciar con el análisis de la situación actual, se plantea en la siguiente sección del documento, una explicación general de los componentes más importantes a evaluarse, con la finalidad de presentar información necesaria al lector para un fácil entendimiento de los planteamientos.

La razón social de la empresa en la que se va a ejecutar el proyecto es Coca-Cola Industrias Limitada, a nivel corporativo se denomina CPS Liberia (por las siglas en inglés del grupo al que pertenece; Commercial Product Supply Liberia). Esta Planta, de muy reciente creación, inició su construcción en agosto de 2018 y concluyó en septiembre de 2019, actualmente las áreas administrativas están funcionales y las áreas operativas están en el proceso de instalación y puesta en marcha.

CPS Liberia nace como proyecto debido a la necesidad de atender las necesidades de manufactura de concentrado de los productos de la marca Coca-Cola, en mercado de constante crecimiento y complejidad que la actual planta, CPS San José, ubicada en La Uruca; ya no era capaz de solventar debido a las limitaciones de espacio y escasas posibilidades de crecimiento. Lo anterior, aunado a la renovación de los beneficios de zona franca y la responsabilidad social corporativa de impulsar zonas deprimidas en su crecimiento industrial, dan inicio a la búsqueda de posibles ubicaciones para la nueva planta de concentrados.

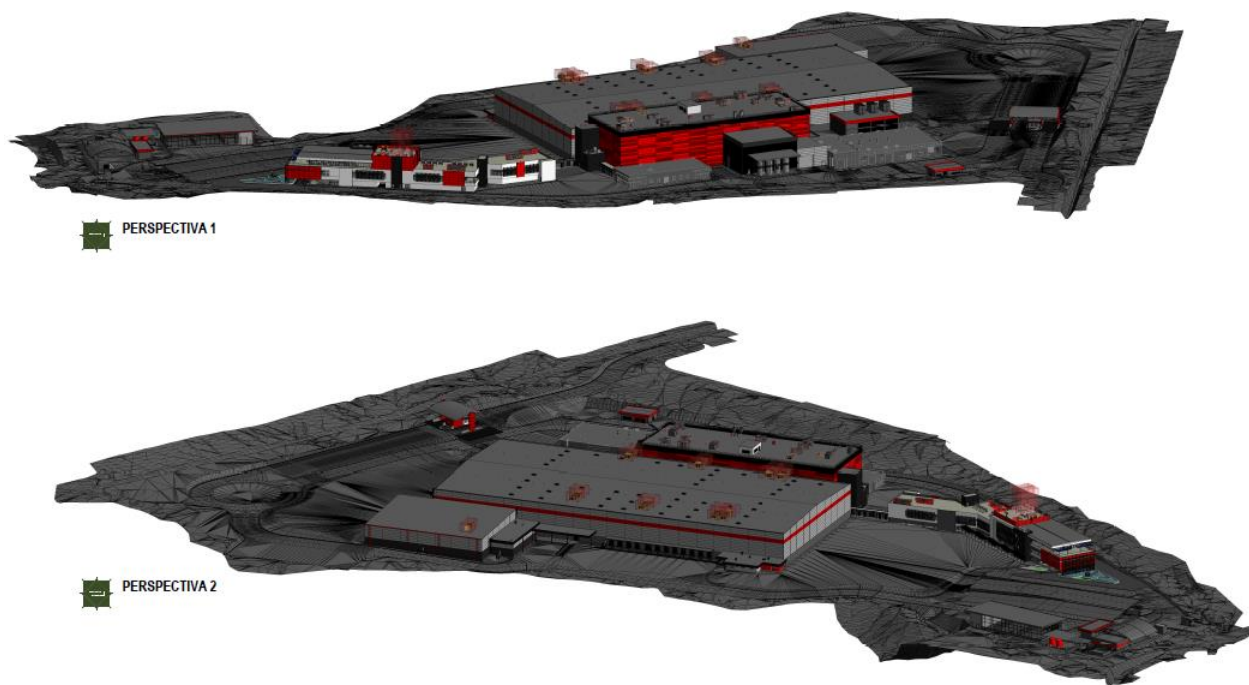
El proyecto finalmente se desarrolla en la provincia de Guanacaste, en el cantón de Liberia, en el condominio industrial Solárium, ubicado frente al Aeropuerto Internacional Daniel Oduber, en un terreno de 103,000 metros cuadrados, con un área constructiva de 45,000 metros cuadrados, cuenta con dos accesos vehiculares, el del lado oeste definido para ingreso de camiones de carga y

vehículos pesados y el ingreso este para tránsito vehicular liviano y peatones. Cuenta con un edificio administrativo con capacidad de atender a 150 colaboradores en servicios de cocina, área de comedor, salas de reuniones y auditorios, vestidores y gimnasio.

Las áreas operativas están ubicadas estratégicamente para brindar soporte entre ellas, con un edificio central de utilidades, donde se producen y envían a las diferentes áreas la electricidad, agua potable y de incendios, vapor, aire comprimido y gas.

Este edificio, junto con el área de mantenimiento y el edificio de aseguramiento de la calidad rodean en edificio de procesos hacia el norte. Procesos es el edificio es el más alto del proyecto, con 3 niveles que superan los de 24 metros de altura, destinado a convertir a materia prima en producto terminado en procesos que inician en el tercer nivel con manufactura y finalizan en el primer nivel en las líneas de llenado. Las perspectivas de la nueva planta se muestran en la figura 18

Figura 18 Perspectivas Planta CPS, Liberia

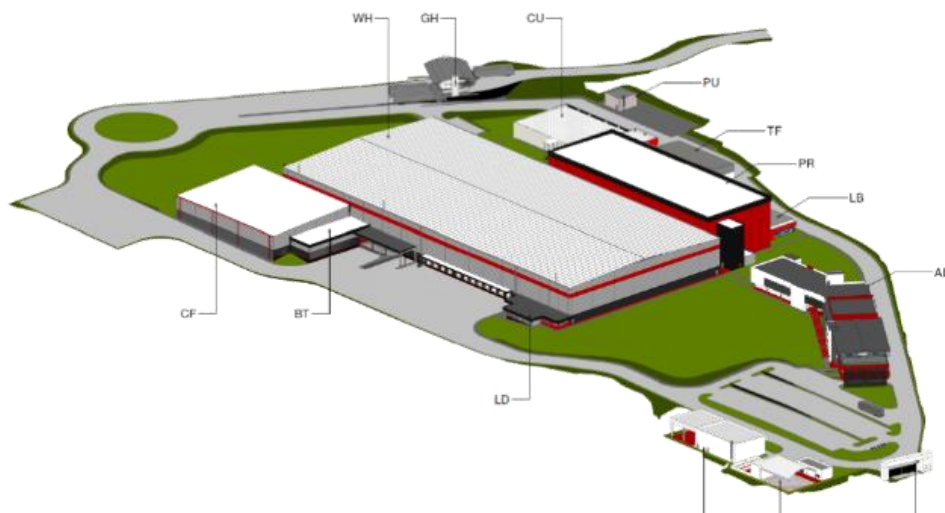


Nota: Planos constructivos lámina SI-G-000

El área de bodegas, el conjunto de edificios de mayor área en el proyecto, rodean al edificio de procesos desde el sur. El área de bodegas, compuesta por los almacenes de ambiente, frío, congelado, inflamables y los andenes de recibo de materiales y despacho de producto terminado

serán el área de enfoque para este proyecto. La figura 19 muestra una vista isométrica de las áreas de almacenes, identificada como WH, CF, junto con los andenes de recibo y despacho ubicados en el área identificada como DL

Figura 19 Vista isométrica área almacenes



Nota: Planos constructivos lámina SI-G-003

Es importante resaltar dos variables muy importantes que se enfrentan para el desarrollo de este proyecto que son claves para el nuevo diseño. CPS Liberia tiene un diseño general basado en la interacción de las áreas que es muy diferente de la configuración de la planta de San José, por lo que se debe desarrollar los flujos de materiales entre áreas, pero no se cuenta con históricos ya que la planta aún no ha entrado en operación. Por esta razón se utilizarán las cantidades de movimientos de la planta de San José como base de diseño.

La segunda variable muy importante para este proyecto es el uso de equipos de manejo de carga autónomos, guiados por láser. Conocidos como LGV (por sus siglas en inglés para laser guided vehicles), sistema que no ha sido usado en ninguna planta del sistema aún. Es lo que en la jerga de proyectos se conoce como un “Green Field” ya que no hay experiencia previa dentro del sistema con este tipo de equipos o la empresa suplidos. Estos equipos operan sin necesidad de un operador abordo, realizan movimientos dentro de la bodega gobernados por un sistema de posicionamiento laser y la conexión con el servidor que controla las entradas, salidas y movimientos dentro de las

bodegas. Estos vehículos autónomos, serán suministrados a Coca-Cola por Elettric 80 (E80) una empresa que, según la carta de negocios presentada, se presenta de la siguiente forma:

Elettric80, fundada en los años 80 en Viano, en la provincia de Reggio Emilia, está especializada en la implementación de soluciones integradas y automatizadas, flexibles y modulares, para empresas productoras de bienes de largo consumo, en particular en los campos de los alimentos, de las bebidas y del papel tisú, y en ámbitos diversificados, como las industrias del sector cerámico y de los plásticos. Electric 80 ofrece soluciones que permiten planear y controlar las actividades de producción, almacenaje y expedición, con un aumento significativo de la eficiencia de la fábrica, garantizando la trazabilidad total de los productos movidos (Carta, 2018).

Esta empresa proveerá los equipos autónomos de movimiento, que en términos generales están considerados en dos tipos, la figura 20 muestra ambos tipos:

Figura 20 Vehículos autónomos LGV



Nota: Oferta Elettric80

Los equipos VNA, son vehículos trilaterales, diseñados para trabajar dentro de los pasillos, y los equipos Reach, que trabajan en las áreas de pasillos. Este tema se desarrollará con más detalle más adelante.

Todo lo anterior funciona interactuando muy estrechamente con el ERP o programa de manejo de procesos que la corporación a estandarizado para todas las plantas, que en este caso es SAP. Este programa controla las facetas de compra y transporte, finanzas, almacenamiento, donde se centra

el proyecto, producción y venta posterior. E80 propone realizar todo el control de los vehículos con un software propio que nombraron GUI.

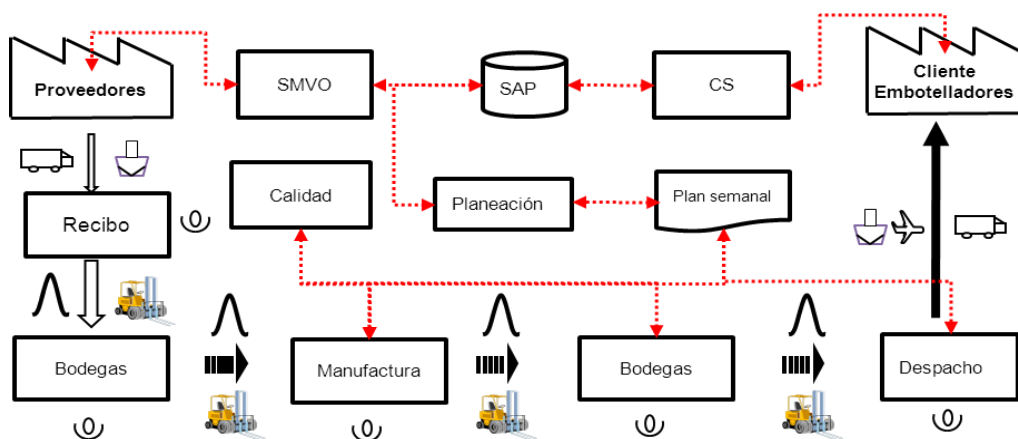
Herramientas exploratorias

A partir de este punto, la investigación se enfocará en la aplicación de las herramientas mencionadas de análisis para encausar la definición de los flujos de materiales dentro de los almacenes y posteriormente determinar la magnitud de estos movimientos.

Análisis Diagrama flujo y proceso

En el diagrama de proceso de la planta se denotan dos flujos, el físico y el documental. Ambos arrancan cuando los proveedores entregan materia prima en el área de recibo que posteriormente se mueve a bodega. De ahí la ruta documental se mueve hacia inventarios, que actualiza SAP y a su vez a Planeación para notificar la llegada del ingrediente para manufactura., de ahí pasa al plan de manufactura, donde Calidad, Manufactura, y Almacenes son notificados. Volviendo al flujo físico, la materia prima que fue entregada en el área de recibo se mueve a almacenes, de donde manufactura, bajo previa orden solicita ingredientes, que almacenes lleva al cuarto. Una vez se da la transformación a producto terminado, este regresa a bodega donde personal de despacho lo recolecta para preparar un despacho al embotellador que, en el flujo documental hizo una requisición de producto que fue atendida por servicio al cliente, quien consulto a SAP sobre inventario y aprobó la venta. En la figura 21 se puede observar este proceso por medio del diagrama.

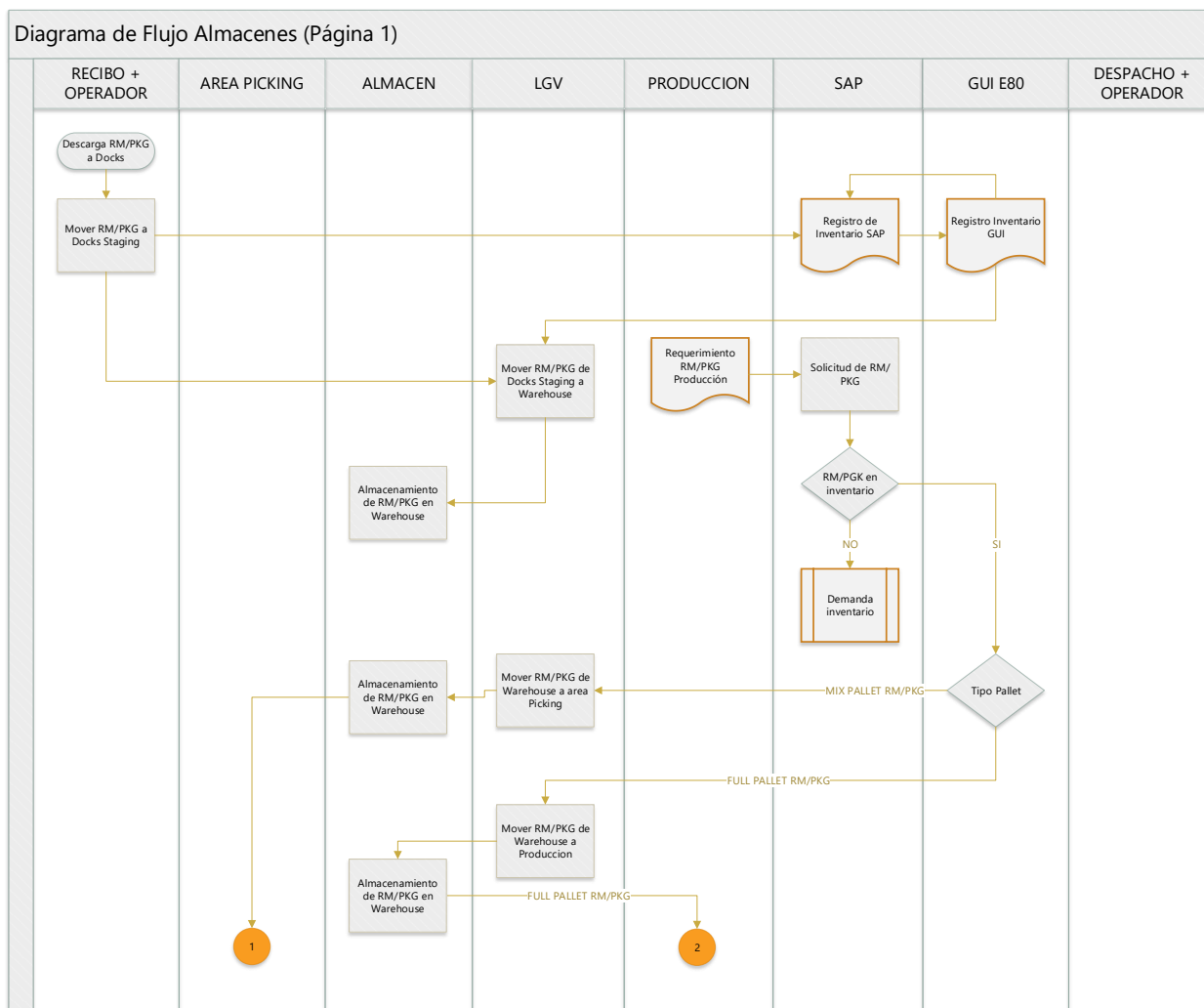
Figura 21 Diagrama de proceso de alto nivel



Nota: Ronny Alfaro

En esta investigación se utilizó junto con el diagrama de proceso, el diagrama de flujo, esta poderosa herramienta permitió mapear esta herramienta para documentar los procesos dentro del almacén de Coca-Cola Industrias, Liberia, identificando el flujo de los materiales y la interacción con las áreas relacionada como se muestra en la figura 22

Figura 22 Diagrama Flujo Movimientos almacenes CPS, Liberia



Nota: Ronny Alfaro

flujo físico de los materiales y un flujo de la información. En este punto el sistema notifica a SAP y a E80 de la llegada de un material al inventario. El sistema envía uno de los equipos autónomos a recolectar esta carga y a almacenarla en bodega. Documentalmente cuando producción hace una solicitud de materia prima, SAP revisa inventario de las materias primas necesarias y envía a E80 una solicitud para pedir ingredientes de la bodega. Si la cantidad es igual a una paleta completa, E80 mueve la tarima directamente a manufactura. Si es menor la cantidad, necesita llevar la paleta a un área muy importante, el área de pickeo, donde se prepara la cantidad necesaria para mover al área de manufactura. El remanente regresa a almacenes y la carga preparada va a producción, donde sufren la transformación en producto terminado. De producción regresan remanentes de materia prima y producto terminado que van a bodegas y reciclaje, que es un proceso separado; va a otro lugar. Documentalmente se realiza una solicitud de despacho de producto terminado a bodega. SAP revisa inventarios y le pide a E80 que realice los transportes de materiales, si son tarimas completas van al área de despacho, pero si son cantidades menores van al área de picking para reducirse a la cantidad requerida. Un remanente de producto terminado regresa a la bodega y el restante se junta con las tarimas completas para consolidar un despacho.

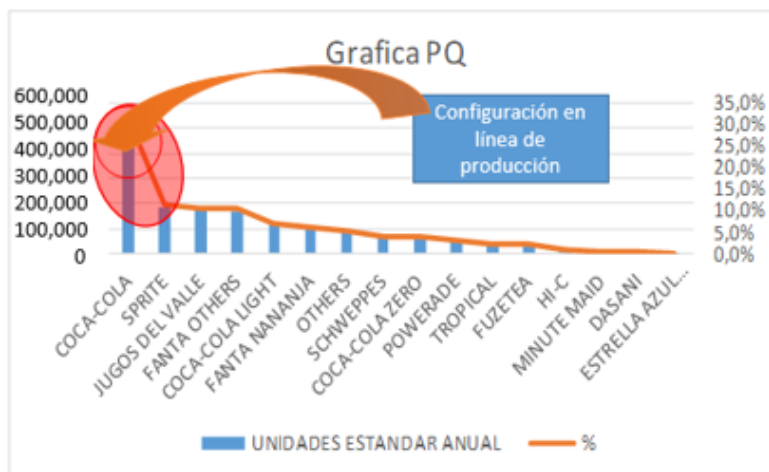
Este diagrama de flujo será la base información para el resto de las herramientas de exploración inicial del proceso, así como del desarrollo del diseño de los movimientos de materiales y materia prima dentro del almacén, así como las interacciones requeridas con las áreas que están antes y después en la cadena de abasto de manufactura de concentrado e inclusive áreas de intercambio de información como las bases de datos.

Análisis PQ

La gráfica PQ, aplicada al análisis de los datos asignados por familias de productos, la posición y forma de la gráfica sugiere una configuración de producción en línea, lo que será tomado en cuenta en el diseño de los movimientos del almacén.

El proceso de manufactura de la planta sigue; en términos muy generales, un flujo de materia prima, proveniente de los diferentes suplidores; ingresa a las distintas áreas de almacenes, posteriormente se mueve a las áreas de manufactura para ser transformadas en producto terminado que se mueve a las bodegas de producto terminado de donde finalmente es alistado y enviado a los clientes finales. La figura 24 muestra la curva y su análisis.

Figura 24 Análisis PQ Familias productos CC



Nota: Ronny Alfaro

Este flujo es general para todos los productos que se manufacturan en la planta por la que la distribución de cadena se ajusta a la configuración requerida, evaluando los cambios en la complejidad de los nuevos procesos y los nuevos volúmenes de almacenamiento y producción.

Múltiples subprocesos intervienen y se relacionan para llevar a cabo el proceso general, entre ellos el flujo de personas, producción de insumos necesarios como agua, aire comprimido y vapor. Adicionalmente se producen desechos de materiales y aguas residuales y claro está, la razón de ser de esta investigación, los movimientos internos entre las áreas de almacén.

Análisis Diagrama de relaciones y Diagrama de espacios

Respecto al planteamiento de la propuesta de distribución de planta en las nuevas instalaciones de Coca Cola Industrias en Liberia, se puede observar que en los procesos de transformación de materiales son el eje central de las relaciones y que es vital para este proceso, mantener una estrecha relación con las áreas que suministran materiales, servicios o información, siendo las relaciones entre almacenes de materia prima (RM) y envío a producción y de producción de producto terminado (FG) de las líneas de llenado al almacén la relación más estrechas e importantes. En las tablas indicadas en la figura 25 se pueden observar las memorias utilizadas para el desarrollo del diagrama de relaciones:

Figura 25 Regla dedo y motivos de relaciones

A/X	2,25	2
E	4,5	5
I	6,75	7
O	9	9
U	22,5	22

Cód.	MOTIVOS
1	Calidad
2	Proceso
3	Medio Ambiente
4	Seguridad Ocupacional
5	Conveniencia
6	

PROXIMIDAD	
A	Absolutamente Necesario
E	Especialmente Importante
I	Importante
O	Ordinario
U	Sin Importancia
X	No deseable

Nota: Ronny Alfaro

Para efectos del estudio vamos a explicar las relaciones Absolutamente Necesarias y las especialmente importantes y las importantes, que giran en torno al proceso de estudio en los movimientos en el area de almacenes.

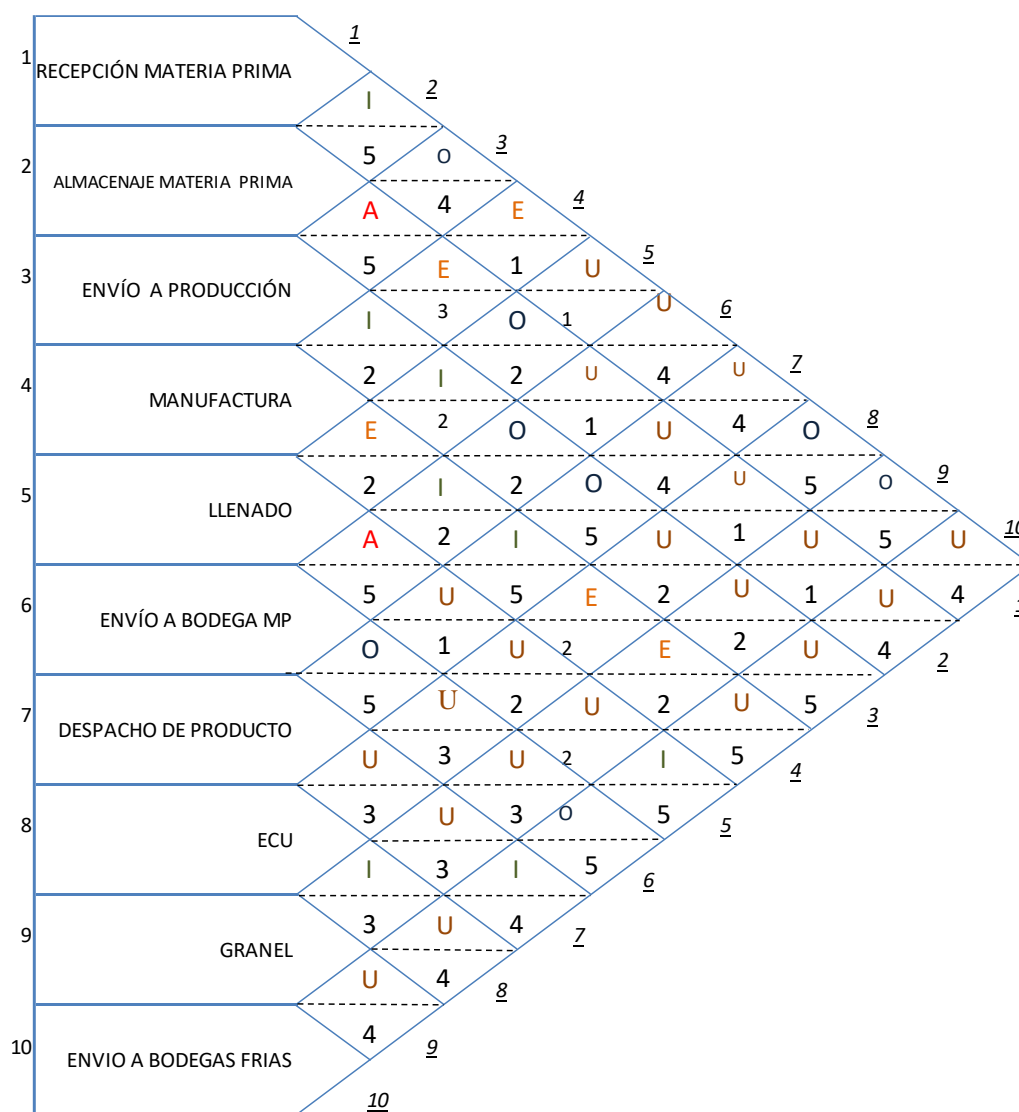
Los dos procesos A, absolutamente necesarios esta ubicados por razones de conveniencia ambos, entre las bodegas de materia prima y produccion y las bodegas de empaque y las lineas de llenado, esto para hacer mas eficientes los procesos de alimentacion de materia prima y que el empaque llegue rapida y eficientemente a las lineas para que no se vean impactadas.

De los 5 procesos tipo I, especialmente importantes, dos de los 5 son tambien relaciones entre bodegas de materia prima, despacho y manufactura.

De los proceso importantes, 7 en total, tres estan ligados a realciones entre areas de manufactura, y los otros 4 entre las las areas de despacho y recibo con las areas de almacenes y llenado. Todas tambien razones de conveniencia.

En la figura 26 se puede apreciar el diagrama construido, el cual muestra las relaciones mapeadas entre areas, donde las áreas de almacenes juegan un papel crítico.

Figura 26 Diagrama de relaciones entre áreas CCI Liberia



Nota: Ronny Alfaro

Almacenaje de materia prima y envío a producción

La presente actividad se considera de suma importancia y de exclusiva necesidad, ya que el almacenamiento de materia prima, es decir, la bodega de materia prima (RM) debe contener la cantidad necesaria de acuerdo con la producción que requiere ser suplido, al igual que producción debe manejar un pedido mínimo de materia prima para poder ejecutar la producción de llenado y/o alisto de fórmulas para cumplir la demanda.

Líneas de llenado y bodega de RM

Una actividad que depende mucho del espacio de almacenamiento, una vez que el producto se encuentre listo; el proceso de llenado de envases conlleva a un almacenamiento relativamente grande, para que el producto en espera pueda ser despachado, si producción realiza una cantidad extensa de llenado, la misma bodega tiene que poseer el espacio suficiente para almacenar todo lo producido, y las condiciones adecuadas para que el producto no sufra daños ni deformaciones en su embalaje o contenedor.

Departamentos especialmente importantes

La relación entre estos departamentos influyen en actividades que complementan sus procesos pero no de manera directa, claro ejemplo se puede ver como la actividad de recepción de materia prima con manufactura o el almacenaje de materia prima con manufactura, que como actividad que influye en ello es la producción, que va a determinar la cantidad de producto que sale para poder ser despachado, por otro lado si la materia prima no llega a recepción y tampoco se tiene almacenamiento de esta, el proceso de manufactura va a impactado.

Otros procesos que son especialmente importantes dependen de la forma en que la producción avanza para poder ejecutar una orden de despacho o una orden de almacenamiento,

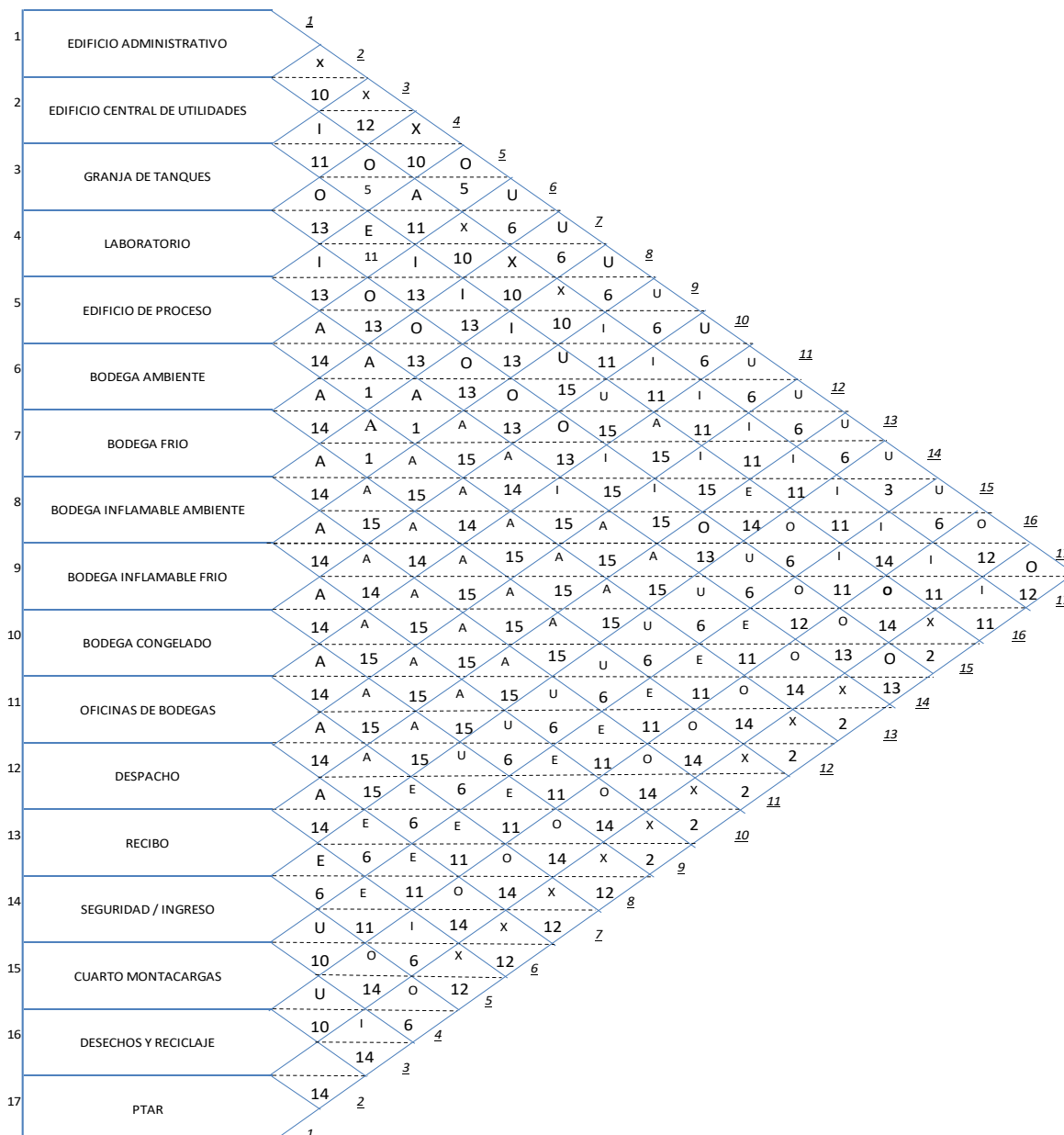
Departamentos importantes

Aquellos que mantienen una información cercana, y no están ligados directamente con la producción, pero si hay brechas si no se ocupa su espacio, como la recepción de materia prima y el almacenaje, ya que, si la materia prima no tiene lugar de almacenamiento, se puede dañar y presentar dificultades que va a impedir a producción generar la transformación a producto terminado. Otro aspecto de importancia a considerar es el despacho de producto terminado a bodega fría, debido a que, si el producto no puede ser almacenado según las características dadas, el producto puede deteriorarse y no ser apto para su uso en producción.

Las interacciones entre los departamenteo ordinarios, asi como las dedepartamentos no deseables o sin importancia se omitieron del reporte por cuestion de relevancia.

En la figura 27 se pueden apreciar, con el mismo analisis el diagrama de relaciones entre áreas:

Diagrama de espacios CCI, Liberia



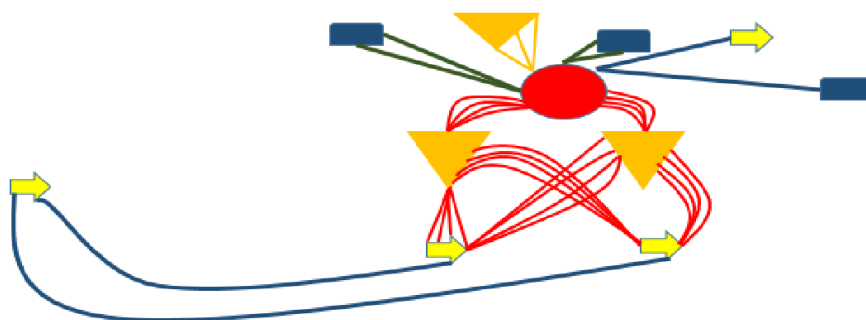
Nota: Ronny Alfaro

En la figura 27 las memorias de cálculo utilizadas para el desarrollo del diagrama de relaciones entran áreas de CCI:

lado, las actividades de transporte son normales entre los almacenes, esto denota los medios de transporte y facilita la movilidad entre las áreas, hacia los almacenes o despacho.

A su misma vez, la bodega o almacén de materia prima presenta una importancia de acuerdo con la fabricación del producto, esto determina la cantidad requerida que el almacén puede abastecer para que la fabricación del producto pueda realizarse, es importante también porque detalla la actividad posterior al ensamble para dar con el producto terminado, esto va de la mano, el proceso de fabricación y el proceso de ensamble, fabricación realiza el proceso de inicio del producto, y es absolutamente necesario que el producto se encuentre bien fabricado, para que se pueda ensamblar o sub ensamblar y dar como fin al producto terminado. En la figura 29 el detalle del flujo según el diagrama

Figura 29 Diagrama de espagueti CCI Liberia flujo



Nota: Ronny Alfaro

La conexión entre el departamento establece un orden prioritario entre las necesidades de cada área, llevando consigo el manifiesto de ordenes adyacentes a actividades fuera de áreas de producción, como lo es el área de despacho, que necesita una conexión eficaz de todos los departamentos para que el producto pueda ser entregado al cliente

Después de la amplia recopilación de datos y la aplicación de las herramientas de diseño de almacenes de Baker, junto con las herramientas de análisis exploratorio, se puede analizar el diseño de almacenes en términos de infraestructura y ubicación de áreas, para estimar las interacciones. La figura 30 muestra la perspectiva de la zona de almacenes:

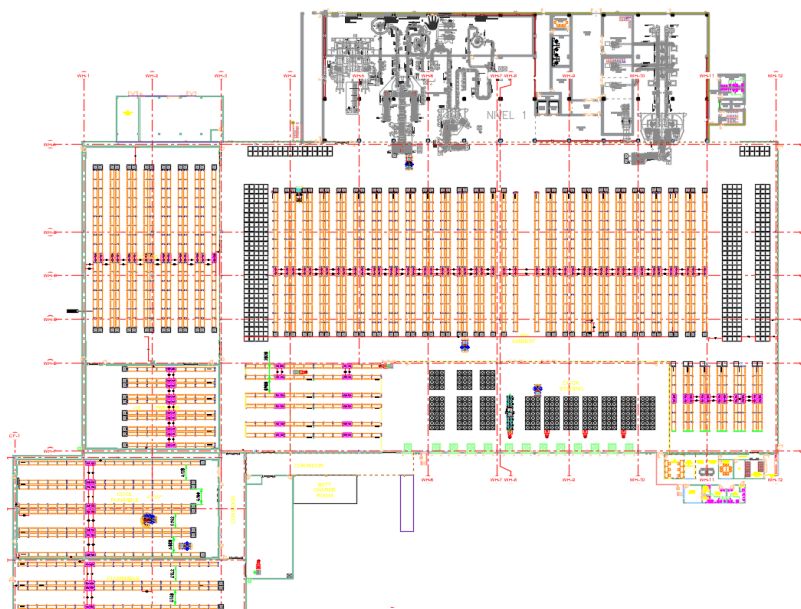
Figura 30 Perspectivas área de Almacenes CCI, Liberia



Nota: Planos constructivos Lamina WH-G-002

El edificio de almacenes cuenta con un área total superior a los 15,500 metros cuadrados, dentro de los cuales alberga distintas zonas de almacenamiento, segregadas por sus características o funcionalidad. En la figura 31 se muestra la configuración espacial propuesta para el área de almacenes:

Figura 31 Configuración almacenes vista planta



Nota: Planos constructivos Lámina WH-G-002

En el diagrama siguiente se muestra segregado por zonas, la zona sombreada de verde, se encuentran las líneas de llenado de partes líquidas y secas, estas líneas entregan concentrado a las zonas de intercambio en las que los LGV recolectan las paletas y las llevan al almacén.

En la parte central del edificio de bodegas, se encuentra el área de almacenamiento a temperatura ambiente, destinado para almacenar materia prima y producto terminado, tanto líquido como seco, Esta área cuenta con más de 13 mil posiciones paletas, en rack selectivo; configurados en pasillos angostos de 2.1 metros y altura de 8 niveles, con una altura máxima de 12.5 metros y alrededor de 1200 posiciones de almacenamiento a piso.

El área de la bodega de refrigerado, que opera entre 4°C y 10°C, que cuenta con una capacidad de 4 mil posiciones en rack selectivo, de pasillo angosto y la misma altura que el de ambiente. Esta cámara es el ante sala de la cámara de congelado, un área de almacenamiento que trabaja entre -16°C y -20°C y tiene una capacidad cercana a las 1,400 posiciones paleta en la misma configuración de racks mencionada.

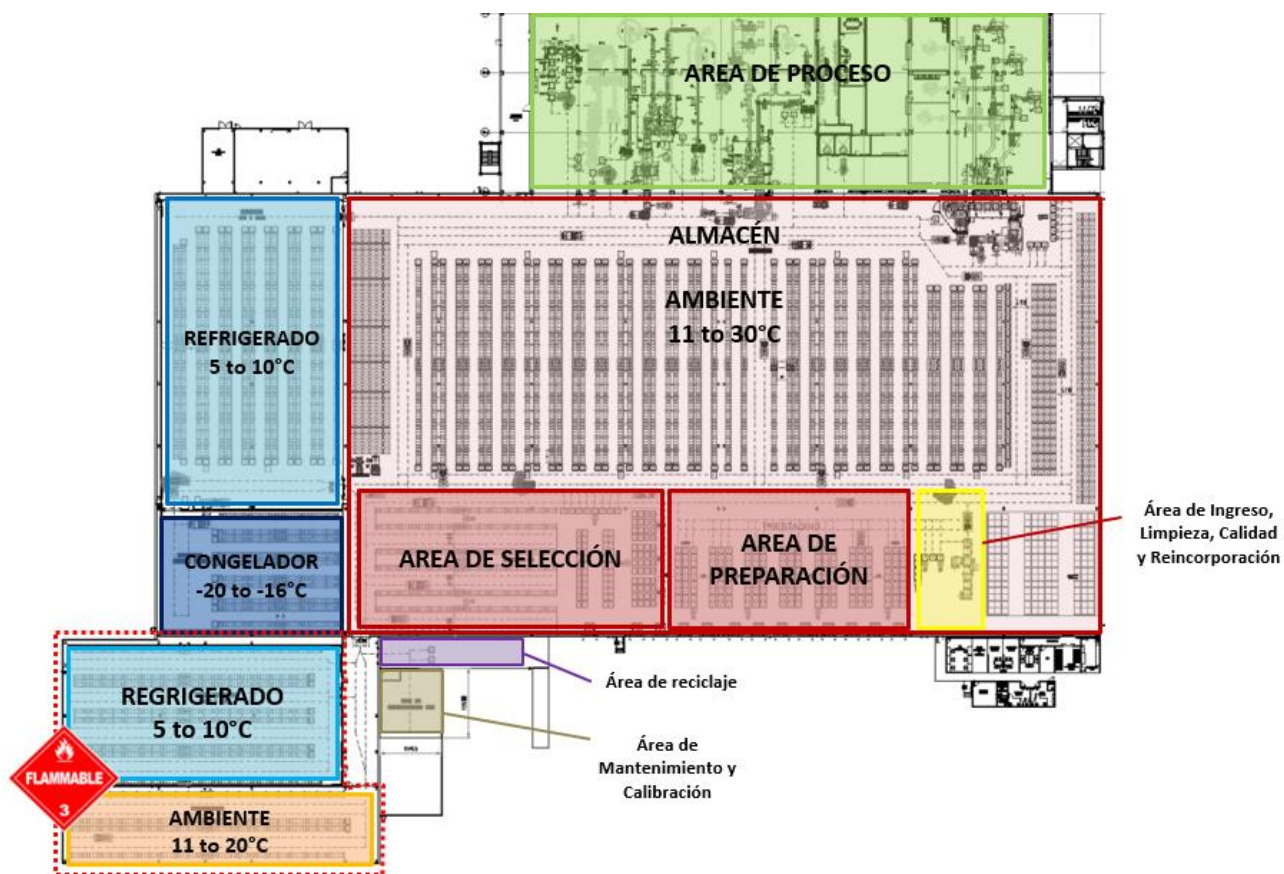
El área de almacenamiento de inflamables dividida entre frío que opera entre 4°C y 10°C y ambiente, cuenta con 2 300 posiciones paleta en 5 niveles de almacenamiento. El área de Picking, el nodo de intercambio entre paletas de almacenes a despacho y producción tiene 200 posiciones en 4 niveles.

El área de recibo de materiales y despacho de materias primas se encuentran al lado interno de los 12 docking disponible para carga y descarga de materiales.

En la zona marcada en amarillo se plantea utilizar un equipo muy importante, el profile checker. Este equipo es en términos generales un transportador donde se coloca la carga, se verifica, por medio de mediciones laser, si las dimensiones de la tarima son las adecuadas puede colocarse en un rack.

Adicional a esto en la periferia se encuentran pequeñas áreas operativas como el Drivers Lounge, el área de reciclaje y el cuarto de carga de montacargas, todas destinadas a dar servicio de algún tipo al área de almacenes. La figura 32 muestra lo que se ha construido:

Figura 32 Layout áreas de almacenes CCI Liberia



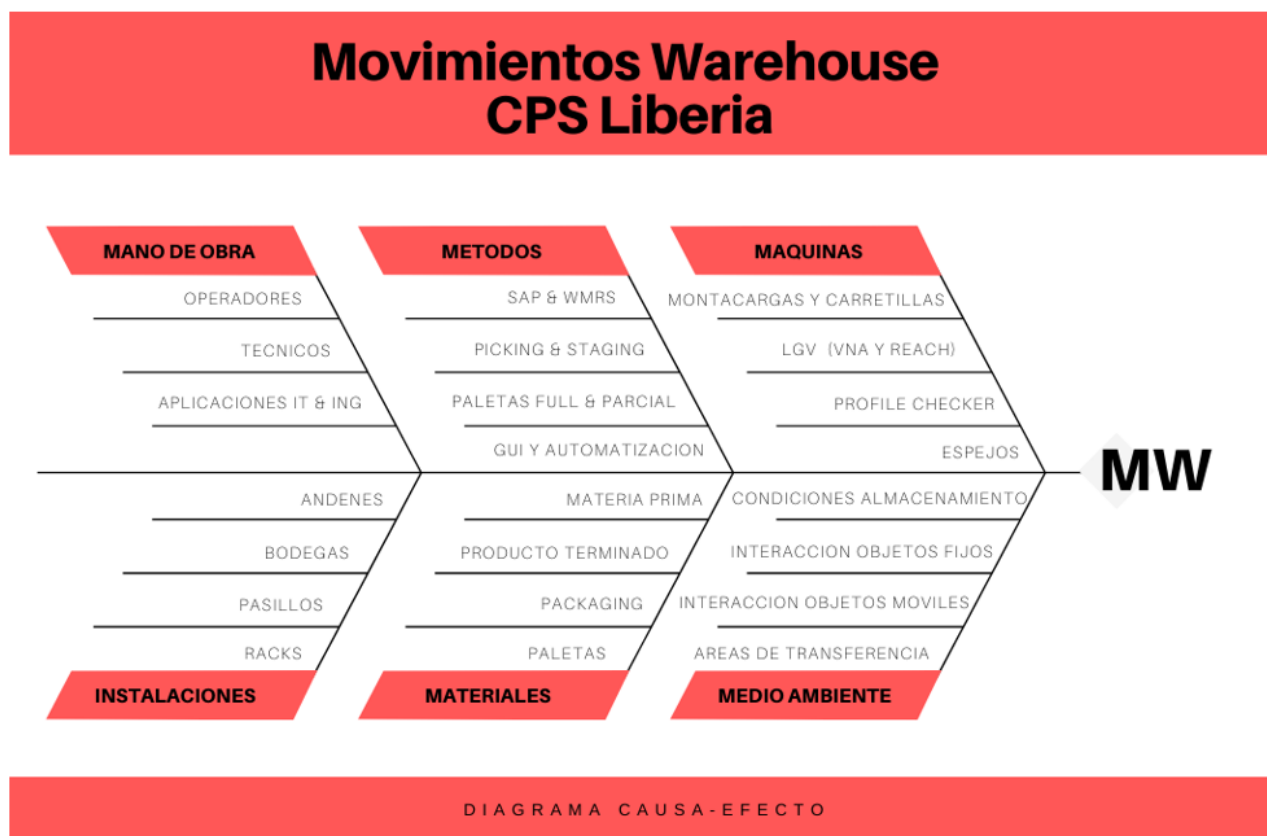
Nota: Ronny Alfaro

Análisis Causa - Efecto

Con la aplicación del diagrama de causa-efecto, que en este caso no se aplica directamente para identificar las causas de un problema, sino más bien para mapear los diferentes factores que constituyen un sistema, una aplicación válida de este diagrama según la teoría analizada.

De este análisis, se desprende el diagrama de causa-efecto que se muestra en la figura 33, el cual refleja los principales factores mapeados que influyen para la operación de las bodegas de CPS Liberia.

Figura 33 Diagrama Causa-efecto Bodega CPS, Liberia



Nota: Ronny Alfaro

Estos factores se deberán tomar en cuenta dentro del proceso de conceptualización y diseño del área de almacenes en CPS, Liberia, y claramente todos los movimientos requeridos dentro de este para que se vean reflejados en el modelo de automatización de los equipos autónomos.

En este caso, se definió la salida del estudio como los movimientos de bodega (MW) y se definieron las seis principales corrientes de factores que afectan los movimientos de bodega para sucedan:

Mano de obra

En este apartado, hay dos temas importantes por considerar:

Seguridad en la interacción: los equipos de movimiento de carga son autónomos, pero hay procesos en los que podrían interactuar con personal realizando tareas manuales en los procesos de carga y descarga de contenedores y limpieza, por lo que existe un posible riesgo de seguridad.

Servicio técnico: estos equipos requieren un nivel distinto de preparación técnica por la

complejidad de sus sistemas de funcionamiento, navegación e interacción, lo que requerirá del desarrollo de este servicio. En el país o en la región no se cuenta con personal entrenado ya que estos son los primeros equipos en instalarse.

Métodos:

Este apartado representa es muy importante ya que representa el cambio en la forma de hacer las cosas. Los factores indicados se pueden agrupar en dos:

SAP/WMRS – GUI/Automatización: de acuerdo con el mapeo del proceso actual, el método actual es una mezcla de un proceso de manejo de bases de datos en SAP con la interfase de WMRF para interactuar con esta base de datos. El proceso de movimientos físicos de las cargas es manualmente realizado por equipos convencionales de manejo de carga y se debe aplicar herramientas para mapear el flujo necesario en Liberia.

Picking / Staging – Paletas full o Parcial: el requerimiento de tarimas completas por parte de producción, para manufacturar, o de despacho, para preparar un alisto de producto terminado, no siempre son de tarimas completas, si no parciales de tarima o cantidades menores a la tarima completa.

Maquinas:

En el apartado de máquinas, se hará mención de las características técnicas de los equipos para incluirlos en el diseño:

Equipos manuales: de los 16 tipos de misiones identificados, solo 2 son realizados con equipos manuales, a mencionar montacargas eléctricos y carretillas.

VNA y REACH: los restantes 14 tipos de misiones están distribuidos entre los equipos guiados por láser, estos son de dos tipos, VNA (por sus siglas en inglés para pasillo muy angosto) haciendo referencia a que necesitan mucho menos espacio de pasillo y los REACH, por su característica de trabajo recolectando cargas desde las áreas de intercambio,

Profile Checker: este componente es muy importante para las interacciones entre equipo e instalaciones, ya que este verificador de dimensiones asegura que las cargas que recolecto el LGV son seguras y no tienen riesgo de chocar con la estructura del rack.

Materiales:

Con respecto a los materiales que circulan en la bodega se identificaron en el diagrama sus principales características, no es un tema considerado mayor y se expondrán en el capítulo

siguiente las características generales de la materia prima y el empaque, el producto terminado y las paletas ya que de estas tablets algunos datos son considerados en el diagnóstico.

Instalaciones:

Con respecto a instalaciones, el tema más importante dentro del análisis del diseño es el papel que juegan los racks, ya que estos equipos forman un sistema fijo gigante de almacenamiento vertical, que en su totalidad tiene más de 23 mil posiciones paletas disponibles.

Medio ambiente:

En lo relacionado a medio ambiente, los dos temas de mayor peso son las interacciones y áreas de transferencia, ya abordado en los apartados de mano de obra y método. El segundo factor importante dentro de la ecuación de almacenes este dictado por las condiciones de almacenamiento, pero este es un tema ordenado directamente por SAP a cada ingrediente, así que una vez mapeado no hay posibilidad de cambiarlo.

Simulación:

La etapa final del proceso es tomar todos las variables, requerimientos y condiciones y por medio de un software utilizar funciones matemáticas para imitar el funcionamiento del modelo compuesto por las cargas, las instalaciones y los equipos que conjugados le dan vida al almacén.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado, se presentarán las conclusiones y recomendaciones que aplican al proyecto posterior a las etapas de definición, medición, y análisis para obtener un resultado con respecto a esta investigación

Conclusiones

La planta, por su configuración de productos, debe trabajar en configuración de cadena de producción según la distribución del análisis PQ. De acuerdo con las herramientas exploratorias utilizadas, el diseño del flujo de proceso debe ser lineal, donde el departamento de almacenes es uno de los ejes centrales de la operación. Adicionalmente, la teoría de diseño de almacenes, por medio de un procedimiento estructurado, confirma los datos de esta conclusión, donde el flujo inicia en el área de recibo con la recepción de materia prima y empaque y realiza una especie de círculo, según el diagrama de espagueti, para salir del flujo como producto terminado hacia el cliente.

De acuerdo con la magnitud de los datos analizados, la cantidad de movimientos anuales es masiva, más de 1300 misiones promedio diarias, para un número cercano a los 70 mil movimientos anuales, ya que se requiere diseñar una nueva configuración de flujos de movimiento dentro de la planta ya que el método de trabajo cambio de un proceso manual a un proceso automatizado, impactando mucho este aumento el manejo automático de las tarimas de parciales de materia prima y producto terminado, que requieren un proceso adicional de preparación.

Dentro de la matriz de variables que se consideran dentro del proceso y de acuerdo con el análisis de las variables identificadas, el mayor impacto en el método de movimientos se genera debido a la composición de las tarimas solicitadas en Producción y despacho, se requiere un área de intercambio de materiales de la paleta origen a una nueva paleta destino conocida como área de Picking.

De acuerdo con los análisis realizados la propuesta es contar con:

- 5 carretillas LGV modelo REACH
- 4 carretillas LGV modelo VNA
- Un profile Checker para asegurar la parametrización de las tarimas
- Sistema de control GUI

De acuerdo con el modelo de simulación planteado, esta cantidad de equipos lograra el objetivo requerido de movimientos.

Adicionalmente el análisis financiero del proyecto reflejo datos de:

- TIR 329,51%
- VAN \$ 22 792 875,25

Los costos elevados de manejo de la planta de San José generan un valor de oportunidad perdida muy alto que hace atractivos estos números.

Recomendaciones

Del análisis realizado se obtuvieron una serie de recomendaciones que se plasmaran en este apartado:

El entrenamiento al personal de operación, técnicos de mantenimiento e ingenieros es clave para el correcto funcionamiento de los equipos.

Estos equipos autónomos tienen seguridades muy avanzadas, pero se recomienda realizar un procedimiento de seguridad para la interacción de estos equipos con personal u otros equipos manuales.

Segregación de las áreas de operación de los equipos autónomos para reducir el riesgo de un incidente ligado a la interacción con elementos fijos o móviles y personas.

Utilizar el diagrama propuesto para movimientos de materiales dentro de las bodegas de CCI

Crear un área de almacenamiento para Picking, que tenga al menos 213 posiciones paleta, 45 a nivel de piso para operadores y 168 posiciones en los niveles superiores del rack para operación de los LGV.

Se requiere una estandarización del material de empaque, especialmente de las tarimas por lo que se recomienda un estricto control de calidad de estas.

Es recomendable contar con un técnico entrenado en sitio por al menos 3 meses posterior a la puesta en marcha, idealmente un año para una robusta transmisión de conocimiento.

Se recomienda generar un manual de diseño funcional del sistema, que capture todas las tareas que no son comunes, pero que son requeridas por particularidades del proceso o de SAP / WMRF. Este

manual permitirá brindarle al proveedor casos específicos de fallo fuera del Pareto que son claves de tener en cuenta.

Se recomienda adquirir los equipos autónomos indicados en el modelo de diseño inicial según los cálculos de movimientos realizados.

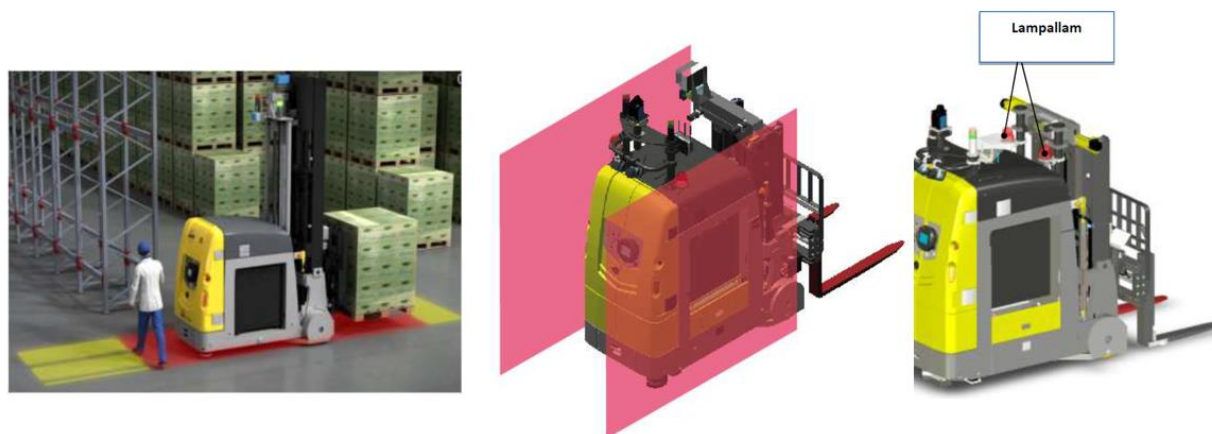
CAPÍTULO VI PROPUESTA

Con respecto al detalle de los factores reconocidos dentro del capítulo de análisis, se han identificado los aspectos de mayor impacto para desarrollar el diagnóstico de la situación presentada, para con esto generar la propuesta.

Mano de obra

Seguridad en la interacción: entre los equipos y las personas, los equipos tienen dispositivos y características, certificadas por entes internacionales (ANSI B56.5 y EN 1525) para asegurar la interacción segura con personas, objetos en movimiento y objetos fijos. En la figura 34 se muestran algunos ejemplos de los dispositivos, que básicamente se refieren a sensores perimetrales que detienen el equipo si detectan algún riesgo.

Figura 34 Dispositivos Seguridad LGV



Nota: Cotización Elettric80

Al revisar las características de seguridad de los equipos, inclusive tienen estándares más altos a los solicitados en la norma, por lo que no se considera que los equipos autónomos generen un riesgo, pero esto solo resuelve un lado de la ecuación, ya que el personal del área o los equipos móviles también podrían cometer errores o imprudencias (humanos) aun con las medidas de seguridad de los LGV.

El reto más grande lo presente el recurso técnico en sitio para realizar las reparaciones técnicas y mantenimiento, ya que son equipos únicos en el país y la región, lo que requiere de la instauración de un recurso en sitio para solventar problemas técnicos de un nivel de especialización distinto al

existente en planta. Adicionalmente los costos por hora del proveedor son muy elevados, la tabla 4 muestra los costos por hora, esto sin incluir viáticos o tiquetes aéreos.

Tabla 4 Costo servicio Técnico E80

COSTE HORARIO		
	Mecánico Electricista	Programadores PLC, PC, LGV Site Manager
1. Tarifa horaria días laborables durante las 10 primeras horas Las 10 primeras horas de trabajo/tiempos de espera/viaje de las 6:00 a las 22:00h	70,00 €	98,00 €
2. Tarifa horaria días laborables, horas extraordinarias Después de las 10 primeras horas de trabajo/tiempos de espera/viaje de las 6:00 a las 22:00h	86,00 €	122,00 €
3. Tarifa horaria días laborables, horario nocturno Por trabajo/tiempos de espera/viaje de las 22:00 a las 6:00h	105,00 €	147,00 €
4. Tarifa horaria: sábados, domingos y festivos Por trabajo/tiempos de espera/viajes de las 00:00 a las 24:00h	105,00 €	147,00 €
5. Al día y por técnico: horario nocturno, sábados, domingos y festivos Compensación extra fija por trabajo/tiempos de espera/viaje en horario nocturno y sábados, domingos y festivos	175,00 €	

Nota: Cotización Electric80

Método

SAP/WMRS – GUI/Automatización: de acuerdo con el mapeo del proceso actuales, cada carga que ingresa dentro de la bodega se registra por medio de una pistola de códigos de barra a un sistema WMRS (por sus siglas en inglés para manejo de bodegas por radio frecuencia).

Este sistema está ligado directamente con SAP, que a su vez reconoce el artículo, emite una etiqueta y da instrucciones de donde guardarlo. El montacarguista mueve la carga a su posición en la bodega. Cuando Producción requiere este material, se imprime un documento que se llama Picking list. Con este documento el montacarguista va a área donde esta almacenada la carga requerida. Ahí toma el inventario solicitado y lo lleva al área de producción. Todos estos movimientos son capturados por medio de las pistolas en WMRS y por ende a SAP.

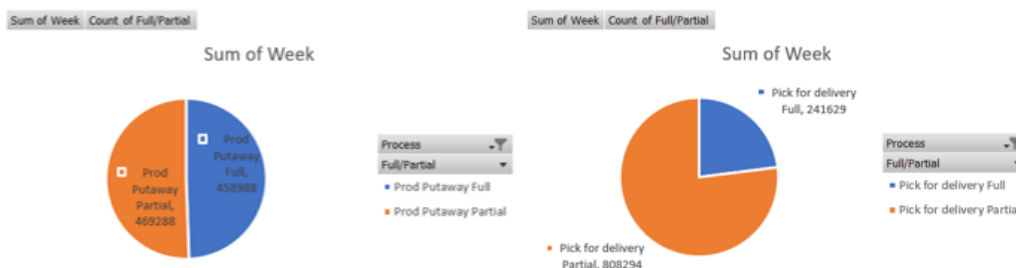
Producción realiza la transformación a Producto terminado y el montacarguista nuevamente recibe una indicación impresa de donde guárdalo. Una vez requerido para despacho el montacarguista lo busca en la bodega y lo lleva al área de despacho. También estos movimientos son capturados en SAP por el operador a través de WMRF. SAP lleva control de cada producto y su ubicación dentro de la bodega, pero depende de la exactitud del operador a la hora de hacer el movimiento e indicar la cantidad del movimiento.

Se realizó una extrapolación de los movimientos requeridos en la planta actual utilizando la base de San José, tomando en cuenta desde el inicio al fin de la ruta del diagrama de proceso, se listan en el siguiente resumen:

- Descarga de RM / PKG desde camión / contenedor
- RM / PKG desde la puesta en Dock de staging hasta el almacenamiento en almacén
- Paletas completas de RM desde el almacén hasta la producción
- Picking de paletas mixtas de RM desde el área de picking hasta la producción
- Devolución de RM de picking a Almacenamiento Bodega
- RM desde almacenamiento en almacén hasta picking
- Envases vacíos desde la producción hasta el área de reciclaje
- FG desde líneas de llenado hasta almacenamiento en Bodega
- Contenedores WIP desde el elevador hasta una etapa de piezas secas (nivel 1)
- Contenedores vacíos desde partes secas (nivel 1) al elevador
- FG de ambiente a cooler (envejecimiento)
- Paleta completa de FG desde el almacenamiento hasta la puesta en docks en andén
- FG de Almacenamiento Bodega en almacén a picking
- FG regresa de picking a Almacenamiento Bodega
- picking de paletas mixtas de FG desde área picking hasta el Dock de staging andén
- FG cargando en el camión / contenedor

Picking / Staging – Paletas full o Parcial: Tanto en producción como en despacho los requerimientos de materia prima no son siempre de tarimas completas, en un porcentaje mayor al 50% de los requerido por ambas áreas se requieren cantidades menores a la unidad de almacenamiento de una paleta, por lo que se debe plantear una solución que permita realizar esta tarea manual de extraer porciones de una tarima, pero en interacción con el área autónoma que mueve las cargas dentro y fuera de la bodega. En el balance de paletas full contra parcial puede ver que el porcentaje de parcial versus full entrando a producción es muy parejo, siendo el parcial ligeramente mayor con un 51%, pero en el mis de producto terminado para despacho, el porcentaje de paletas parciales de del 71%. Esto se muestra en la figura 35.

Figura 35 Balance Full vs Parcial Materia Prima y Producto Terminado



Nota: Ronny Alfaro

El diseño actual del área de recolección se compone de 168 posiciones en el piso debajo de los Racks más 45 posiciones de piso administradas por los operadores, es decir, 213 lugares de paletas. El reposicionamiento en racks está compuesto por $168 \times 3 = 504$ lugares de paleta. Al comparar con los datos promedio y máximo históricos 2018 de la figura 36 se puede decir que:

Figura 36 Máximo y Promedio SKU

	SKUs	Paletas
Max	195	386
Average	98	207
Max – Solo Production	65	140
Avg – Solo Production	38	75
Max – Solo Shipping	136	278
Avg – Solo Shipping	65	141

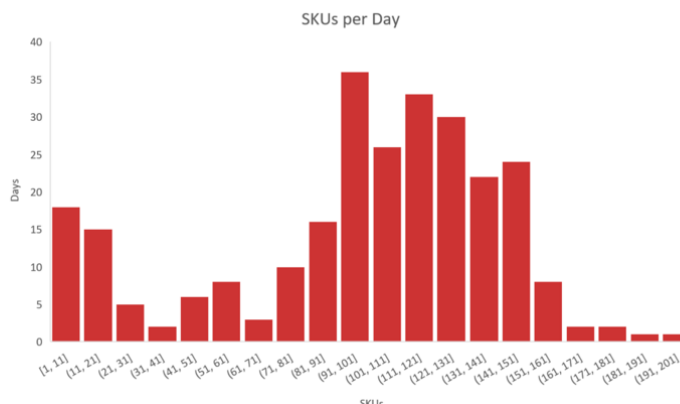
Nota: Ronny Alfaro

- El 98% del tiempo se utilizan menos de 170 SKU en un día para los procesos de selección
- El 98% del tiempo, LGV puede poner a disposición todos los SKU necesarios para el día en las posiciones de piso con el reabastecimiento nocturno
- 50% de las veces se usan menos de 213 paletas en el área de recolección
- 50% del tiempo, en promedio, no se necesitan operaciones de reducción o reabastecimiento durante el día. Ver figura 37

Figura 37 Distribución SKU por periodos de tiempo y subdivisiones

SKUs	# día 2018	% of 2018
1-50	43	16%
51-100	71	26%
101-150	137	51%
151-200	17	6%

151-160	11	4%
161-170	1	0%
171-180	2	1%
181-190	1	0%
191-200	2	1%



Nota: Ronny Alfaro

- El 88% del tiempo, menos de 300 paletas son usadas en:
 - Aproximadamente, se necesita el 17% del área de exceso de existencias para mantener todas las paletas del día
 - Significa que el 88% del tiempo, como máximo, se debe ejecutar 87 operaciones de reducción / reabastecimiento en 16 horas (5.4 misiones / h)
 - En el peor de los casos, 137 operaciones de reducción / reposición en 16 horas (8,5 misiones / h)
 - El número de misiones se mitiga por el número de SKU requerido para ese día (proporción inversa)
 - Los puntos de piso que no están ocupados por nuevos SKU distintos se rellenan con paletas adicionales de SKU ya presentes en el picking, como stock extra para el día

Maquinas

En el apartado de máquinas se evaluarán las características técnicas de cada equipo contra el requerimiento.

Equipos manuales: de primera entrada los equipos manuales que se utilizan para las tareas de carga y descarga de contenedores, no tienen más interacción dentro del mapeo.

VNA y REACH: las fichas técnicas de los equipos autónomos permiten determinar algunas de las variables de estudio dentro de la simulación. Los valores más importantes son la velocidad,

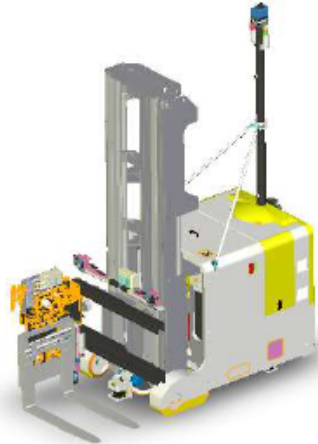
capacidad de levante y elevación máxima para ambos equipos. Las tablas 5 y 6 hacen referencia a esta información.

Tabla 5 Ficha técnica Reach

Modelo LGV	Reach 14
	
sentido de cargado / deposito de la UDC	1.200 / 1.000 mm.
Velocidad máx.	<ul style="list-style-type: none"> • 1.5 m/s <p>La velocidad real depende de la aplicación. Para operación LGV en externo en adversas condiciones meteorológicas (lluvia, niebla, etc...) se utilizan dispositivos de seguridad electro-mecánicas (bumpers), en tal caso la velocidad LGV es de: 0,3-0,5 m/s</p>
Ruedas	<ul style="list-style-type: none"> • 3 ruedas : 1 motorrueda y 2 locas
Pendiente máxima	1%
Comunicación	Wi-Fi
Dispositivos LGV	<ul style="list-style-type: none"> • Horquillas : <ul style="list-style-type: none"> ○ 2 ○ 1200/1000 ○ Independientes / Individual
Tipo de montante	Triplex / elevación libre
Capacidad máx. de carga y relativo baricentro	1.350 Kg (baricentro puesto a 600 mm de la torre horquillas)
Alto máx. de elevación	8.000 mm (alto alcanzado por las horquillas a carga reducida)
Técnica de navegación LGV	Láser estándar: Con torre láser fija H= 4000
Dispositivos de seguridad a bordo LGV	Estandár de seguridad: veder capitulo deseguridad LGV

Nota: Especificaciones E80

Tabla 6 Especificaciones Técnicas VNA

Modelo LGV	VNA
	
sentido de cargado / deposito de la UDC	1.000 mm.
Velocidad máx.	<ul style="list-style-type: none"> • 1.5 m/s <p>La velocidad real depende de la aplicación. Para operación LGV en externo en adversas condiciones meteorológicas (lluvia, niebla, etc...) se utilizan dispositivos de seguridad electro-mecánicos (bumpers), en tal caso la velocidad LGV es de: 0,3-0,5 m/s</p>
Ruedas	<ul style="list-style-type: none"> • 3 ruedas : 1 motorueda y 2 locas
Pendiente máxima	1%
Comunicación	Wi-Fi
Dispositivos LGV	<ul style="list-style-type: none"> • Horquillas : <ul style="list-style-type: none"> ○ 2 ○ 1000 ○ Bi Lateral
Tipo de montante	Triplex / elevación libre
Capacidad máx. de carga y relativo baricentro	1.200 Kg (baricentro puesto a 600 mm de la torre horquillas)
Alto máx. de elevación	12.000 mm (alto alcanzado por las horquillas a carga reducida)
Técnica de navegación LGV	Láser estándar: Con torre láser fija H= 4000
Dispositivos de seguridad a bordo LGV	Estandár de seguridad: veder capitulo deseguridad LGV

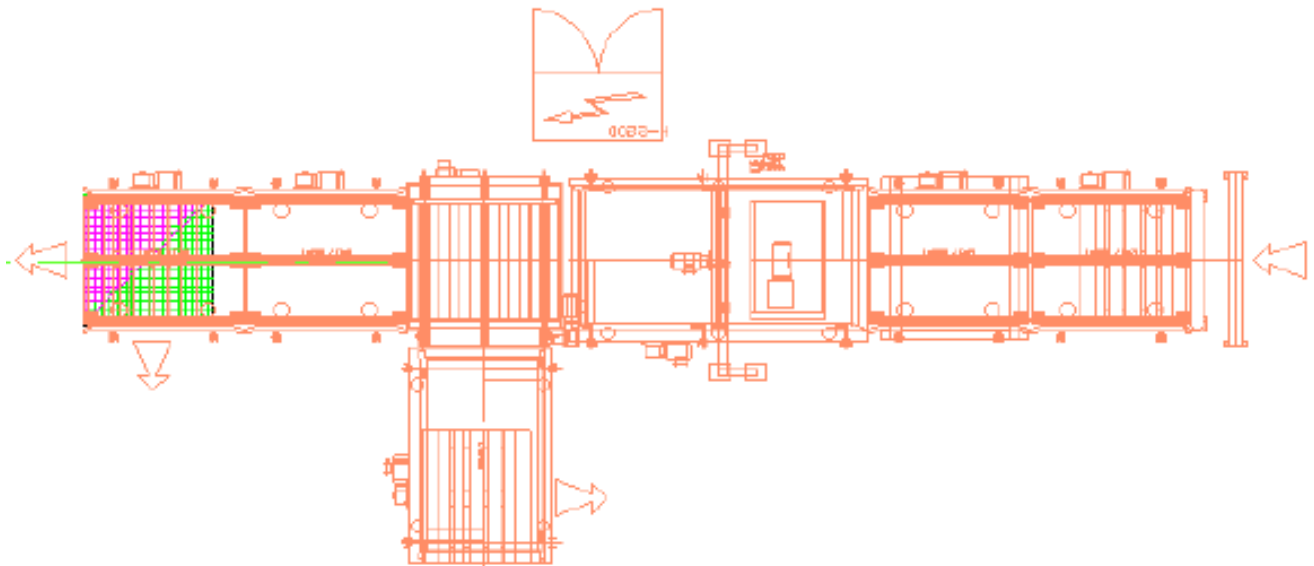
Nota: Especificaciones E80

Profije Checker: este elemento revisa todas las tarimas que ingresan al almacén, por lo que es muy importante considerar sus condiciones técnicas para que no se convierta en un cuello de botella.

Principales características:

- Sistema de control del peso (+/- 1 KG)
- Sistema de control galibo (+/20 mm)
- Scanner SICK Barcode A5
- Armario eléctrico dedicado y PC industrial Siemens
- Sistema de rechazo pallets inconformes (1 Pallet de Buffer) Prestaciones del sistema stand-alone:
- Recepción hasta 30 pallets/hora

Figura 38 Profile checker



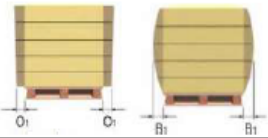



Nota: Especificaciones E80

Materiales

En lo que respecta a materiales, se ha recopilado el resumen de las características más importante para ser tomadas en cuenta dentro del diseño del sistema de movimientos autónomos y su interacción con los LGV y el profile checker. La tabla 7 muestra las especificaciones de E80 en cuento por material.

Tabla 7 tabla especificaciones materiales

<p>UNIDAD DE CARGA (PALET ID)</p>	<p>UDC producto acabado (FG) UDC Raw Material (RM) UDC Insumos (PKG)</p> 
<p>Producto/Estabilidad</p>	<p>Palets Etable</p>
<p>Tipo de pallet</p>	<p>Pallet madera – IBC</p>
<p>Lado de toma del UDC por LGV</p>	
<p>Dimensión del pallet madera [mm]</p>	<p>MAX 1220x1040</p>
<p>Alto máx. (mín) del UDC – [mm]</p>	<p>1.500 (800)</p>
<p>Peso máx. (mín) del UDC – [kg]</p>	<p>1.350 (400)</p>
<p>Contenido UDC Desborde máx. externo o interno</p> 	<p>O1+B1 Desborde externo max lado largo: 50 (max 1.270) Desborde externo max lado corto: 40 (max 1.080) Desborde interno ambos lados: -50 mm</p>
<p>Verticalidad UDC</p> 	<p>Verticalidad sobre el lado ancho: - desborde ext. máximo + 50 mm (max 1.270) Verticalidad sobre el lado largo: - desborde ext. Máximo + 50 mm (max 1.080)</p>
<p>Precisión de posicionado para recoger de equipos de otros suministradores</p>	<p>+/- 1 cm en el plano x/y</p>

Nota: Especificaciones E80

Simulación:

Para el ejercicio de simulación se utilizaron las entradas de información disponible que se ha recopilado a lo largo de este documento y particularmente en este apartado. Las tablas 8, 9 y 10 presentan los datos de entrada al simulador.

Tabla 8 Datos esenciales

Operación de la fábrica [turnos/día, horas/turno)	2 turnos/día x 8 h/día x 365 días/año
Alto útil (distancia libre) a disposición	Alto hasta el techo (debajo bigas/tuberías...) 14.000 mm a confirmar Alto mínimo de puertas/pasos/pasillos: 5.000 mm a confirmar
Energía – Tensión eléctrica principal e presión neumática a ser garantizado por el cliente – por cada bajada Importante No se aceptan sistemas de puesta a tierra IT (Aislamiento Tierra)	Tensión principal* Europa 400 V/50 Hz 3ph+tierra Tensión secundaria* (master pc, etiquetadora..) Europa 230 V/50 Hz 1ph+tierra Aire comprimido (presión) Aire limpio y seco min. 6 Bar (85 PSI) – max 10 Bar (145 PSI) Aire comprimido (volumen) NI/m (cfm) dependiendo de la aplicación* *Número de bajadas, tensión, amperaje, volumen de aire a determinar en fase de diseño definitivo
Tensión eléctrica del suministro Electric80	<u>Potencia de alimentación armarios eléctricos</u> 400 V ac <u>Auxiliar (controles)</u> 24 V dc <u>Dispositivos perifericos</u> 230 V ac
Condiciones ambientales estándar del entorno operativo	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente operativo EXCLUSIVAMENTE en interno fábrica (indoor). • <u>Temperatura entre -18°+40 °C</u> • Humedad relativa entre 5% 80% • Ausencia de excursiones térmicas que puedan generar condensación y vapores. • Ubicación de la planta a menos de 1000 metros sobre el nivel del mar. • Ausencia tanto en planta que en el aire de sustancias/elementos corrosivos/agresivos, como por ejemplo sustancias ionizantes, componentes químicos, elevada salinidad marina... • Ausencia de sustancias explosivas (planta no clasificada ATEX). <p>En caso de condiciones de funcionamiento fuera de este estándar la factibilidad debe de ser confirmada.</p>

Nota: Ronny Alfaro

Tabla 9 Datos esenciales (continua)

<p>Temperatura de baterías (indicar las desviaciones de los valores de referencia)</p>	<p>Utilizar/mantener apropiadamente las baterías dentro temperatura optimal garantiza su máxima eficiencia operacional y duración Consulte el capítulo Administración de la batería y la batería de esta oferta para las temperaturas de referencia. Importante: cualquier desviación de las condiciones de referencia deben arreglarse con Elettric80 SpA el fin de encontrar la mejor solución técnica.</p>
<p>Requisitos/características del pavimento para operación de vehículos LGV. A conformar por el cliente.</p>	<p>Para funcionar de manera apropiada y correcta los vehículos LGVs necesitan un pavimento en buenas condiciones, sin huecos, fisuras o partes sobresalientes/protuberantes, y conforme a los siguientes requisistos mínimos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rugosidad máxima 2 mm • Min. coeficiente de fricción (ruedas de poliuretano) = 0,6 • Resistencia a cargas cíclicas que generan una presión media de 60 Kg / cm². • Electricidad estática Es significativo que el suelo es capaz de disipar la electricidad estática generada por las ruedas interacción entre y piso. Típico resistencia Superficie debería ser Ohm 1x10⁶ 1x10⁹ (suelo disipativo). • Llanura y horizontalidad del pavimento: Las condiciones del pavimento afectan de manera directa las prestaciones y la fiabilidad del vehículo LGV, así como su mantenimiento. Las condiciones del pavimento deben de respetar las especificaciones indicadas a continuación, siendo a cargo y responsabilidad del cliente de efectuar toda comprueba y medida (si necesario), de comprobar la idoneidad y conformidad del pavimento a los requisitos/especificaciones. La tabla siguiente indica los criterios dimensionales de referencia aplicables en los áreas geográficos Europa y Norte America. Los metodos de comprueba son indicados en las relativas Normas de aplicación. Los valores indicados son de referencia y pueden ser revistos con Elettric80 en función del tipo de aplicación. Son aceptables valores de tolerancia más amplos pero a detrimento de rebajadas prestaciones del sistema LGV en términos generales de potencialidad y fiabilidad operativa (menor velocidad...). <p>Aunque no exista directa equivalencia entre la norma EN15620 y los valores F de las normas ACI/ASTM, la tabla a continuación indica una correlación aproximada entre ellas, excépto por Fmin y categorías DM que son directamente comparables. En el caso de utilización diferente debe ser escogida la situación más restrictiva.</p>

Nota: Ronny Alfaro

En la tabla adjunta se especifican los tipos de movimiento y las cantidades diarias promedio, la tabla 10 refleja los datos:

Tabla 10 Movimientos diarios y promedio

#	Movement	MHE	Max. Pallets/Day
1	RM/PKG unloading from truck/container	Pallet Jacks	150
2	RM/PKG from Docks Staging to Warehouse Storage	AGVs	150
3	Full pallets of RM from Warehouse to Production	AGVs	135
4	Picking of mixed pallets of RM from Picking Area to Production	AGVs	15
5	RM from Warehouse Storage to Picking	AGVs	50
6	RM return from Picking to Warehouse Storage	AGVs	50
7	Empty Packaging from Production to Recycling area	AGVs	50
8	FG from filling lines to Warehouse Storage	AGVs	200
9	WIPs bins from elevator to a dry parts staging (level #1)	AGVs	15
10	Empty bins from dry parts staging (level #1) to elevator	AGVs	15
11	FG from Ambient to Cooler (aging)	AGVs	20/week
12	Full pallet of FG from storage to Docks Staging	AGVs	130
13	FG from Warehouse Storage to Picking	AGVs	140
14	FG return from Picking to Warehouse Storage	AGVs	70
15	Picking of mixed pallets of FG from Picking Area to Docks Staging	Stock Picker	70
16	FG loading into the truck/container	Pallet Jacks	200

Nota: Ronny Alfaro

Se utilizó una herramienta de análisis y simulación que se llama E80-SDM es un paquete software de gestión almacén que, por su capacidad de comunicación con los distintos sistemas involucrados en el proceso logístico, optimiza las funciones y la operatividad de los dispositivos, garantizando el funcionamiento óptimo y eficiente de los procedimientos. Las tablas

Tabla 11 Acumulado simulación

RM/PKG from Docks to Warehouse	2	150,00	%	p/day 2019	VNA/h	REACH/h
RECEIPTS RM PKG	FLA	AMBIENTE	3,6%	5,45		0,34
RECEIPTS RM PKG	FLA	COOLER	2,8%	4,27		0,27
RECEIPTS RM PKG	NFLA	AMBIENTE	87,6%	131,42	8,21	8,21
RECEIPTS RM PKG	NFLA	COOLER	5,6%	8,35	0,52	0,52
RECEIPTS RM PKG	NFLA	FREEZER	0,3%	0,51	0,03	0,03
TOTAL LGV Mission				150,00	8,77	9,38

RM from Warehouse to Production	3	135	%	p/day 2019	VNA/h	REACH/h
ISSUES RM PKG	FLA	AMBIENTE	3,4%	4,58		0,29
ISSUES RM PKG	FLA	COOLER	3,8%	5,10		0,32
ISSUES RM PKG	NFLA	AMBIENTE	87,2%	117,66	7,35	7,35
ISSUES RM PKG	NFLA	COOLER	5,3%	7,17	0,45	0,45
ISSUES RM PKG	NFLA	FREEZER	0,4%	0,48	0,03	0,03
TOTAL LGV Mission				135,00	7,83	8,44

				p/day 2019	VNA/h	REACH/h
RM from Picking to Production	4	AMBIENTE 100%		15,00		0,94
RM from Warehouse to Picking	5	AMBIENTE 90%		50,00	3,13	3,13
RM from Picking to Warehouse	6	AMBIENTE 90%		50,00	3,13	3,13
Empty PKG from Production to Recycling	7	AMBIENTE 100%		50,00		3,13
TOTAL LGV Mission				165,00	6,25	10,31

FG from lines to Warehouse	8	200	%	p/day 2019	VNA/h	REACH/h
RECEIPTS FG	FLA	AMBIENTE	0,2%	0,41		0,03
RECEIPTS FG	FLA	COOLER	7,8%	15,67		0,98
RECEIPTS FG	NFLA	AMBIENTE	64,4%	128,81	8,05	8,05
RECEIPTS FG	NFLA	COOLER	27,2%	54,38	3,40	3,40
RECEIPTS FG	NFLA	FREEZER	0,4%	0,73	0,05	0,05
TOTAL LGV Mission				200,00	11,49	12,50

				p/day 2019	VNA/h	REACH/h
Bins from elevator to a dry parts	9	AMBIENTE 100%		15,00		0,94
Bins from dry parts to elevator	10	AMBIENTE 100%		15,00		0,94
FG from Ambient to Cooler	11	COOLER		4,00	0,25	0,25
TOTAL LGV Mission				34,00	0,25	2,13

Full pallet of FG from storage to Docks	12	130	%	p/day 2019	VNA/h	REACH/h
SHIPMENTS FG - Full Pallet	FLA	AMBIENTE	0,1%	0,18		0,01
SHIPMENTS FG - Full Pallet	FLA	COOLER	7,2%	9,31		0,58
SHIPMENTS FG - Full Pallet	NFLA	AMBIENTE	64,8%	84,28	5,27	5,27
SHIPMENTS FG - Full Pallet	NFLA	COOLER	27,5%	35,71	2,23	2,23
SHIPMENTS FG - Full Pallet	NFLA	FREEZER	0,4%	0,52	0,03	0,03
TOTAL LGV Mission				130,00	7,53	8,13

Nota: Ronny Alfaro

Tabla 12 Acumulado simulación (continua)

FG from Warehouse to Picking	13	140	%	p/day 2019	VNA/h	REACH/h
PICKING FG - Full Pallet	FLA	AMBIENTE	0,1%	0,20		0,01
PICKING FG - Full Pallet	FLA	COOLER	7,2%	10,03		0,63
PICKING FG - Full Pallet	NFLA	AMBIENTE	64,8%	90,76	5,67	5,67
PICKING FG - Full Pallet	NFLA	COOLER	27,5%	38,46	2,40	2,40
PICKING FG - Full Pallet	NFLA	FREEZER	0,4%	0,56	0,03	0,03
TOTAL LGV Mission				140,00	8,11	8,75
FG return from Picking to Warehouse	14	70	%	p/day 2019	VNA/h	REACH/h
PICKING FG - Return	FLA	AMBIENTE	0,1%	0,10		0,01
PICKING FG - Return	FLA	COOLER	7,2%	5,01		0,31
PICKING FG - Return	NFLA	AMBIENTE	64,8%	45,38	2,84	2,84
PICKING FG - Return	NFLA	COOLER	27,5%	19,23	1,20	1,20
PICKING FG - Return	NFLA	FREEZER	0,4%	0,28	0,02	0,02
TOTAL LGV Mission				70,00	4,06	4,38
TOTAL Mission DAY				1024,00		
TOTAL LGV REACH Mission						64,00
TOTAL LGV VNA Mission					54,29	

Nota: Ronny Alfaro

Los resultados de los cálculos de determinación LGV/simulación de sistema confirman que:

1. 5 carretillas LGV modelo REACH pueden realizar las misiones descritas en la tabla anterior, con una saturación operativa de un 92% de su capacidad nominal
2. 4 carretillas LGV modelo VNA pueden realizar las misiones descritas en la tabla anterior, con una saturación operativa de un 95% de su capacidad nominal.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

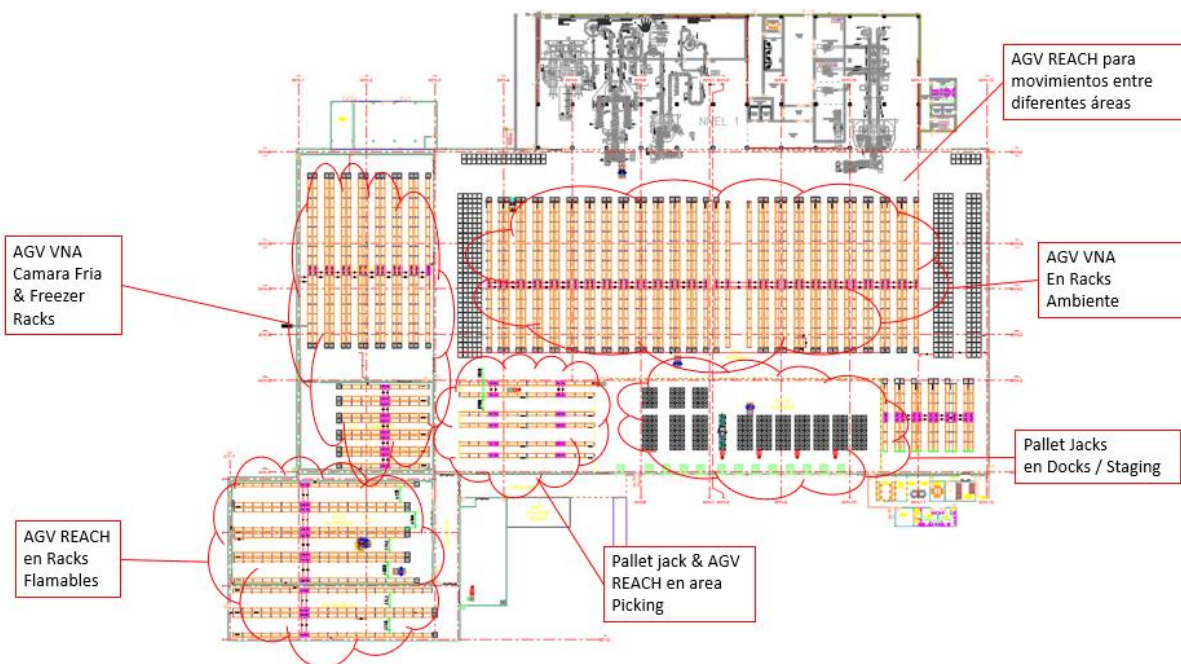
En este apartado se presentan las propuestas al problema presentado al inicio de la investigación, Posterior a la captura de datos, la formulación del modelo y el análisis, puede presentarse la propuesta final de solución del problema.

Propuesta

Después de tomar los elementos más relevantes del análisis y diagnóstico, en el siguiente apartado se listarán las propuestas de manera detallada:

Seguridad en la interacción: hombre -máquina es muy importante, y teniendo claro que los dispositivos de seguridad del área son certificados, se proponen segregar las áreas de trabajo de los LGV como estrictamente prohibidas para personal a pie o en equipo manual. No se identificaron tareas que requieran de personal de almacenes en las áreas operadas por LGV. La figura 39 muestra la segregación de áreas:

Figura 39 Segregación de asea bodegas por tipo vehículo



Nota: Ronny Alfaro

El único proceso para el que se requiere que ingrese personal al área de tránsito de los LGV es por parte del personal de limpieza. Para esto, el proveedor ya ha desarrollado un procedimiento de

interacción y un proceso de entrenamiento para el personal que podría brindar al personal que requiera ingresar a estas áreas. En la figura 40 se puede observar parte del entrenamiento.

Figura 40 Entrenamiento E80 interacción LGV

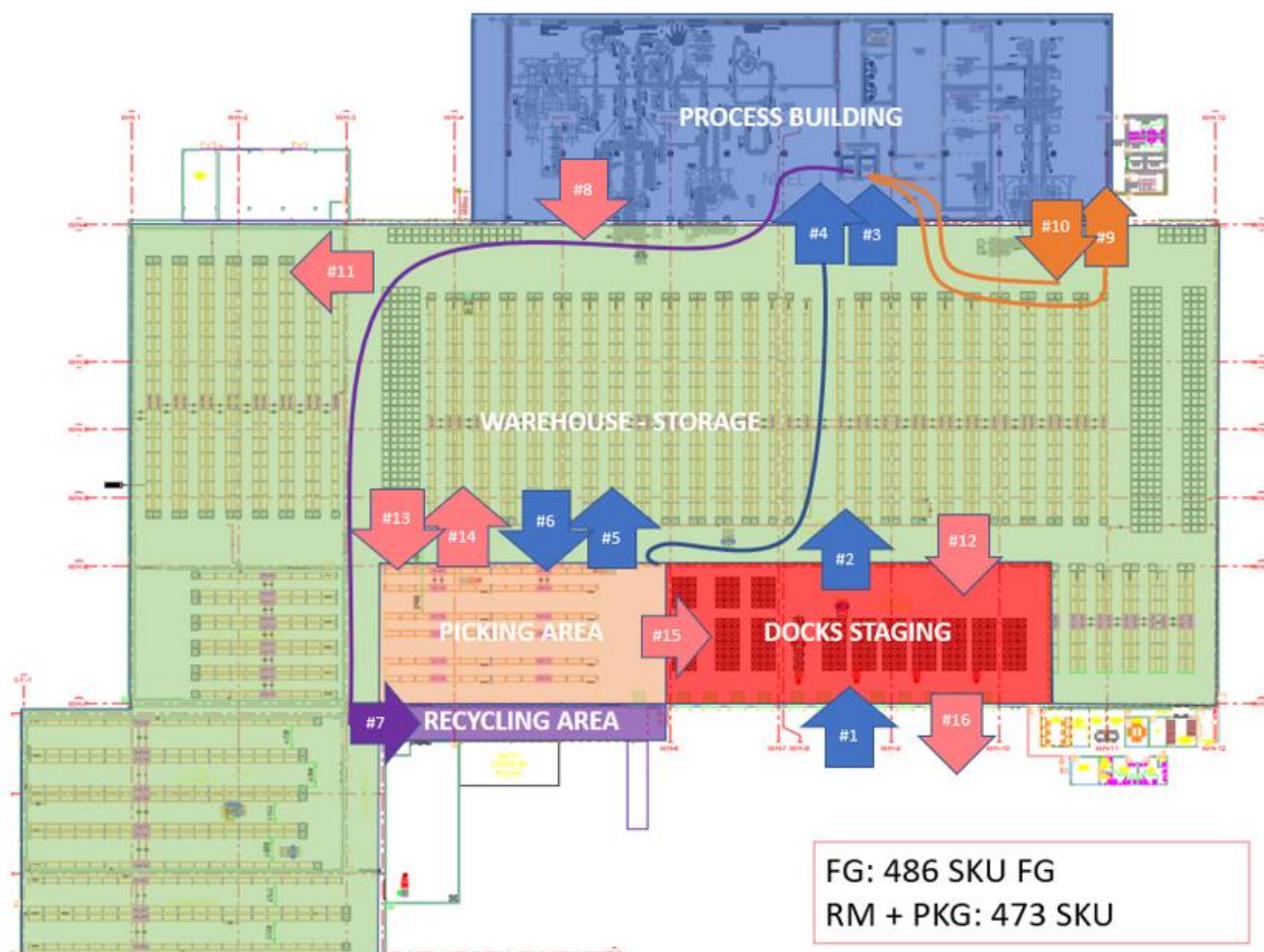


Nota: Cotización Electric80

Servicio técnico: Se propone desarrollar un recurso de servicio técnico especializado, contratado para la planta por E80 y provisto a la planta por medio de un contrato de servicio con una validez no menor a un año. Este ingeniero de servicio se entrenará en Italia durante 4 meses y estará en planta desarrollando a los técnicos del área de mantenimiento en los servicios requeridos por estos equipos. También se le solicita a E80 incluir dentro de la cotización de los equipos dos meses de soporte en sitio una vez terminado la puesta en marcha.

SAP/WMRS – GUI/Automatización: para el nuevo planteamiento se propone una comunicación entre SAP y el sistema de control de Electric80, el GUI, en donde las transacciones a nivel de cambio de ubicación en SAP desaparecen, SAP entrega al GUI en un BIN de almacenes virtual en el que E80 lleva el total control del inventario, sus movimientos y ubicación. Esto para monitorear los movimientos identificados dentro del almacén según el estudio realizado. La figura 41 muestra el diagrama de flujo final con los 16 tipos de movimientos,

Figura 41 Diagramas de flujo de materiales y PT



Nota: Ronny Alfaro

Con base en este diagrama, los históricos de movimientos de la planta de San José y las herramientas de análisis se estima la tabla final de movimientos por movimiento por día, información clave para determinar la cantidad la cantidad de misiones y por ende de equipos que se requieren. La tabla 13 muestra esta información:

Tabla 13 Tabla maestra misiones CCI, Liberia

#	Mision	Equipo	Max. Paletas /Dia	Max. Paletas/Dia
1	RM/PKG unloading from truck/container	Pallet Jacks	150	150
2	RM/PKG from Docks Staging to Warehouse Storage	LGVs	150	150
3	Full pallets of RM from Warehouse to Production	LGVs	135	135
4	Picking of mixed pallets of RM from Picking Area to Production	LGVs	15	15
5	RM return from Picking to Warehouse Storage	LGVs	-50 solo para productos congelados o si es necesario por falta de capacidad en el área de recolección	-50
6	RM from Warehouse Storage to Picking	LGVs	50	50
7	Empty Packaging from Production to Recycling area	LGVs	50	50
8	FG from filling lines to Warehouse Storage	LGVs	200	200
9	WIPs bins from elevator to a dry parts staging (level #1)	LGVs	15	15
10	Empty bins from dry parts staging (level #1) to elevator	LGVs	15	15
11	FG from Ambient to Cooler (Aging)	LGVs	20/week	4
12	Full pallet of FG from storage to Docks Staging	LGVs	130	130
13	FG from Warehouse Storage to Picking	LGVs	140	140
14	FG return from Picking to Warehouse Storage	LGVs	solo para productos congelados o si es necesario por falta de capacidad en el área de recolección	0
15	Picking of mixed pallets of FG from Picking Area to Docks Staging	LGVs	70	70
16	FG loading into the truck/container	Pallet Jacks	200	200

Nota: Ronny Alfaro

Picking / Staging – Paletas full o Parcial: Con respecto a los porcentajes obtenidos, se requiere un área de procesamiento de tarimas parciales que se dirigen a producción o despacho, por lo que se propone realizar un área de intercambio, nombrada picking área, en donde, de manera segura los LGV alimentan las tarimas desde el almacén y un operador prepara el pallet parcial requerido. Esta área, por el volumen y funciones que maneja, será el área de intercambio más grande e importante en toda el área de almacenes, con 168 posiciones en el piso debajo de los bastidores más 45 posiciones de piso administradas por los operadores, para un total de, 213 lugares de paletas en el área de picking. Las 45 posiciones a piso serán manejadas por operadores en proceso de picking de RM o FG, las tarimas origen son abastecidas por los LGV desde los niveles 2, 3 y 4 del rack de picking al primer nivel a medida que se van solicitando las misiones. Se propone que los LGV realicen el reacomodo y reabastecimiento de esta zona en el tercer turno por la cantidad de movimientos requeridos.

Simulación:

Para realizar la simulación definieron los sistemas de movimientos requerido con base en los requerimientos actuales de movimientos de materiales en las bodegas. Posteriormente se formuló

el modelo del sistema por medio de la definición de variables, relaciones y flujos de materiales de las bodegas. Se recolectaron los datos de hojas técnicas y reportes históricos, datos requeridos por el modelo para producir resultados sobre la capacidad requerida. Se utilizó la herramienta SMD E80 como soporte para realizar el modelo de simulación. Comparando los datos propuestos con el sistema modelado, si cumple los requisitos de diseño inicial.

En resumen; la propuesta para el proyecto confirma que al adquirir la siguiente lista de equipos:

- 5 vehículos de guía laser (LGV) REACH encargándose Mover y Almacenar
- 4 vehículos de guía laser (LGV) VNA encargándose de Almacenar
- Automatización operaciones de Recepción, mediante 1 Transportador
- Supervisión y Optimización de las operaciones de Almacenaje, mediante Software SDM

Se podrá cumplir con las necesidades operativas estimadas:

- Mover RM PKG desde muelles de recepción a zona de Almacenaje
- Mover RM PKG desde Almacén a área producción (elevadores) y pal (piso 1)
- Mover FG desde Líneas a Almacén
- Mover FG desde Almacén a muelles de despacho
- Mover FG desde Almacén a Área de picking
- Mover FG (incompleto) desde Área de picking a Almacén
- Mover RM desde Almacén a Área de picking
- Mover RM (incompleto) desde Área de picking a Almacén
- Mover RM (mixed) desde Área de picking a elevadores
- Mover Insumos Vacíos desde Elevadores a Área de Rechazo
- Mover BINS a/de DRY storage Area
- Movimientos de reordenamiento de bodega

Análisis Económico

Con respecto al plan económico se utilizarán dos herramientas de análisis, el VAN y el TIR, tomando en cuenta algunos valores actuales de gastos en los que incurre la compañía por no contar con el plan de movimientos de los equipos autónomos.

Primero se iniciará con una evaluación de los problema o gastos en los que se está incurriendo a hoy por no tener activos los equipos autónomos. La tabla 14 muestra los valores estimados.

Tabla 14 Gastos no implementados LGV

Evento	Cantidad	Costo Aver Anual	Total Annual
Danos por manejo inapropiado	432	1500	648000
	3	39000	117000
	9	25000	225000
Costos de movimiento a bodegas externas por paleta	24 pp x contenedor *15 container dia *20 dias laborales al mes * 12 meses	140	12096000
Costo de alquiler de bodegas por paleta ambiente	(2000+1750)* 100% ocupacion	12	45000
Costo de alquiler de bodegas por paleta Frio	(1088+260)*1 00% ocupacion	22	29656
Costo Annual			\$13,160,656
Costo mensual promedio			\$1,096,721.33

Nota: Ronny Alfaro

Se han presentado 43 daños en 2019 relacionados con manejo inapropiado de cargas, es decir, tener operadores que golpean o dañan la carga. El costo promedio de los daños es de \$1500 para un monto superior a los \$640 mil para este rubro.

En 2019 se han presentado 3 eventos en loa que almacenes entrega producto incorrecto al área de manufactura y este producto es utilizado, lo que tiene impactos elevadísimos de costo, las pérdidas al momento son de \$117 mil dólares.

Cada equipo automático representa un operador de montacargas, por lo que los 9 equipos entregarían una ganancia de \$225 mil dólares. Esto considerando cargas sociales. Este dato se pidió alterar por confidencialidad de planilla.

La planta de San José utiliza bodegas externas ya que no tiene espacio para almacenar, por lo que deben incurrir en montos superiores a los \$12 millones anuales por gastos de alquiler y transporte de materiales.

Por lo anterior se estima un costo de oportunidad perdida de \$13 160 656 por la no implementación,

Con respecto a los costos de implementar el proyecto, los mismos ascienden a \$3 991 216, 50 según se desglosa en la tabla

Tabla 15 Costos de implementación proyecto

General Description	Item Cost
AGV REACH	\$1,012,850
Battery for AGV REACH	\$84,600
Battery Charger for AGV REACH	\$37,483
AGV VNA	\$1,111,550
Battery for AGV VNA	\$94,470
Battery Charger for AGV VNA	\$40,655
KIT for AGV VNA low Temperature	\$13,865
Software system, HMI and navegation devices	\$ 461,775.00
Inbound conveyor with dimension, label and weight control	\$ 116,912.50
Installation, commissioning, start up, training and assited operation	\$ 565,175.00
Incoterm: DAP	\$ 61,100.00
3 months of assisted operation on-site (babysitting)	\$ 62,040.00
8 manual scanner + 6 electrical gabinet for I/O interfaces	\$ 33,135.00
Rental for a forklift during the installation (2 months)	\$ 15,980.00
Warranty extention for litio's bateries (5 years)	\$ 47,587.50
Consumable parts for first year of operation	\$ 10,340.00
TOTAL	\$ 3,769,517.50
General Description (optional services)	Item Cost
Raccomanded spare parts for all the equipments	\$ 139,825.00
Helpdesk service 24/7 for one year (starting from the second year). First year included on the project	\$ 32,641.50
Prices fot the first year maintenance (one visit per year for both SW and HW). Travel expences excluded	\$ 49,232.50
TOTAL	\$ 221,699.00
GRAN TOTAL	\$ 3,991,216.50

Nota: Cotización E80

Al realizar el análisis de VAN y TIR, los números indican que, aunque la inversión es alta, el retorno lo hace un proyecto viable, como lo muestra la tabla

Tabla 16 tabla de proyecciones y memoria de calculo

Nota: Ronny Alfaro

El resultado de la implementación del proyecto de LGV brinda los siguientes cálculos:

- TIR 329.51%
- VAN \$ 22,792,875.25

Plan de implementación

Con respecto al plan de implementación propuesto, se analizará

Nombre del proyecto a Evaluar	Implementacion LGV
Tasa de descuento	40%

Período	Flujo de Fondos
0	-\$3,991,217
1	\$13,160,656
2	\$13,160,656
3	\$13,160,656
4	\$13,160,656
5	\$13,160,656

MEMORIA DE CALCULO	
RENDIMIENTO PROMEDIO ANUAL BCCR	36%
RENDIMIENTO BASE GUIA CORPORATIVA	40%
TOTAL COSTOS OPERATIVOS POR NO OPERAR ALMACEN	\$13,160,656
PLAZO MAXIMO ANALISIS PROYECTO VEHICULOS GUIA CORPOTATIVA	5
COSTO TOTAL PROYECTO	\$ 3,991,217.00

n por generalidades las 4 opciones posibles, para indicar por qué razón se descartan o no aplican y la razón de selección del plan:

- Paralela: El sistema actual no está operando, por lo que no hay desarrollo paralelo de sistemas
- Reemplazo directo: El mismo caso anterior, no hay cambio de sistemas.
- Estudio Piloto: el arranque de los equipos será paulatino, pero no dependen del resultado del estudio piloto para los siguientes pasos por lo que esta opción tampoco aplica.

- Metodología de fases: los cambios y mejoras propuestos en definitiva deben generarse de manera paulatina, sobre los cuales se desarrollará el proyecto.

La prioridad número uno de la propuesta de implementación debe ser el asegurar la puesta en marcha electromecánica de los equipos LGV y el transportador.

La segunda etapa debe ser el mapeo e instalación de todos los espejos requeridos por los equipos para navegar en la bodega,

La tercera y última etapa del proyecto es desarrollar las plataformas de comunicación, control análisis de datos, integrando SAP, los LGV y el GUI. Este trabajo es más integral y abarca los dos niveles anteriores, ya que no puede desarrollarse esta etapa sin haber ejecutado las etapas 1 y 2 del proyecto.

En el Diagrama Gantt de la figura 42 expone el plan de tareas, que en esta etapa del proceso está armando de equipos en planta.

Figura 42 Gantt proyecto E80



Nota: Cronograma E80

APÉNDICE 1 METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE ALMACENES

Pasos	Heskett et al. (1973)	Apple (1977)	Firth et al. (1988)	Hatton (1990)	Mulcahy (1994)	Oxley (1994)	Govindaraj et al. (2000)
1			Identificar las funciones del almacén	Determinar las tareas		Definir requisitos del sistema	
2	Determinar requisitos del almacén	Obtener datos	Recopilar datos y hacer proyecciones	Analizar calidad del producto	Colectar datos	Definir y obtener datos	Estructurar y analizar datos
3		Analizar datos		Analizar movimiento del producto	Analizar datos	Analizar datos	
4						Establecer unidades de carga (SKUs)	
5	Diseñar la manutención y la instalación	Diseñar los procesos	Desarrollar métodos alternativos	Desarrollar conceptos alternativos	Establecer parámetros de diseño anuales	Determinar procedimientos operativos	Determinar requerimientos funcionales
6		Planificar flujo de material	Combinar alternativas funcionales		Considerar diferentes equipos de manutención	Considerar equipos y características	Tomar decisiones de alto nivel
7		Calcular requisitos de equipos				Calcular cantidad y capacidad de equipos	
8		Planificar zonas de trabajo			Identificar zona de funciones administrativas	Definir servicios y procesos auxiliares	
9	Desarrollar Layout	Seleccionar equipo de manutención			Desarrollar Layouts alternativos	Preparar posibles Layouts	
10		Determinar necesidades de almacenaje		Desarrollar el sistema de gestión		Evaluar y comparar	Definir especificaciones del sistema y su optimización
11		Planificar funciones auxiliares	Seleccionar el sistema general			Identificar el diseño final	Reiterar pasos anteriores
12		Distribuir actividades en su superficie total					
13		Construir el Layout					

Nota: tomado de (Chackelson, 2013)

APÉNDICE 2 METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE ALMACENES (CONTINUA)

Pasos	Govindara] et al. (2000)	Rowley (2000)	Rushon et al. (2000)	Bodner et al. (2002)	Hasan (2002)	Waters (2003)	Rushon et al. (2006)
1		Definir requisitos del sistema y restricciones	Definir requisitos del sistema y restricciones		Especificar tipo y función del almacén		Definir requisitos del negocio y restricciones
2	Estructurar y analizar datos	Definir y obtener datos relevantes	Definir y obtener datos	Recolectar datos	Pronosticar y analizar demanda esperada	Estimar demanda futura	Definir y obtener datos
3		Analizar datos	Analizar datos	Realizar perfil de los datos	Establecer políticas operativas	Pronosticar flujos	Formular una planificación base
4		Establecer unidades de carga (SKUs)	Establecer unidades de carga (SKUs)		Determinar niveles de inventario		Definir principios operativos
5	Determinar requerimientos funcionales	Postular procedimientos operativos y sistemas	Postular métodos y operaciones básicas	Definir funciones a alto nivel	Crear clases de productos	Comparar equipos de mantenimiento disponibles	Evaluar equipos
6	Tomar decisiones de alto nivel	Considerar características de distintos equipos	Considerar posibles equipos	Definir especificaciones a alto nivel	Separar en departamentos y establecer el Layout	Calcular el espacio necesario para flujo y stock	Preparar Layout interno y externo
7		Calcular cantidad de equipos	Calcular cantidad de equipos		Zonificar zonas de almacenaje	Identificar criterios de almacenaje	Definir procedimientos a alto nivel
8		Definir otras funciones	Calcular nivel de personal		Diseñar equipos de mantenimiento y sistemas de almacenaje		Evaluar la flexibilidad del diseño
9		Diseñar posibles Layouts	Preparar posibles Layouts		Diseñar pasillos	Diseñar borrador de planos	Calcular cantidad de equipos
10	Definir especificaciones del sistema y su optimización	Seleccionar el diseño final	Evaluar el diseño según los requisitos iniciales	Realizar especificaciones del sistema	Determinar necesidad de espacio		Calcular nivel de personal
11	Reiterar pasos anteriores	Evaluar y comparar rendimientos esperados	Identificar el diseño final	Repetir pasos anteriores	Determinar puntos de entrada y salida	Definir plano final	Calcular costes operativos
12		Hacer simulaciones			Determinar muelles		Evaluar el diseño según los requisitos iniciales
13					Determinar políticas de almacenaje y formar zonas de picking		Terminar el diseño seleccionado

Nota: tomado de (Chackelson, 2013)

APÉNDICE 3

GLOSARIO

SDM	Smart Decisión Baker (equivalente a WMS/WCS)
LPN	Lucense Plata Nombre, un identificador único de paletas
SSCC	Serial Shopping Container Conde, un identificador único de paletas
BBD	Brest Befare Date
FLT	Manual Foro Lyft Trucó, montacargas manual
RFT	Radio Frecuencia Terminal, usualmente a bordo de FLT. Es el instrumento de los operadores de montacargas para interactuar con los sistemas WMS/ERP
Ítem máster	Ítem máster es una tabla que enumera todos los códigos de productos con su número de código respectivo, descripción, unidad de medida, dimensiones, entre otros.
WIP	Wark In Progres
Staging lañe	Fila
Serializad	Paleta que tiene una única identificación (SSCC, LPN o similar).
Non serialized	Paleta que no tiene una única identificación. Estas paletas no pueden identificarse específicamente en el sistema host, sin embargo, tendrán una identificación interna en el E80WMS.
Ítem	El Ítem es el producto contenido en una unidad de stock. El artículo suele ser un paquete que contiene subelementos. El SDM admite diferentes códigos para identificar el artículo, incluidos estándares como UPC y EAN.
Stock Unit	Un stock <u>unit</u> es la entidad mínima que se puede mover en el almacén. Una unidad de inventario puede estar compuesta de un artículo homogéneo o mixto que se encuentra en (o dentro de) una ayuda de carga.

Stock Unit Part	Un stock <u>unit part</u> contiene una cantidad específica de un artículo específico en un estado de calidad específico. Para cada parte de la unidad de stock se especifica la fecha de producción, la fecha de vencimiento y el lote de producción.
Storage Location	Una <u>Storage Location</u> es un contenedor físico o lógico donde se pueden almacenar los bienes.
Storage Área	Cada almacén se puede dividir lógicamente en una o más <u>Storage Área</u> . Hay un área para cada área lógica en el almacén, por ejemplo: almacén principal, picking, carwash, paletización, entre otros.
Storage Zone	Una <u>Storage Zone</u> es una división lógica de una Storage Área utilizada para agrupar una o más ubicaciones cercanas que se utilizarán principalmente para putaway u optimizations de recuperación.
Storage Aile	Un <u>Storage Aile</u> es el pasillo entre dos bloques de ubicaciones de almacenamiento.
VNA	Very Narrow aile, equipo que trabaja en pasillos angostos

REFERENCIAS

- @vitor 2014. (s.f.). *Histograma*. Obtenido de http://www.vitor.com/estadistica/descriptiva/a_6.html
- Aminoff, A. &.-M. (2002). Research on Factors Affecting Warehousing Efficiency. *International Journal of Logistics*. 5, 45-57.
- Baker, P. &. (2009). Warehouse design: A structured approach. *European Journal of Operational Research*, 193, 425-436.
- Bautista, C. S. (1998). *Planeación y Seguimiento de Trayectorias para un Robot*. Monterrey, México: Móvil Autónomo con Evasión de Obstáculos Dinámicos .
- Blank, L., & Tarquin, A. (2016). *Ingeniería Económica / Edición*. México: McGraw-Hill.
- CALETEC . (NI de NI de 2016). *CALETEC ACELERACION CONTROLADA DE LA PRODUCTIVIDAD*. Obtenido de GLOSARIO DE CONCEPTOS, DIAGRAMA DE SPAGUETTI: <https://www.caletec.com/glosarios/diagrama-de-spaghetti/>
- Carta, W. (2018). *Oferta de Suministro (Información eliminada por confidencialidad)*. Viano, Italia: Elettric 80.
- Chackelson, C. (2013). *Metodología de Diseño de Almacenes: Fases, Herramientas y mejores prácticas*. España: Tesis de doctorado Universidad de Navarra.
- Correa, G. (2010). Gestión De Almacenes Y Tecnologías De La Información Y Comunicación. *Estudios Gerenciales*, vol. 26, núm. 117, 145-171.
- Errasti, A. (2011). *Logística de almacenaje. Diseño y gestión de almacenes y plataformas logísticas world class warehousing*. España: Ediciones Piramide.
- García, A. J. (2018). *Modelos causales para la implementación de herramientas de manufactura esbelta y cadena de suministro*. Tudela, Navarra, España: UPNA Universidad Publica de Navarra.

- GIL, O. Y., & VALLEJO, G. E. (2008). *GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA*. Málaga, España: UNIVERSIDAD DE MÁLAGA.
- González, G. N. (2016). *Integración de los Sistemas de Información para la Gestión de la Cadena de Suministro. Un Estudio Empírico en Grandes Empresas*. Murcia, España: UNIVERSIDAD DE MURCIA.
- Gutierrez, H. (2014). *Calidad Total y Productividad*. Bogota, Colombia: Editorial McGraw Hill.
- Handl, K. (2014). *Aplicacion practica del diagrama de Gantt en la administracion de un proyecto*. Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- Hernández, B. R. (2014). *Aspectos Dinámicos de la Cadena de Suministro*. Barcelona España: Universitat Politecnica de Catalunya.
- Hernandez, S. R. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: MCGRAW-HILL.
- Hines, W., & Montgomery, D. (1996). *Probabilidad y estadistica para ingenieria y administracion*. México: Compania Editorial Continental SA de C.V.
- Law, A. M. (2013). *Simulation modeling and analysis*. Tucson, Arizona, USA: McGraw-Hill Education.
- Maldonado, J. A. (2018). *Gestion de Procesos*. Tegucigalpa, Honduras: Independiente.
- Montgomery, D., & Runger, G. (2008). *Probabilidad y estadistica aplicadas a la ingenieria*. México: Editorial Limusa SA de C.V.
- Niebel, B. (2009). *Ingenieria industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico: McGraw-Hill .
- Ortega, D. P. (2014). “*Systematic Layout Planning SLP y Teoría de la Topogénesis*”. Barcelona, España: Education and Society, Barcelona, 4-6 . Obtenido de <https://pa.upc.edu/ca/Varis/altres/arqs/congresos/international-workshop-coac-barcelona-2014-jornadas-cientificas-coac-barcelona-2014/comunicaciones-isbn-in-process/sesion-6/ortega-devia-paola-antonieta>

- Posada, J. G. (2012). Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, CEDIS). *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 83-96.
- Rouwenhorst, B. R.-H. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research* 122, 515-533.
- Segura, M. A. (1996). *Layout Aplicación a un Despacho de Administración de Fincas*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70169/fichero/CAPITULO+2.pdf>
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) . (2007). *Guidance for Preparing Standard Operating Procedures (SOPs)* . Washington, DC: Office of Environmental Information.
- Villarreal, E., Arango, D., & Moreno, D. (Enero - Junio de 2012). Prototipo para el control y ubicación de artículos en inventarios por medio de un carro grúa y RFID. *Prospectiva*, ISSN-e 2216-1368, ISSN 1692-8261, Vol. 10, N° 1, págs. 18-27.
- Willy Hugo Calsina Miramira, C. C. (2009). Sistemas de almacenamiento logísticos modernos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 37-40.