

PROPUESTA DE REDISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA PICK TO BELT DE UNIDADES
SUELTAS DE COMERCIAL NUTRESA S.A.S CON LA APLICACIÓN DE “FACILITY
LAYOUT” Y “SLOTING ANALYSIS”

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL

AUTOR:

ING. DANIEL FELIPE LIBREROS FERNÁNDEZ

PROFESOR:

ING. JUAN PABLO CABALLERO VILLALOBOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS DE GRADO

BOGOTÁ, D.C.

2018

TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN EJECUTIVO	9
2.	JUSTIFICACIÓN.....	10
3.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	13
4.	OBJETIVOS	13
4.1.	GENERAL.....	13
4.2.	ESPECÍFICOS	13
4.3.	ALCANCE.....	14
5.	ANTECEDENTES.....	14
6.	MARCO TEORICO.....	20
6.1.	SIMULACIÓN	20
6.2.	ESTUDIO DE TIEMPOS.....	23
6.3.	FACILITY LAYOUT	23
6.4.	SLOTING ANALYSIS.....	25
6.5.	DIAGRAMA DE PARETO.....	25
7.5.	CLASIFICACIÓN ABC.....	26
7.6.	BALANCEO DE LÍNEA	27
6.6.	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	28
7.7.	SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE PICKING.....	29
8.	CARACTERIZACIÓN Y SIMULACIÓN	30
8.1.	CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO.....	30
	8.1.2. <i>Diagrama de procesos</i>	31
	8.1.3. <i>Descripción diagrama de procesos</i>	33
8.2.	MODELO DE SIMULACIÓN ACTUAL	35

8.2.1.	<i>Análisis de información inicial</i>	35
8.2.2.	<i>Proceso de alistamiento</i>	36
8.2.3.	<i>Formulación del modelo.</i>	36
8.2.4.	<i>Parámetros del modelo.</i>	37
8.2.5.	<i>Modelo del sistema pick to belt.</i>	39
8.2.6.	<i>Resultados modelo actual</i>	40
9.	METODOLOGÍA	41
9.1.	SUPUESTOS:	43
9.2.	ETAPA N° 1. ENTENDIMIENTO DE LA NATURALEZA DEL NEGOCIO.	44
9.2.1.	<i>Información histórica de pedidos.</i>	44
9.2.2.	<i>Data maestra por SKU.</i>	45
9.2.3.	<i>Depuración de la información.</i>	45
9.3.	ETAPA N° 2. GENERACIÓN DE PERFILES LOGÍSTICOS.	47
9.3.1.	<i>Perfil de volumen.</i>	47
9.3.2.	<i>Perfil de frecuencia.</i>	49
9.4.	ETAPA N° 3. DISEÑO FACILITY LAYOUT.....	51
9.4.1.	<i>Definición tipos de almacenamiento.</i>	51
9.4.2.	<i>Definición de requerimientos y layout.</i>	53
9.5.	ETAPA N° 4. BALANCEO DE CARGAS DE TRABAJO	58
9.5.1.	<i>Definición de áreas de trabajo</i>	58
9.5.2.	<i>Definición de SKU's por área de trabajo.</i>	59
9.6.	ETAPA N° 5. DISEÑO DE SLOTTING.....	61
10.	RESULTADOS	65
10.1.	ETAPA N° 1. ENTENDIMIENTO DE LA NATURALEZA DEL NEGOCIO	65
10.1.1.	<i>Información histórica de pedidos.</i>	65
10.1.2.	<i>Data maestra por SKU.</i>	66
10.1.3.	<i>Depuración de la información.</i>	66

10.2.	ETAPA N° 2. GENERACIÓN DE PERFILES LOGÍSTICOS.....	68
10.2.1.	<i>Perfil de volumen.</i>	68
10.2.2.	<i>Perfil de frecuencia.</i>	70
10.3.	ETAPA N° 3. DISEÑO FACILITY LAYOUT	72
10.3.1.	<i>Definición tipo de almacenamiento.</i>	72
10.3.2.	<i>Definición de requerimientos y layout.</i>	73
10.4.	ETAPA N° 4. BALANCEO DE CARGAS DE TRABAJO.	77
10.5.	ETAPA N° 5. DISEÑO DE SLOTTING	81
10.6.	RESUMEN RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA.	82
11.	VALORACIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y DISEÑO EXPERIMENTAL	84
11.1.	RESULTADOS MODELO ACTUAL VERSUS MODELOS PROPUESTOS	84
11.2.	DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	87
12.	CONCLUSIONES.....	90
13.	RECOMENDACIONES.....	91
14.	GLOSARIO.....	92
15.	BIBLIOGRAFIA.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos del diseño por Avante ingeniería _____	18
Tabla 2. Indicadores de la semana más productivas de la base de datos. _____	35
Tabla 3. Tabla de abreviaciones. _____	43
Tabla 4. Aspectos a validar y depuración. _____	47
Tabla 5. Tabla de clasificación, tipo de almacenamiento. _____	52
Tabla 6. Histórico de pedidos mes de junio. _____	65
Tabla 7. Data maestra de materiales. _____	66
Tabla 8. Consolidación histórica de pedidos y data maestra. _____	66
Tabla 9. Split de comandos. _____	67
Tabla 10. Resumen depuración base de datos. _____	68
Tabla 11. Perfil de volumen. _____	69
Tabla 12. Resumen perfil de volumen. _____	70
Tabla 13. Perfil de frecuencia. _____	71
Tabla 14. Resumen perfil de frecuencia. _____	71
Tabla 15. Asociación de perfiles. _____	72
Tabla 16. Resumen tipo de ubicación por clasificación conjunta. _____	72
Tabla 17. Requerimientos layout, cantidad y tipo de ubicación por SKU. _____	73
Tabla 18. Dimensiones por tipo de ubicación y modulo. _____	74
Tabla 19. Cantidad de modulos necesarios por tipo de almacenamiento. _____	74
Tabla 20. Cálculo área total de trabajo. _____	75
Tabla 21. Creación de ubicaciones. _____	76
Tabla 22. Cantidad de ubicaciones por tipo de almacenamiento _____	77

Tabla 23. Cálculo de áreas de trabajo según productividad actual. _____	77
Tabla 24. Cálculo de áreas de trabajo según productividad estándar teórica. _____	78
Tabla 25. Asignación áreas de trabajo por SKU. _____	78
Tabla 26. Balanceo de cargas de trabajo con 8 áreas de trabajo. _____	79
Tabla 27. Balanceo de cargas de trabajo con 9 áreas de trabajo. _____	79
Tabla 28. Definición ubicación primer carton stop. _____	80
Tabla 29. Ubicación carton stop con 8 áreas de trabajo. _____	80
Tabla 30. Ubicación carton stop con 9 áreas de trabajo. _____	81
Tabla 31. Resultados algoritmo de asignación para 8 áreas de trabajo. _____	81
Tabla 32. Resultados algoritmo de asignación para 9 áreas de trabajo. _____	82
Tabla 33. Datos representativos de la propuesta de redistribución. _____	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura organizacional del grupo Nutresa. Fuente: Información interna de Comercial Nutresa S.A.S. _____	15
Figura 2. Participación ventas por región, Informe gerencial. Fuente: Información interna de Comercial Nutresa S.A.S. _____	16
Figura 3. Sistema de alistamiento Comercial Nutresa antes de mecanizado (2013). Fuente: Elaboración propia. _____	17
Figura 4. Sistema de alisamiento mecanizado de Comercial Nutresa (2018). Fuente: Elaboración propia. _____	17
Figura 5. Layout sistema pick to belt de unidades sueltas de Comercial Nutresa. Fuente: Elaboración propia. _____	19
Figura 6. Módulos sistema pick to belt de unidades sueltas de Comercial Nutresa. Fuente: Elaboración propia. _____	19
Figura 7. Pasos para realizar una simulación. Fuente: (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 7). _____	21
Figura 8. Layout centro de distribución mecanizado Comercial Nutresa S.A.S. Fuente: Elaboración propia en base a información interna de Comercial Nutresa S.A.S. _____	30
Figura 9. Diagrama de procesos, alistamiento de unidades sueltas. Fuente: Información interna de Comercial Nutresa. _____	32
Figura 10. Diagrama ciclo del proceso de picking. Fuente: Elaboración propia. _____	36
Figura 11. Recursos del modelo. Fuente: Elaboración propia. _____	37
Figura 12. Vista modelo de simulación sistema pick to belt actual. Fuente: Elaboración propia. _____	39

Figura 13. Modelo de simulación sistema pick to belt actual en ejecución. Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 14. Comparación contenedores/minuto real versus simulado. Fuente: Elaboración propia.	41
Figura 15. Resumen metodología. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 16. Campos tabla dinámica para perfil de volumen. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 17. Campos tabla dinámica para perfil de volumen. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 18. Representación pick to belt en línea recta. Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 19. Representación pick to belt en U. Fuente: Elaboración propia.	55
<i>Figura 20. Orden de numeración ubicaciones carton flow. Vista frontal. Fuente: Elaboración propia.</i>	57
Figura 21. Orden de numeración ubicaciones shelving, vista frontal. Fuente: Elaboración propia con información en (High class, 2018)	57
<i>Figura 22. Proceso algoritmo de asignación. Fuente: Elaboración propia.</i>	62
Figura 23. Representación gráfica del algoritmo de asignación. Fuente: Elaboración propia.	62
Figura 24. Tipos de estructura. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 25. Vista principal herramienta de asignación. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 26. Dinámica perfil de volumen. Fuente: Elaboración propia.	69
Figura 27. Diagrama de Pareto, perfil de volumen. Fuente: Elaboración propia.	69
Figura 28. Dinámica perfil de frecuencia. Fuente: Elaboración propia.	70
Figura 29. Diagrama de patero perfil de frecuencia. Fuente: Elaboración propia.	71
Figura 30. Representación distribución de módulos de ubicaciones en U. Fuente: Elaboración propia.	74
Figura 31. Representación distribución por tipo de ubicaciones. Fuente: Elaboración propia.	76

Figura 32. Modelo de simulación sistema pick to belt con 9 áreas de trabajo en ejecución. Fuente:

Elaboración propia. _____ 84

Figura 33. Modelo de simulación sistema pick to belt con 8 áreas de trabajo en ejecución. Fuente:

Elaboración propia. _____ 84

Figura 34. Resultado throughput por escenarios. Fuente: Elaboración propia. _____ 85

Figura 35. Porcentaje de mejora versus línea base. Fuente: Elaboración propia. _____ 85

Figura 36. Porcentaje de utilización promedio por escenario. Fuente: Elaboración propia. _____ 86

Figura 37. Porcentaje de utilización por área. Fuente: Elaboración propia. _____ 87

Figura 38. Diagrama de cajas y bigotes por escenario. Fuente: Elaboración propia. _____ 88

Figura 39. Resumen del procesamiento de los casos. Fuente: Resultados SPSS 20. _____ 88

Figura 40. Informe productividad. Fuente: Resultados SPSS 20. _____ 88

Figura 41. Tabla de ANOVA. Fuente: Resultados SPSS 20. _____ 89

1. RESUMEN EJECUTIVO

Comercial Nutresa S.A.S, es una empresa dedicada a la distribución y ventas de los productos del Grupo Nutresa (pasta, chocolate, galletas, café y alimentos cárnicos larga vida), exceptuando refrigerados, los cuales se comercializan en 5 canales de distribución. Ésta cuenta con siete gerencias, el presente trabajo está enfocado a la gerencia de logística comercial, específicamente en el proceso de alistamiento en el sistema pick to belt de unidades sueltas, el cual, es representado a través de un modelo de simulación en Flexsim que refleja el estado actual del sistema.

En el presente trabajo, se diseña una metodología que permite solucionar problemáticas de bajo rendimiento en centros de distribución con sistemas pick to belt de unidades sueltas, aplicando herramientas de “Facility layout” y “Slotting analysis”, dando como resultado la redistribución del sistema. Posterior al diseño, la metodología es aplicada al sistema pick to belt de unidades sueltas de Comercial Nutresa S.A.S donde se logra balancear las cargas de trabajo mejorando la productividad del sistema, al finalizar la ejecución de la metodología se realiza un diseño experimental que permite comparar la productividad de la redistribución del sistema resultante versus una productividad estándar teórica. Por último, se representa gráficamente la redistribución propuesta a través de un modelo de simulación donde se compara la productividad de la propuesta con la situación actual del sistema pick to belt de Comercial Nutresa S.A.S evidenciando un aumento de la velocidad en el alistamiento y demostrando la efectividad de la metodología.

Este proyecto generará un impacto importante en el sector de consumo masivo de alimentos, ya que Comercial Nutresa S.A.S tiene una importante participación en el mercado, siendo una de las empresas más representativas en el sector, además la metodología puede ser aplicada a

empresas de consumo masivo con sistemas pick to belt de unidades sueltas, apalancado por herramientas de Ingeniería las cuales se pueden utilizar para posteriores estudios en diferentes áreas y procesos.

2. JUSTIFICACIÓN

La logística en los últimos años ha tomado una gran relevancia en las decisiones estratégicas dentro de la cadena de suministro en las empresas Colombianas, está definida como el conjunto de procesos de la cadena de abastecimiento que planifica, implementa y controla el eficiente y efectivo flujo de bienes, servicios e información, a la vez que involucra la infraestructura e integra los servicios que se prestan a través de ella, con lo cual se optimiza la estructura de costos logísticos y de distribución física de bienes. (DNP, 2018). Por lo tanto, la logística es clave no solo en las compañías sino en el desarrollo económico del país. Si se realizan mejoras en estos aspectos se tendrán reducciones en los costos de comercialización y se incurrirá en ventajas competitivas.

Colombia se ubica en la posición 58 de 160 economías en el índice de desempeño logístico del Banco Mundial (2018), por lo que se presentan retos principalmente en infraestructura, aduanas y servicios logísticos. Además, el costo logístico de las empresas del país se ubica en el 14,97 %, cifra superior a la de países de la región. (DNP, 2018).

Dentro de los procesos logísticos el picking, el cual tiene una gran importancia, es el proceso de surtido de pedidos. El picking como lo expresa Rafael Marin Vasquez, autor del libro “Almacén de clase mundial” en una entrevista cuando le preguntan de las ventajas de los sistemas de picking dice: “Más que ventajas, es una condición de servicio en el mundo de hoy. Los clientes son cada vez más exigentes en términos de tiempos de entrega y en condiciones de servicio. Un sistema de despacho de pedidos ineficiente y lento, es un riesgo que las empresas hoy no se pueden dar”. (Vásquez, El

picking como solución a las necesidades del cliente de hoy., 2018) Además, parece ser que la preocupación actual –en materia de operación de centros de distribución– tiene que ver con el proceso de picking y despacho de órdenes, ya que los clientes están solicitando pedidos con cantidades cada vez menores de producto, pero con mayor frecuencia. Ese es el nuevo patrón de demanda en un mercado cada vez más competitivo y donde ningún cliente quiere cargar con altos niveles de inventario. (Vásquez, Almacén de clase mundial, 2014)

Por otro lado entre el 63 % y 65 % de los alimentos que compran los colombianos se hace a través de las tiendas de barrio, superando a los almacenes de cadena y a las grandes superficies. (García M. , 2017). Esto intensifica el alistamiento en unidades sueltas generando nuevos retos en la logística de almacenes en Colombia y toma relevancia ubicar los SKU de una manera estratégica dentro de los sistemas de alistamiento. Por este motivo se decide estudiar sistemas pick to belt de unidades sueltas donde se indagan conceptos como “Facility Layout” y “Slotting analysis” ya que la carencia de metodología para acomodar adecuadamente el producto genera que los gastos de operación del almacén se aumenten entre un 10% y un 30% al año (García P. , 2013) y la productividad se vea disminuida.

Estos conceptos han sido aplicados con éxito en empresas con problemáticas similares en el marco logístico, algunos casos son los siguientes:

- Merrimack Valley Distributors con sede en Massachusetts es un distribuidor líder de productos de Miller, Corona y Heineken, junto con una amplia selección de marcas de importación donde la productividad aumento un 44% después de implementar los cambios de layout reduciendo el costo operativo en un 40%. (AGI, 2014)

- Atkinson Candy Company situado en Lufkin, Texas, es una compañía conocida mundialmente por su calidad fina de caramelo, incluyendo algunos de los mejores dulces de mantequilla de maní y menta disponibles, luego de realizar mejoras en su layout y slotting aumento su productividad en un 74%. (AGI, 2014)
- La empresa Tecsys Latin América cuenta con la solución más robusta disponible en el mercado soportada por Manhattan Associates. Esta herramienta está basada en la optimización del slotting busca asegurar una buena distribución del material de *pick* en todo momento, soportado por corridas frecuentes que producen permanentemente movimientos y reasignaciones de ítems a las ubicaciones más adecuadas, logrando una productividad sostenida. Las corridas anteriormente mencionadas son también llamadas Re-slots. (García P. , 2013)

Por último, en este trabajo se busca aumentar la productividad en sistemas pick to belt de unidades sueltas mediante una metodología para mejorar el diseño del layout y slotting del sistema mediante el balanceo de cargas de trabajo y así se garantice la eficiencia en los procesos de Comercial Nutresa S.A.S.

A modo personal los conocimientos y herramientas de ingeniería que brindó el programa de Maestría en Ingeniería Industrial, permiten emplear diferentes mejoras aplicadas a la industria real generando beneficios cuantificables que en este caso impactan directamente a el sector de alimentos de Colombia teniendo en cuenta que el Grupo Nutresa es la novena empresa con mayores ventas en el país (2017). Adicionalmente poder demostrar a un nivel práctico y profesional la aplicación de lo aprendido, es de gran valor generando una satisfacción personal.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo aumentar la productividad en el sistema mecanizado pick to belt de unidades sueltas en la región Bogotá de Comercial Nutresa S.A.S balanceando las cargas de trabajo mediante el rediseño del layout y slotting?

4. OBJETIVOS

4.1. General

Realizar una propuesta de redistribución del sistema mecanizado pick to belt de unidades sueltas en la región Bogotá de Comercial Nutresa S.A.S buscando mejorar la productividad mediante el balanceo de cargas de trabajo, aplicando herramientas y metodologías de “facility layout” y “slotting analysis” apoyado por el diseño estadístico de experimentos.

4.2. Específicos

- Caracterizar y simular el estado actual del sistema mecanizado pick to belt de unidades sueltas.
- Diseñar una metodología que permita aumentar la velocidad de alistamiento del sistema pick to belt a partir del principio de “facility layout” y balanceo de carga de trabajo aplicando el proceso de “slotting análisis” evaluando el impacto en un diseño experimental.
- Realizar una valoración de productividad a través de un análisis comparativo entre los resultados de la simulación de eventos discretos del diseño propuesto contra el estado actual demostrando viabilidad.

4.3. Alcance

Diseñar y ejecutar una metodología para redistribuir sistemas mecanizados pick to belt de unidades sueltas que permita balancear las cargas de trabajo mediante la organización del layout según tipos de almacenamiento y ubicación estratégica de SKU´s en cantidades requeridas de las operaciones con el fin de aumentar la productividad en este tipo de sistemas.

5. ANTECEDENTES

El Grupo Nutresa S. A. es la empresa líder en alimentos procesados en Colombia y uno de los jugadores más relevantes del sector en América Latina con un resultado de ingreso operacional en el 2015 de 7.945.417 millones de pesos (Dinero, 2016). Fundada en 1920, cuenta en la actualidad con cerca de 44.000 colaboradores y opera a través de ocho unidades de negocio: Cárnicos, Galletas, Chocolates, Tresmontes Lucchetti -TMLUC-, Cafés, Alimentos al Consumidor, Helados y Pastas (Nutresa G. , Grupo Nutresa, Quienes Somos, 2016).

En Colombia, la gestión comercial es apoyada por Comercial Nutresa (secos) y por el Negocio Cárnico (congelados y refrigerados), así como por canales de venta alternativos como Novaventa (ventas por catálogo y máquinas dispensadoras) y La Recetta (alimentación institucional). En el exterior, cuenta además con compañías propias de distribución exclusiva (Nutresa G. , 2016). A continuación, en la figura 1, se muestra los negocios por estructura organizacional.



Figura 1 Estructura organizacional del grupo Nutresa. Fuente: Información interna de Comercial Nutresa S.A.S..

Comercial Nutresa S.A.S representa el 20,1% de las ventas del grupo, además, debido a la implementación de su modelo de distribución, el grupo tuvo un crecimiento de 13,4% en el 2012 (ABC Economía, 2012), en el 2015 tuvo un ingreso operacional por 391.657 millones de pesos (5 Mil empresas, 2016) Cuenta con 7 gerencias, Canal tradicional, Canal autoservicios, Canal cadenas, Logística Comercial, Desarrollo de clientes, Planeación y soporte a la gestión comercial y Cultura y desarrollo. Este trabajo está enfocado en las operaciones que están dentro de la gerencia de logística comercial, esta gerencia está dividida en cuatro direcciones, Dirección de planeación y abastecimiento, Dirección de operaciones y distribución, Dirección de procesos logísticos y Dirección de servicio a canales.

La Dirección de operaciones y distribución opera en 6 regiones con sedes principales en Bogotá, Pereira, Ibagué, Cali, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga y Medellín. Esta dirección tiene un porcentaje de costos logísticos equivalentes al 95,7% y la gestión de almacenamiento representa el 40,4% en promedio nacional. Como se muestra en la Figura 2, la Región Bogotá

tiene una representación en ventas del 35,8% (Nutresa C. , 2016) por lo que se escogió el proceso de almacenamiento en esta región como objeto de estudio.

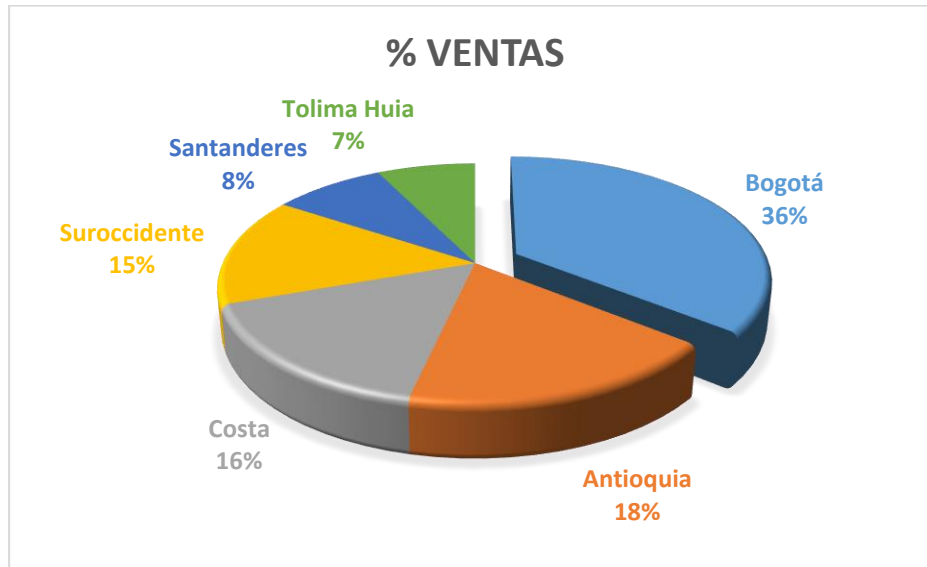


Figura 2. Participación ventas por región, Informe gerencial. Fuente: Información interna de Comercial Nutresa S.A.S.

La región Bogotá tiene implementado un sistema mecanizado el cual inició operación en Enero del 2014, éste cuenta con un sistema de bandas que transportan los productos desde el interior del almacén hasta los muelles de carga; con el objetivo de una logística más eficiente con tecnología actualizada, este sistema establece dos fundamentos diferenciadores, el primero es que se cambia el concepto de alistamiento de pedidos pasando de un picking consolidado por ruta para posterior packing en el vehículo, a un concepto de picking y packing por cliente con una marcación mediante etiquetas en las cajas. El segundo fundamento es el concepto de diferentes líneas de picking para el alistamiento de pedidos ya sea, estibas completas, cajas cerradas y unidades sueltas. Estos fundamentos se ilustran mediante la figura 3 y figura 4.



Figura 3. Sistema de alistamiento Comercial Nutresa antes de mecanizado (2013). Fuente: Elaboración propia.

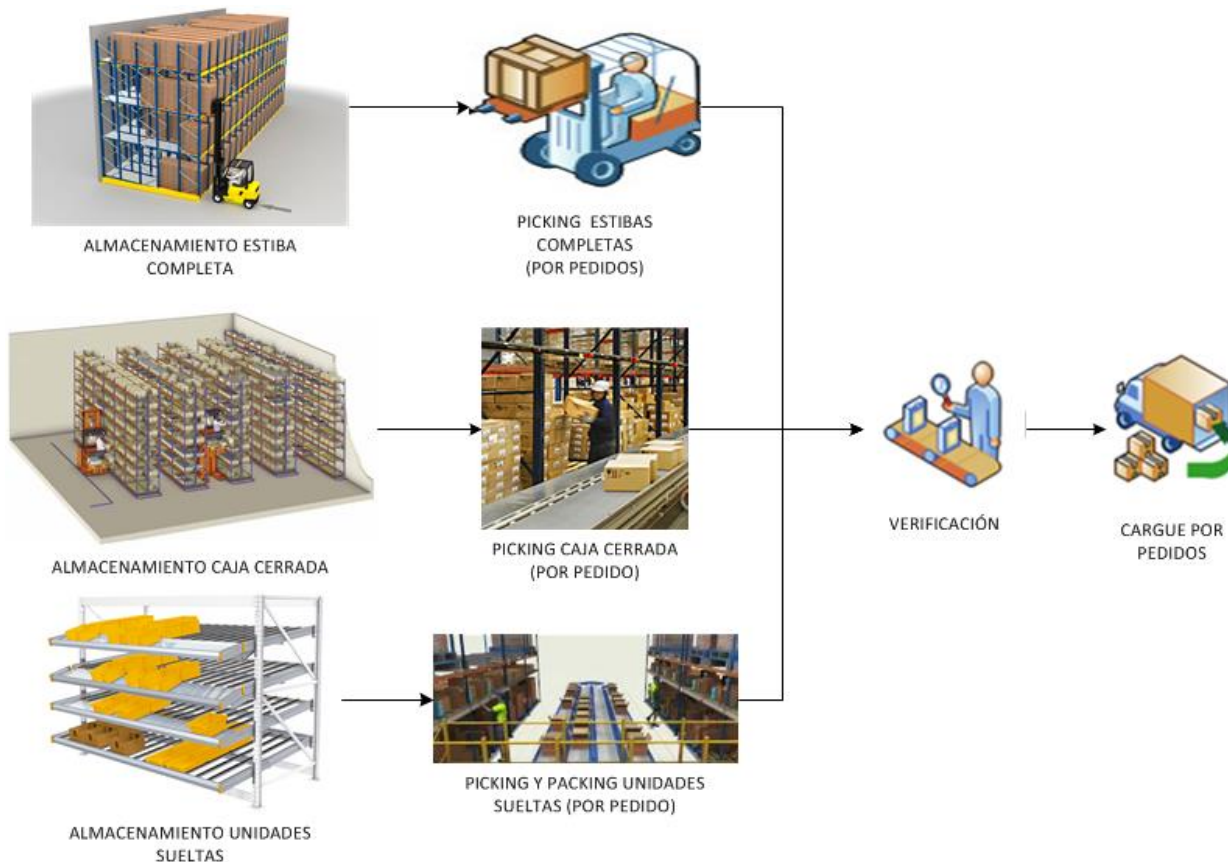


Figura 4. Sistema de alistamiento mecanizado de Comercial Nutresa (2018). Fuente: Elaboración propia.

El proceso foco del sistema es la línea de picking de unidades sueltas (sistema mecanizado pick to belt) ya que representa el 78% de los movimientos generados por alistamiento de pedidos

según el diseño de la consultora Avante Ingeniería, algunos datos representativos del diseño se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Datos del diseño por Avante ingeniería

VARIABLE	UNID. SUELTAS		CAJAS ORIGINALES		ESTIBAS COMPLETAS	
	Promedio	Perc. 80 ¹	Promedio	Perc. 80	Promedio	Perc. 80
No. Referencias Almacenadas	780		780		780	
Referencias movidas por día	472	528	347	416	11	17
Líneas de pedido por día	11.263	15.077	3.151	4.284	23	31
Cantidad por día	55.087	75.202	9.535	13.216	34	46
Líneas por Pedido	6	8	2	1	0	0
Cantidad por Pedido	28	39	4	2	0	0

Fuente: Datos Avante Ingeniería con base en información de Comercial Nutresa (Mayo 2013 – Agosto 2013).

Por otro lado, actualmente se cuenta con un layout que tiene 32 módulos² de estantería en primer nivel con 3 estructuras diferentes, 14 módulos con una estructura de shelving (48 ubicaciones de 40m x 65m x 35m), 14 módulos de “carton flow” (24 ubicaciones de 250m x 35m x 34m) y 4 módulos de estiba completa (2 ubicaciones de 1,25m x 1,2m x 1,8m), éstos divididos en 9 áreas de trabajo, 5 áreas por un lado y 4 por otro lado de la banda transportadora, a continuación se mostrara en las figuras 5 y 6 la descripción mencionada gráficamente.

¹ Percentil 80.

² Espacio generado entre parales de estantería (2,6 metros x 2,6 metros).

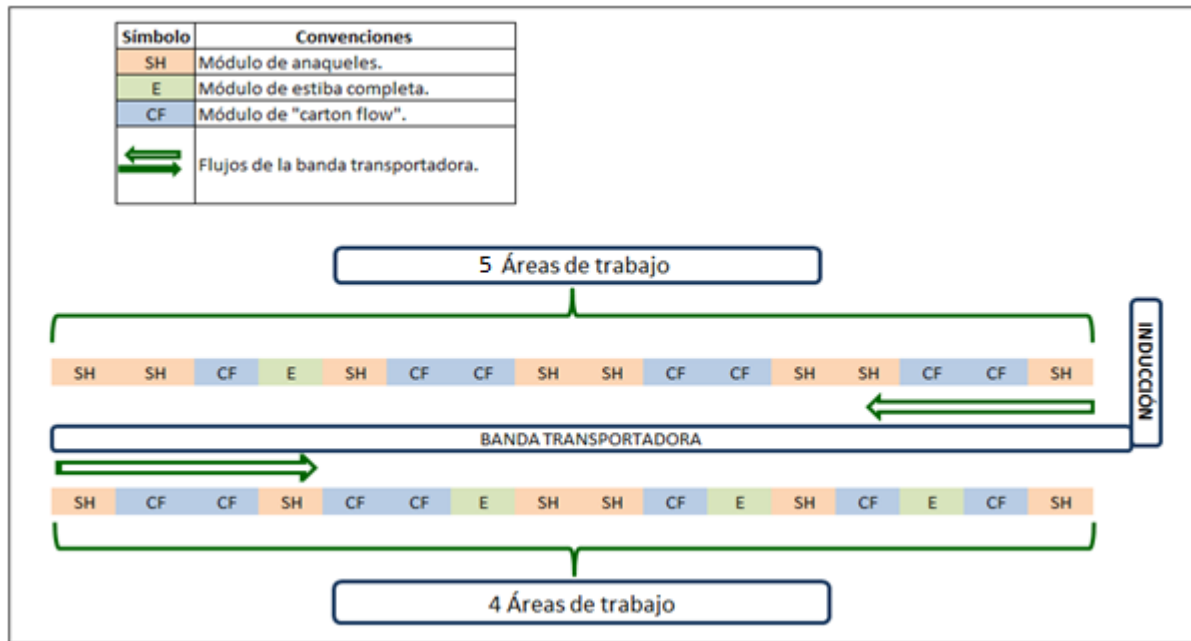


Figura 5. Layout sistema pick to belt de unidades sueltas de Comercial Nutresa. Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Módulos sistema pick to belt de unidades sueltas de Comercial Nutresa. Fuente: Elaboración propia.

Cada modulo tiene asignado un grupo de materiales los cuales cuentan con un slotting segmentado por fuerza de ventas, por peso (los más pesados en las ubicaciones inferiores) y el restante se les asigna una posición aleatoria dentro del módulo.

Un componente fundamental del sistema es la demanda que se traduce en la cantidad de unidades a alistar de cada uno de los SKU³ que tienen una variabilidad dependiendo del canal de distribución y día del mes, así mismo el tiempo de alistamiento tiene una variabilidad importante según las áreas de trabajo y el balance de cargas de trabajo. Los KPI⁴ utilizados para medir la productividad del sistema mecanizado pick to belt es unidades alistadas por hora hombre (un/h/h) y (contenedores/min) donde según la consultora Avante Ingeniería, estos sistemas tienen una capacidad promedio de 700 un/h/h o 3,5 contenedores/min.

6. MARCO TEORICO

6.1. Simulación

La simulación “es una representación ficticia de una situación real, que se experimenta con un modelo que es una abstracción de la realidad; el conocimiento adquirido en la simulación se aplica en el mundo real. Cuando mejor sea el grado de aproximación de la simulación a la realidad, mayor será su utilidad. La primera acción, y requisito previo para cualquier simulación, es un buen conocimiento del sistema real. La persona que enfrenta un problema que requiere simulación para su análisis necesita entender muy bien las condiciones reales, sus elementos, relaciones y metas, e imaginarias como un sistema”. (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 3) Esta permite probar y experimentar cualquier propuesta o cambio en cualquier proceso logístico o productivo en tiempo

³ Stock keeping unit.

⁴ Key performance indicator.

real mucho antes de implementarlo; permitiendo evadir riesgos de costos o de implementar procesos que no son viables.

Los pasos para realizar una simulación se describen en la figura 7.

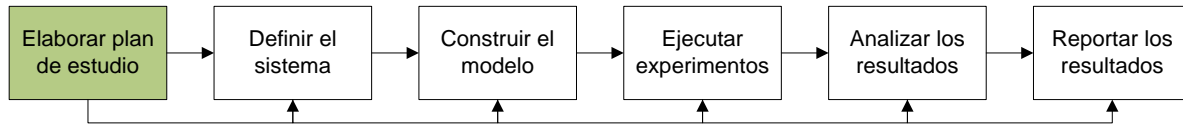


Figura 7. Pasos para realizar una simulación. Fuente: (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 7).

- **Elaborar un plan de estudio:** Muchos proyectos de simulación fallan debido a la mala definición de sus objetivos, lo cual crea falsas expectativas del proyecto o no deja entender en forma correcta los requerimientos. La planeación de la simulación involucra las siguientes tareas: definir los objetivos, identificar las limitaciones o restricciones (económicas, de tiempo o de información), conocer las especificaciones, (alcance, nivel de detalle y grado de exactitud) desarrollar la planeación y definir resultados. (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 8)
- **Definir el sistema:** Después de definir con claridad los objetivos y la organización del proyecto, se debe entrar a definir detenidamente el sistema, para lo cual hay que tener presentes los siguientes aspectos: Determinar la información requerida, en el que se debe determinar en *dónde* se va a recolectar la información y *quién* la suministrara y usar apropiadamente las fuentes de información que se puede obtener de los diagramas de procesos, los estudios de tiempos, los planos de la planta, los diagramas de flujo, los pronósticos de mercadeo y la historia que se tenga en reportes o en otro tipo de formato. (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 12)
- **Construir el modelo:** Una vez se tenga la información, para empezar a construir el modelo, se deberán dimensionar el proceso y el alcance que tendrá la simulación. El modelo se deberá ajustar progresivamente, por lo que se le podrán hacer mejoras en el proceso, en los tiempos, en

las actualizaciones de los datos, etc. Por esta razón es fundamental definir muy bien el alcance que se quiere lograr con el modelo. (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 13)

- **Ejecutar experimentos:** Cuando ya se tiene el modelo, es importante ejecutarlo varias veces, cambiándole las condiciones para cerciorarse que el modelo representa la realidad y no únicamente una situación puntual. Todo modelo debe contemplar la variabilidad del proceso y ésta se debe estudiar con precisión. El resultado de ejecutar una sola iteración de la simulación implica que ésta solo representará una posible situación entre las muchas que pueden existir. Se requiere realizar múltiples replicaciones en el modelo, verificando sus resultados. (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 14)
- **Analizar los resultados:** Después de tener el modelo y de ejecutarlo, se pasa a analizar los resultados alcanzados. Esta fase es una de las más importantes, ya que se debe ser muy crítico con la información que arroja el modelo. El mayor beneficio que se obtiene de una simulación no es necesariamente encontrar verdades absolutas, sino lograr que el experimento muestre cómo funciona el sistema simulado, en este paso se identifican los cuellos de botella del proceso y de la simulación. (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 15)
- **Reportar los resultados:** Para finalizar, es necesario realizar un reporte con los resultados. La presentación de resultados es, muchas veces, tan importante como la información que contienen los reportes; por eso es necesario hacer un informe conciso, que utilice el mayor número de gráficos, ya que éstos explican más que un simple número. Los resultados deben presentarse en términos fáciles de comprender y de evaluar, y en ellos han de proponerse recomendaciones acerca del sistema, basadas en los resultados de la simulación. Crear una base de datos de los resultados para tener una historia de la evolución del sistema que se ha simulado es de gran utilidad. (Blanco Rivero & Fajardo Piedrahíta, 2001, p. 15)

6.2. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición de trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

El estudio de tiempos exige cierto material fundamental para ejecutarlo estos son: un cronometro, un tablero de observaciones y formularios de estudios de tiempos.

Las etapas del estudio de tiempos son las siguientes:

1. Obtener la información del proceso.
2. Registrar una descripción del método.
3. Examinar el método.
4. Medir el tiempo.
5. Determinar la velocidad de trabajo efectiva.
6. Convertir tiempos observados en tiempos básicos.
7. Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico.
8. Determinar el tiempo tipo propio de la operación. (OIT, 2010)

Todo el estudio de tiempos se centraliza en los procesos de inducción, zonas de picking y verificación del sistema pick to belt de unidades sueltas.

6.3. Facility Layout

El diseño y la distribución de planta es un aspecto fundamental para operar en cualquier sistema tanto logístico como productivo, en el presente proyecto esta herramienta es de uso primordial para dar respuesta al problema planteado.

“Facility layout” se refiere a la disposición de las máquinas, departamentos, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento, pasillos y áreas comunes dentro de una instalación existente o propuesta. El layout tiene implicaciones de largo alcance para la calidad, la productividad y la competitividad de una empresa. Las decisiones basadas en layout afectan significativamente la eficiencia con la que los trabajadores pueden realizar su trabajo, que tan rápido puede ser producida ciertos materiales y que tan difícil es para automatizar un sistema.

El objetivo básico de la decisión de diseño es asegurar un buen flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema. Un Layout efectivo también:

- Minimiza los costos de manejo de materiales;
- Aprovecha eficientemente el espacio;
- Utilizar el trabajo de manera eficiente;
- Eliminar los cuellos de botella;
- Facilitar la comunicación y la interacción entre los trabajadores, entre los trabajadores y sus supervisores, o entre trabajadores y clientes;
- Elimina la entrada, salida y colocación de materiales, productos, o personas;
- Facilita la entrada, salida y colocación de materiales, productos, o personas;
- Incorpora medidas de seguridad;
- Promueve la calidad del producto y el servicio;
- Fomenta las actividades de mantenimiento adecuados;
- Proporciona un control visual de las operaciones o actividades;
- Proporcionar flexibilidad para adaptarse a las condiciones cambiantes” (Russell & Bernard, 1995, p. 272).

6.4. Slotting analysis

El concepto de slotting viene de la ubicación de las existencias que representa el problema de decidir la disposición física de la mercancía dentro de un almacén para lograr una máxima utilización del espacio de almacén y para cumplir ciertas restricciones sobre la ubicación de la mercancía, concernientes, por ejemplo, a la seguridad, protección contra incendios, compatibilidad de producto y necesidades de alistamiento de pedidos.

El objetivo de la planeación de ubicación de los materiales es la minimización de los movimientos y distancias recorridas a través del almacén. La disposición es con base en cuatro criterios: la complementariedad que se refiere a la idea de que los artículos solicitados, con frecuencia juntos, deberán ubicarse cercanos entre sí, la compatibilidad que incluye la cuestión de si los artículos pueden colocarse en forma práctica uno junto al otro, la disposición por popularidad que reconoce que los productos tienen distintos índices de rotación dentro de un almacén donde unos son más frecuentados que otros y el tamaño para que se tenga la posibilidad de que un mayor número de artículos más pequeños puedan colocarse cerca al punto de salida, o área de tránsito. (Ballou, 2004)

6.5. Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto es un método gráfico para definir los problemas más importantes de una determinada situación y, por consiguiente, las prioridades de intervención. El objetivo consiste en desarrollar una mentalidad adecuada para comprender cuales son las pocas cosas más importantes y centrarse exclusivamente en ellas. La importancia de un objeto o de un dato es función de dos elementos, la situación en la que nos encontramos y los objetivos que nos hemos fijado.

Para la construcción del diagrama de Pareto existen las siguientes etapas:

1. Decidir cómo clasificar los datos.
2. Elegir el periodo de observación del fenómeno.
3. Obtener los datos y ordenarlos.
4. Preparar los ejes cartesianos del diagrama.
5. Diseñar el diagrama.
6. Construir la línea acumulada.
7. Añadir las informaciones básicas.

El diagrama de Pareto representa uno de los primeros pasos que deben darse para realizar mejoras facilitando la toma de decisiones.

7.5. Clasificación ABC

La clasificación ABC es una aplicación del análisis de Pareto para clasificar artículos según su importancia, clasificando los artículos en inventario en categorías A, B y C, según su importancia. Para efectuar una clasificación ABC se utilizan diversas medidas de valor, depende de los objetivos de la clasificación. El procedimiento para efectuar la clasificación ABC, basada en algún criterio de valor, se resume en los siguientes pasos:

1. Seleccionar el criterio de valor.
2. Ordenar los artículos en orden de la importancia de su valor.
3. Calcular, para cada artículo, su porcentaje acumulado de valor y su porcentaje acumulado del número de artículos.
4. Construir una gráfica del porcentaje acumulado del número de artículos en función del porcentaje acumulado del valor.
5. Clasificar los artículos en las categorías A, B y C.

Se sugiere que la categoría A abarque entre el 5% y 20% de los artículos que generan entre 60% y 80% del valor, la B alrededor de 30%, con alrededor de 15% del valor y la C entre 50% y 60%, con solo 5% a 10% de valor. El objetivo de la clasificación ABC es identificar los artículos de mayor, relativa media y menor importancia para adoptar políticas distintas para administrar los artículos en las diferentes categorías. (Negrón, 2009)

7.6. Balanceo de línea

Los propósitos de la técnica del balanceo de línea son los siguientes:

- Igualar la carga de trabajo.
- Identificar la operación que constituya el cuello de botella.
- Establecer la velocidad de la línea.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador.
- Auxiliar en la distribución de planta.
- Reducir el costo de producción.

El objetivo de balanceo de línea es dar a cada operador una cantidad de trabajo lo más parecida posible. Esto puede lograrse sólo con el desglose de las tareas en los movimientos básicos que se requieren para cada trabajo y re ensamblar las tareas en labores con casi el mismo valor en cuanto al tiempo. La estación que tome más tiempo es en el primer foco para poder mejorar la línea.

Para un correcto balanceo de línea se deben tener en cuenta las siguientes categorías: Número del producto, la fecha, descripción del producto, número de unidades requeridas, tiempo del

proceso, número de secuencia de la operación, ciclo de tiempo, número de estaciones, porcentaje de carga, piezas por hora hombre y total horas por unidad.

El balanceo de línea es una herramienta importante para muchos aspectos de la ingeniería industrial, y uno de los más importantes en donde se utiliza es en la distribución de la línea de trabajo. (Stephens, 2006)

6.6. Diseño de experimentos

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

- Comparar dos o más materiales con el fin de elegir el mejor.
- Determinar los factores (las x vitales) de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
- Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
- Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos o procesos.

El diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente. Esta metodología se ha ido consolidando como un conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería, que permiten entender mejor las situaciones complejas de relación causa-efecto. (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008)

7.7. Sistemas y tecnologías de picking

En tecnologías de picking existen múltiples sistemas, que van desde los más simples (como el picking en racks o estanterías selectivas) hasta los sistemas automáticos, donde es mínima la intervención humana.

Para el presente trabajo es importante describir el sistema pick to belt o pick and pass:

Consiste en un sistema de picking por flow rack y conveyer, en el cual se exhiben los productos a surtir y los contenedores de despacho transitan por el conveyer paralelo permitiendo que el operario ubique y seleccione los artículos que solicita cada pedido, los coloca en el contenedor y posteriormente libera esa orden y recibe la siguiente, permitiendo que el surtido se realice eficientemente. Se requiere mínimo una cara disponible por cada SKU del portafolio. Es muy utilizado en empresas con portafolios medianos y grandes, y con un número elevado de pedidos por día. (Vásquez, 2014)

Por otro lado, existen diferentes tecnologías, la más utilizada en el sistema de estudio es la de radiofrecuencia, la idea de esta tecnología es lograr maximizar la velocidad y exactitud del picking.

El sistema de radiofrecuencia funciona con un equipo handheld adherido a la mano del operario. Este dispositivo contiene un lector y una pantalla que le indica el producto a seleccionar, la posición en la que se encuentra y la cantidad solicitada. El personal encargado realiza esta operación y confirma el despacho a través del escáner. Se requiere un equipo por operario y un sistema de antenas de radiofrecuencia. Se utiliza principalmente en áreas de baja rotación y gran número de referencias. (Vásquez, 2014)

8. CARACTERIZACIÓN Y SIMULACIÓN

8.1. Caracterización del proceso

El proceso de logística de almacenamiento de Comercial Nutresa S.A.S cuenta con un sistema mecanizado de bandas transportadoras que trasladan los SKU desde diferentes zonas del almacén hasta los muelles de carga, además cuenta con un sistema pick to belt de unidades sueltas que realiza el picking de diferentes canales de distribución, el canal tradicional que se compone por tres sub canales, el T.A.T (Tienda a tienda), agentes comerciales y los mayoristas; el canal de correrías que despacha a siete provincias, Facatativá, Funza, Fusa, Villeta, La vega, La mesa y Caqueza; el canal plataformas con dos sub canales, Zipaquirá y Tunja; el despacho primario a 15 ciudades, Cali, Pereira, Medellín, Girardota, Sincelejo, Montería, Bucaramanga, Neiva, Florencia, Ibagué, Oriente, Caldas, Barranquilla, Cúcuta y Pitalito y el canal industrial, En la figura 8 se relaciona el layout del centro de distribución donde se identifica el sistema pick to belt de unidades sueltas

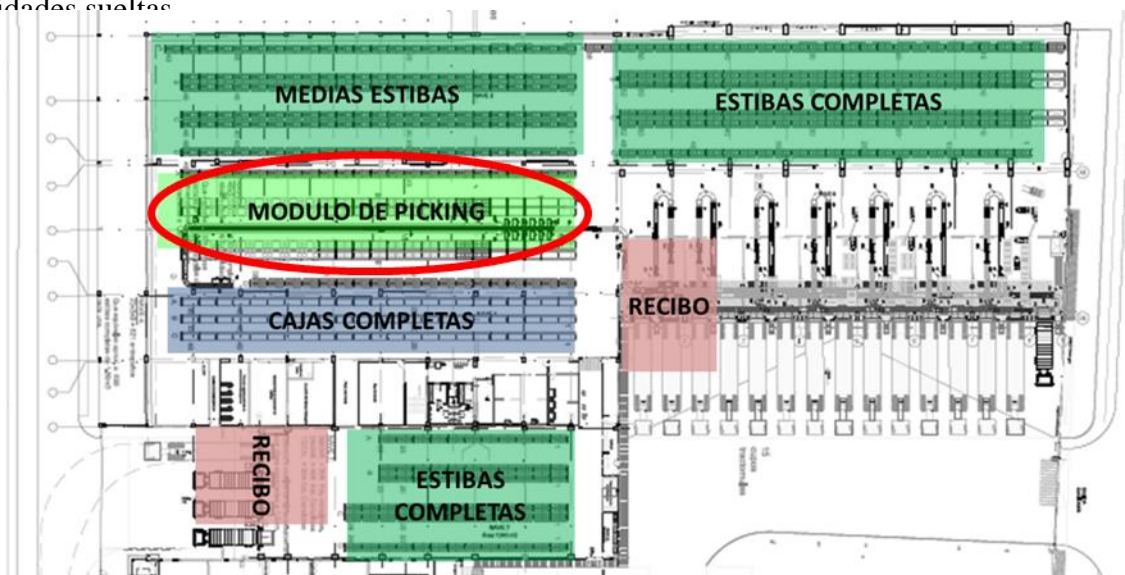


Figura 8. Layout centro de distribución mecanizado Comercial Nutresa S.A.S. Fuente: Elaboración propia en base a información interna de Comercial Nutresa S.A.S.

8.1.2. Diagrama de procesos.

Se realiza el diagrama de procesos del sistema en notación BPMN⁵ (Figura 9) para tener a detalle todas las actividades y tareas que realizan los operarios en el sistema.

Este diagrama se construye involucrando los actores principales del proceso: Inducción, Zonas de picking y Verificación.

⁵ BPMN: Business Process Model and Notation.

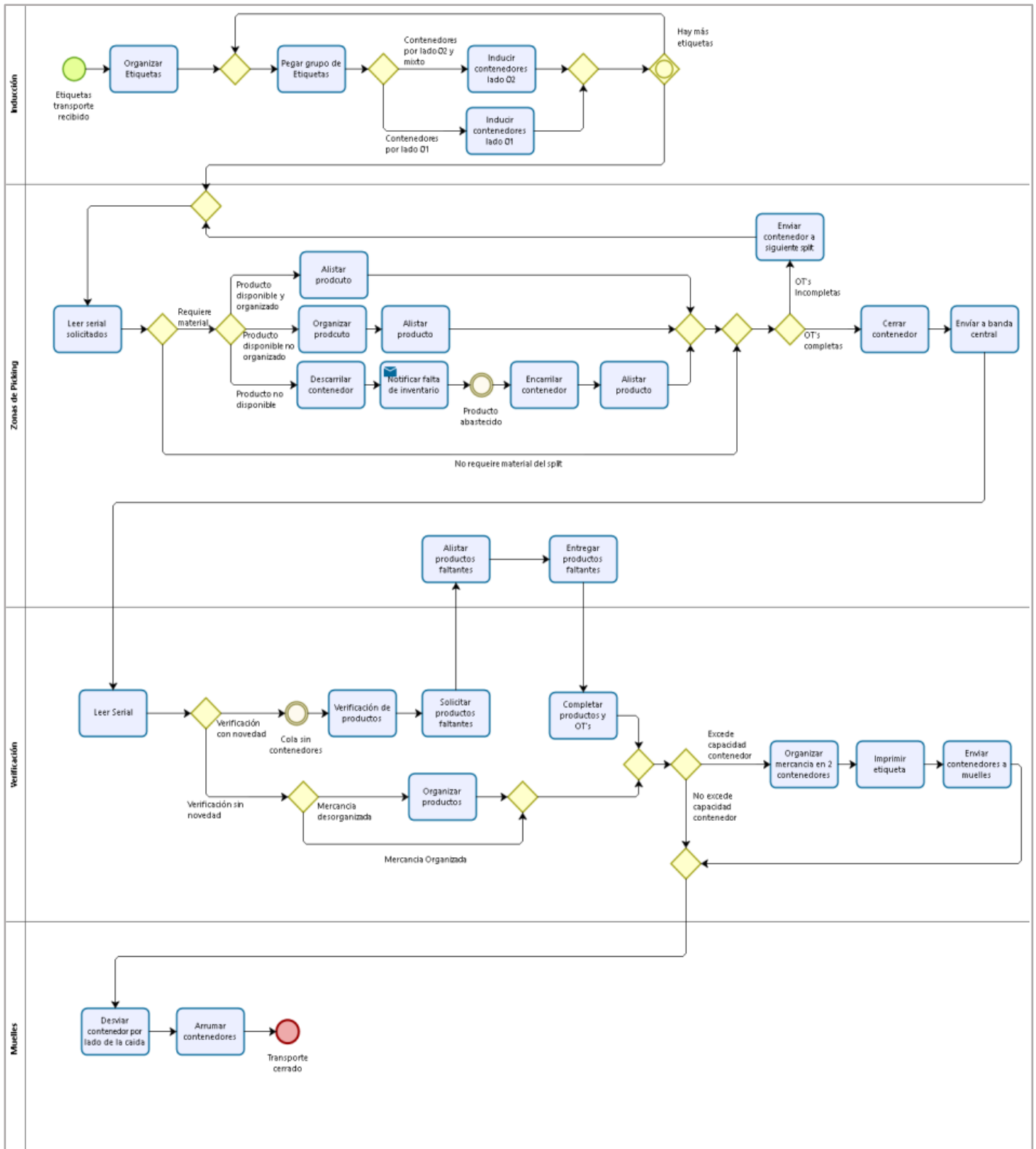


Figura 9. Diagrama de procesos, alistamiento de unidades sueltas. Fuente: Información interna de Comercial Nutresa.

Consideraciones del diagrama de procesos:

- **Inducción:** Se identifica los diferentes tipos de contenedor cambiando el input de los materiales a alistar por contenedor.
- **Zona de picking:** Existen unos tiempos adicionales dependiendo el tipo de producto, por ejemplo, el uso de un gancho para alcanzar el producto. El alistamiento representa un número de viajes dependiendo el volumen a alistar por producto.
- **Verificación:** Se espera terminar la verificación de todos los contenedores en cola y luego se hace la completitud del serial con novedad. El operario de la zona de trabajo donde se encuentra la novedad hace el proceso de completitud por novedad.

8.1.3. Descripción diagrama de procesos.

El proceso inicia con la organización de etiquetas que realiza la persona de inducción, para posteriormente realizar un pegado de estas sobre los contenedores y/o cajas identificando por qué lado del sistema debe realizarse su inducción.

Una vez se induce el contenedor, este llega a las zonas de picking donde el operario debe hacer una lectura del serial para identificar si requiere algún SKU de los que tiene asignados. En caso de que no se requiera SKU alguno pasa el contenedor a la siguiente área de trabajo y continua con la lectura del siguiente contenedor en la cola. En caso de que requiera alistamiento puede encontrarse con tres situaciones; la primera de ellas es que el producto esté disponible pero deba realizar alguna acomodación, como jalar la caja/bandeja y/o realizar la apertura del material de empaque y luego si realizar el alistamiento; la segunda es que el producto no esté disponible y tenga que bajar el contenedor mientras este es abastecido para posteriormente subirlo y realizar el alistamiento; en el tercer caso el producto está disponible y solo debe alistarlo.

Al terminar de alistar la mercancía solicitada se debe enviar el contenedor a la siguiente área de trabajo, a menos que las OT's⁶ hayan sido completadas y se deba acomodar la mercancía, cerrar el contenedor y descarrilarlo por la banda central.

Todos los contenedores en algún momento completarán su ciclo y serán enviados por la banda central a los muelles, pero antes deben pasar por el punto de verificación que lee el serial de cada uno de los contenedores para validar que las OT's hayan sido completadas. Sin embargo, se pueden identificar algunas novedades que requieran de verificación. En este caso el contenedor es desviado al punto de verificación donde se hace una validación de los materiales y sus cantidades, identificando la OT pendiente de procesar para que la mercancía faltante le sea acercada. Completado el proceso de verificación el contenedor se envía a la banda central.

Otra de las novedades que se pueden presentar en el punto de verificación es que la mercancía este desorganizada, por lo que debe sacar el contenedor al punto de verificación y acomodar la mercancía para enviarlo a muelles. En caso de que la mercancía no entre en un contenedor debe conseguirse otro corrugado, imprimir una nueva etiqueta, acomodar la mercancía en los dos contenedores y enviar estos a muelles.

En los muelles se desvían contenedores a un lado de la caída para posteriormente ser arrumados en estibas estándar (1m x 1.2m).

⁶ OT: Orden de trabajo.

8.2. Modelo de simulación actual

8.2.1. Análisis de información inicial

Con el fin de comparar el impacto de la metodología en un sistema pick to belt, se construye un modelo de simulación que representa el comportamiento real del sistema total para alistar los pedidos de una semana.

En primera instancia se realiza un análisis de información inicial para poder establecer la métrica en cuanto a procesos y números, seguido por la construcción de un diagrama de procesos para poder establecer el alcance del modelo a construir del sistema pick to belt de unidades sueltas.

Se realiza un análisis de información de las bases de datos de 3 meses, Mayo, Junio y Julio, (información de SAP, transacción 2240) se decide trabajar con la semana que representa la mejor productividad del tiempo establecido, esta semana fue del 17 al 23 de Junio. Se muestra la información en la tabla 2.

Tabla 2. Indicadores de la semana más productivas de la base de datos.

Junio 12 al 23 del 2018	
Descripción	Dato
Contenedores	15.986
Transportes	560
Movimientos	127.417
Horas efectivas / turno	6,5
Cont / Min	2,50

Fuente: Elaboración propia.

El throughput de la operación está en 2.50 contenedores/min. En este caso el valor está condicionado a la cantidad de minutos efectivos en los cuales estuvo el sistema trabajando.

La cantidad de contenedores dividido el tiempo efectivo, es como se calcula el indicador de contenedores por minuto o throughput del sistema pick to belt de unidades sueltas.

8.2.2. Proceso de alistamiento

Para el modelo de simulación, el proceso de alistamiento que realiza cada uno de los operarios en sus áreas de picking comienza cuando se recibe un contenedor y este puede presentar dos opciones. La primera, es que el contenedor no requiera mercancía de su área y se deba pasar al siguiente picking; la segunda, es que sí requiera mercancía de su área, por lo que se debe realizar el alistamiento de los SKU solicitados. Una vez terminado el alistamiento, el contenedor puede requerir mercancía de otra estación o pudo terminar todas sus órdenes de trabajo; en caso de haberse terminado las órdenes de trabajo el contenedor se envía a los muelles, en caso contrario, se pasa a la siguiente estación como se muestra en la figura 10.

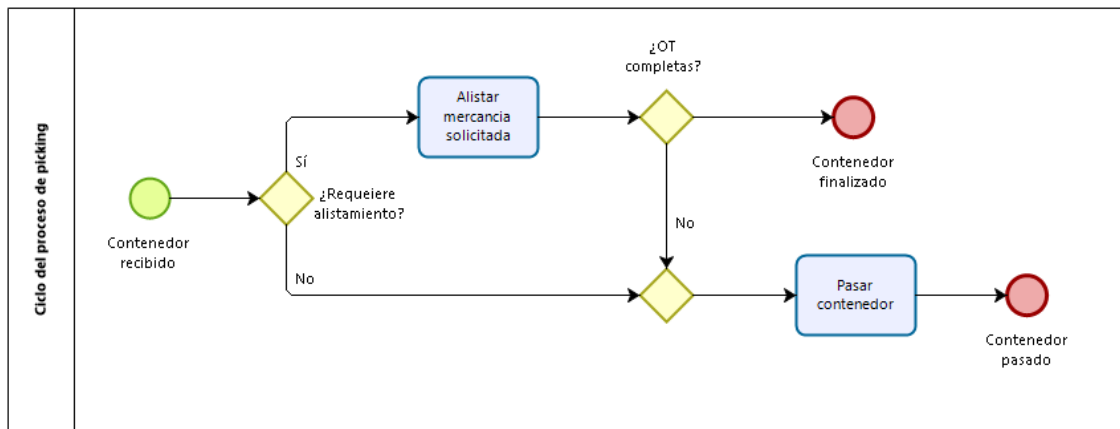


Figura 10. Diagrama ciclo del proceso de picking. Fuente: Elaboración propia.

Es importante tener en cuenta, que cada contenedor seguirá el flujo real de cada una de las áreas de trabajo por las que debe pasar.

8.2.3. Formulación del modelo.

Para realizar la representación del sistema en el software de simulación FlexSim, se utilizaron los recursos presentados en la figura 11.



Figura 11. Recursos del modelo. Fuente: Elaboración propia.

8.2.4. Parámetros del modelo.

Para este modelo de simulación se tienen en cuenta dos parámetros base:

- **Tiempos de alistamiento por contenedor:** Los tiempos de alistamiento dependen de la ubicación de los materiales en el área de trabajo, los tiempos de extracción de los SKU y los tiempos de acomodación de la mercancía en el contenedor. En el caso de este modelo, estas actividades serán resumidas en un único tiempo para el processor.
- **Tamaños de las colas entre áreas de trabajo:** El tamaño de las colas depende del tamaño que tiene el área de trabajo anterior. Sin embargo, para este modelo se va a

mantener como parámetro fijo un valor de 10 contenedores como capacidad entre todas las áreas de trabajo.

Como se acaba de explicar, los tiempos de alistamiento van a ser la variable aleatoria para evaluar dentro del modelo. Este resume todas las actividades que se realizan para completar el alistamiento, para ello a continuación, se realiza una explicación de cómo se identificaron los tiempos de alistamiento de cada área de trabajo:

- **Slotting:** Se utiliza el slotting definido (actual) para identificar el número de alistamientos que requiere cada ubicación del área de trabajo. (ANEXO 1, hoja Escenario actual).
- **Distancia:** Se utiliza la distancia calculada entre el carton stop y la ubicación, como parámetro de movimiento requerido por el operario por alistamiento.
- **Tiempos:** Se utilizan los tiempos suministrados por Comercial Nutresa S.A.S de las actividades.

Al tener esta información, el tiempo de alistamiento está determinado por el tiempo que tarda en leer el serial y revisar que SKU's está solicitando, el tiempo que demora en desplazarse hasta la ubicación multiplicado por dos, ya que es ida y vuelta, el tiempo de extraer la mercancía de las ubicaciones, el tiempo que toma para organizar la mercancía en el contenedor y el tiempo que demora en pasar el contenedor a la siguiente área de trabajo o a la banda central hacia los muelles. En resumen, el tiempo de un alistamiento (T.A) es:

$$T. A = T. Lectura RF + T. Movimiento * 2 + T. Extracción + T. Acomodación + T. Pasar contenedor \quad (1)$$

Comercial Nutresa S.A.S suministró una medición realizada internamente para 4 de los tiempos. Estos se resumen a continuación:

- Lectura de serial: 2.30 segundos.

- Extracción de mercancía: 3.96 segundos
- Organización del producto en contenedor: 6.20 segundos.
- Pasar el contenedor a muelles o siguiente área de trabajo: 3.84 segundos.

Para el cálculo del tiempo requerido en los movimientos, se utiliza la velocidad promedio defecto del software de 2 metros por segundo. Este parámetro se multiplica por la distancia, donde la unidad corresponde a 0.35 mts. (ANEXO 1, hoja Tiempos Actual). En resumen, el tiempo de movimiento es:

$$\text{Tiempo movimiento} = 0.5 \text{ s/m} * \text{distancia (m)} * 2 \text{ recorridos} \quad (2)$$

Es importante que se tenga en cuenta que se calcula el tiempo de cada uno de los alistamientos por cada área de trabajo, de forma que se encuentre la distribución de probabilidad del tiempo de alistamiento para cada estación de trabajo. Esa función de probabilidad corresponde al tiempo de alistamiento utilizado en el simulador. (ANEXO 1, hoja Tiempos por AT actual).⁷

8.2.5. Modelo del sistema pick to belt.

Finalmente, luego de definir el proceso, los recursos y los parámetros, se realizó la construcción del modelo de simulación como se visualiza en la figura 12. (ANEXO 2).

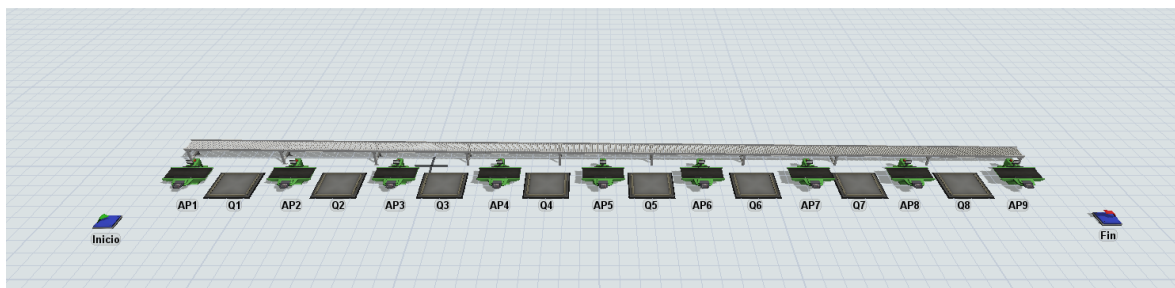


Figura 12. Vista modelo de simulación sistema pick to belt actual. Fuente: Elaboración propia.

⁷ Nota: Para agregar mayor aleatoriedad, se utiliza el valor suministrado por Comercial Nutresa S.A.S como el promedio de una normal y se asume como desviación el 20% del promedio suministrado.

El modelo construido fue diseñado para ejecutar los pedidos reales a procesar, respetando las áreas de trabajo que realizan cada alistamiento y el área en que se completan las ordenes de trabajo, con base en el diseño actual. (ANEXO 1, hoja Tabla contenedores actual). En resumen, el simulador recibió la siguiente carga de trabajo de la semana del 17 al 23 de junio:

- 15,986 contenedores.
- 127,417 alistamientos.
- 9 áreas de trabajo.
- 5 réplicas por escenario.

La ejecución del modelo de simulación se realiza de corrido hasta encontrar el tiempo necesario para alistar todos los contenedores. En ese orden de ideas, la productividad variara en los escenarios por el tiempo de ejecución de la simulación.

8.2.6. Resultados modelo actual

Se ejecuta el modelo inicial, este respeta el layout actual y se calculan los tiempos de alistamiento con base en el proceso planteado anteriormente, este se muestra en la figura 13.

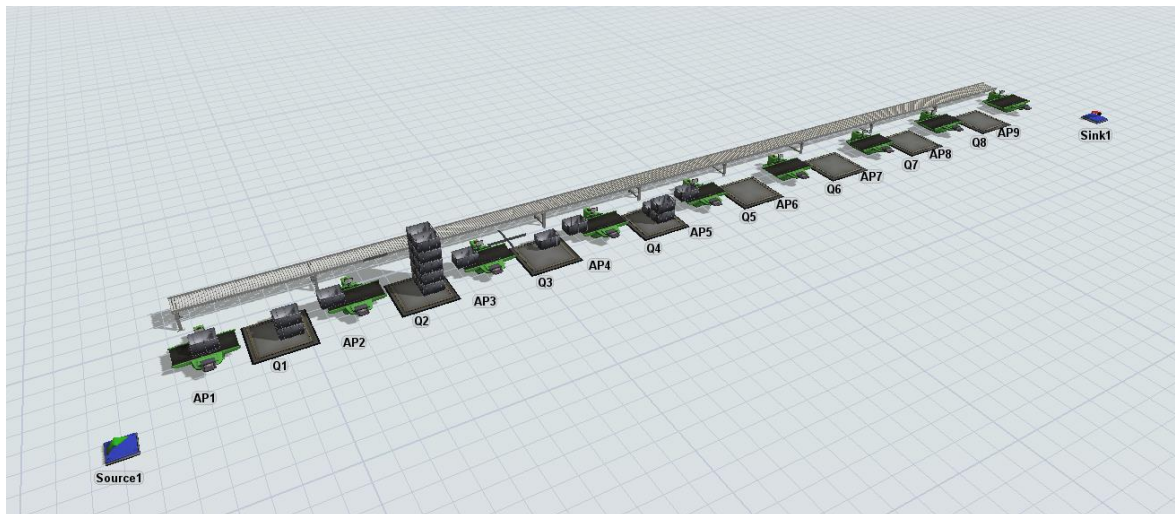


Figura 13. Modelo de simulación sistema pick to belt actual en ejecución. Fuente: Elaboración propia.

Una vez ejecutado el simulador de la situación actual, se evidencia una diferencia de 0.18 contenedores por minuto versus la realidad, dando una productividad más baja en el simulador como se muestra en la figura 14.

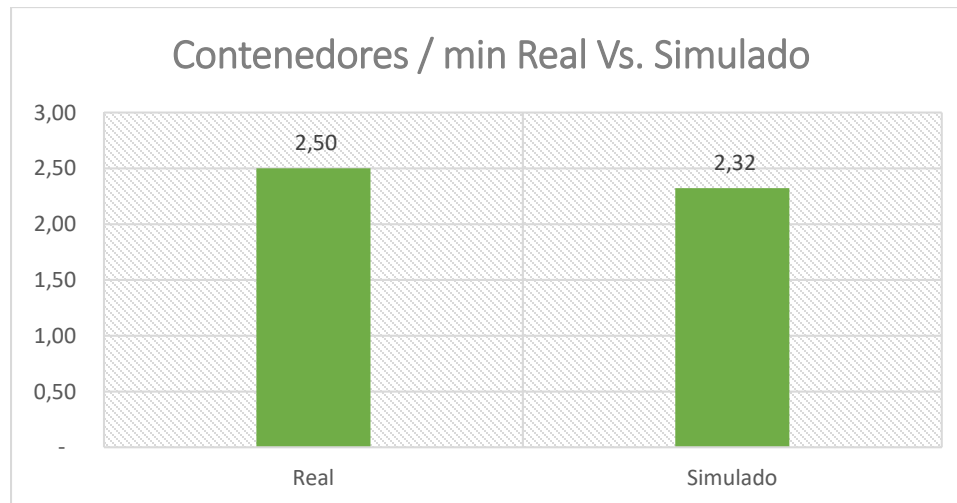


Figura 14. Comparación contenedores/minuto real versus simulado. Fuente: Elaboración propia.

La aproximación del modelo es bastante buena (93%). La diferencia se produce principalmente por elementos y eventos que se omitieron para el desarrollo del modelo (Faltante en estantería, apertura de cajas, organización de mercancía nueva, entre otras), ya que no son fundamentales para encontrar la línea base que se define en 2,32 contenedores/minuto.

9. METODOLOGÍA

Los sistemas mecanizados pick to belt de unidades sueltas permiten atender altos números de pedidos con grandes portafolios y variedad de SKU's, el objeto de estos sistemas es realizar eficientemente el alistamiento de los diferentes surtidos solicitados en contenedores que atraviesan las áreas de alistamiento a través de una banda transportadora, sin embargo, existen problemáticas para lograr mantener y mejorar las productividades del sistema donde se vuelve relevante el diagnóstico de las variables que generan afectación y a simple vista no pueden ser detectadas.

Abordando esta problemática se plantea una metodología de 5 etapas que permite a través de su desarrollo entender la naturaleza del sistema y aplicar diversas herramientas que permiten aumentar la velocidad de sistemas pick to belt para diferentes unidades de negocio dentro del segmento de consumo masivo y dando como resultado la redistribución del layout y slotting definido por cada empresa con cargas de trabajo balanceadas.

En la figura 15 se relaciona los pasos de la metodología.

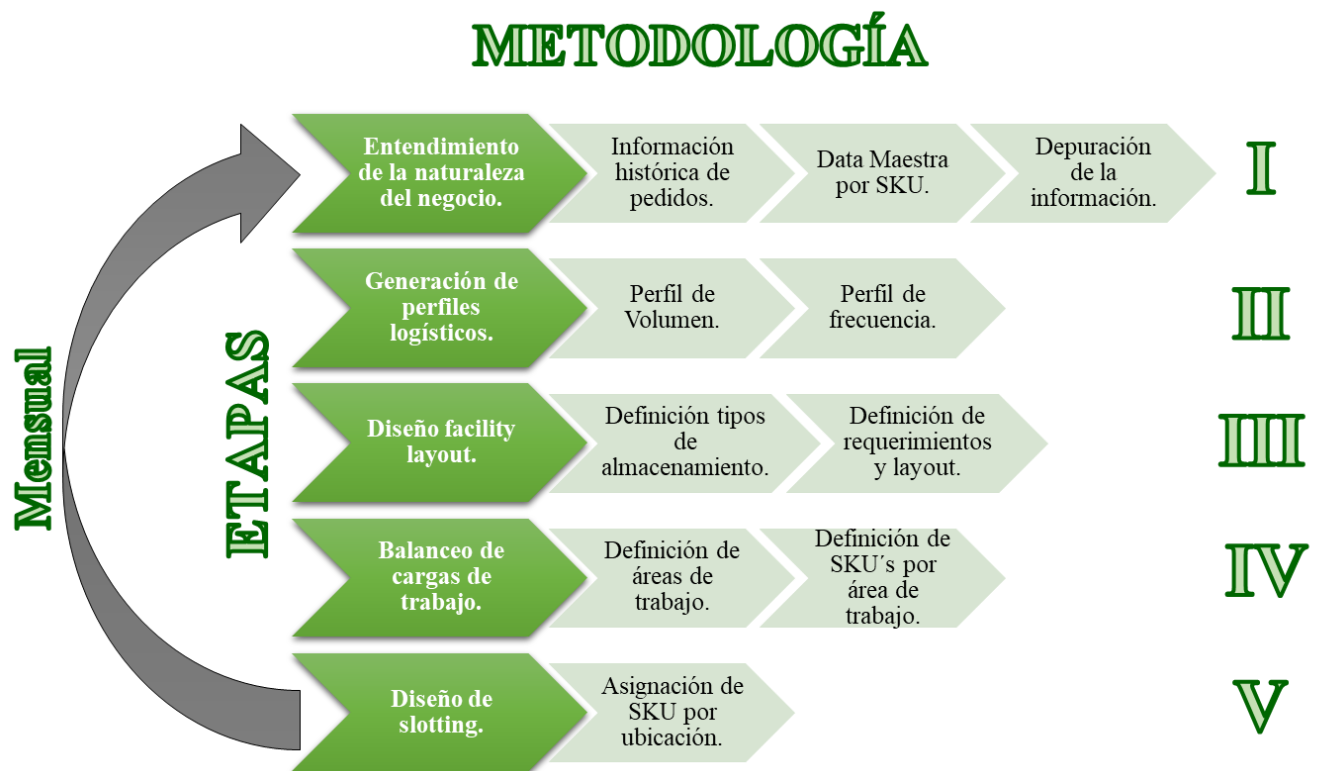


Figura 15. Resumen metodología. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se relacionan las abreviaciones a tener en cuenta en la metodología.

Tabla 3. Tabla de abreviaciones.

Palabra	Abreviación
Cantidad	Cnt
Cajas	Cj
Unidades	Un
Kilogramos	Kg
Metros cúbicos	m ³
Volumen	Vol
Área de trabajo	AT

Fuente: Elaboración propia.

9.1. Supuestos:

- El tiempo y los recursos no son tenidos en cuenta como una restricción para realizar los movimientos necesarios en cuanto a la redistribución física al finalizar el desarrollo de la metodología.
- El tipo de ubicaciones a utilizar en esta metodología son ubicaciones de estiba completa, carton flow y shelving, el tamaño y cantidad de ubicaciones por tipo de almacenamiento son a libre escogencia de las empresas.
- La numeración de las ubicaciones puede ser elegida a preferencia de las empresas, sin embargo, la asignación lógica de las ubicaciones en cada tipo de almacenamiento se debe cumplir para el correcto funcionamiento del algoritmo.
- Cada área de trabajo definida en la metodología debe tener un trabajador.
- Para el desarrollo de la metodología se deben tener conocimientos en estadística y buen manejo de Excel.
- La metodología propone la redistribución del layout de ubicaciones bajo la premisa de mantener un día de inventario en los sistemas, sin embargo, si se tiene menos espacio de lo requerido se puede bajar las cantidades donde sería necesario realizar más de un

reaprovisionamiento en el día, en caso de tener más espacio es decisión de la empresa almacenar más de un día de inventario.

- En la metodología se recomienda que los perfiles logísticos se generen bajo el percentil 80 en cuanto a las cantidades solicitadas y movimientos realizados, sin embargo, es decisión de la compañía dependiendo de los niveles de servicio requeridos podrán realizar el análisis con promedios o percentiles mayores.

9.2. Etapa N° 1. Entendimiento de la naturaleza del negocio.

Como la etapa inicial de la metodología es importante conocer la vocación de las operaciones bajo registros históricos que evidencian los comportamientos del sistema.

9.2.1. Información histórica de pedidos.

La información de los pedidos es la base de la metodología, cuando se cuenta con un ERP o un WMS la cantidad de información es amplia, sin embargo, se cuente o no con estas tecnologías se debe tener los siguientes datos como requisitos mínimos:

- Fecha del picking.
- Número de pedido.
- SKU o descripción del material.
- Cantidad solicitada (unidades mínimas).

Estos datos deben ser tomados por cada uno de los alistamientos que se realizan, es decir, por cada uno de los pedidos y por cada SKU solicitado.

Para la primera ejecución de la metodología se recomienda obtener información del mes anterior a la solicitud, esto con el fin de evaluar el comportamiento de cada SKU durante todo un periodo del año y tener pedidos de los SKU que se están solicitando en el periodo de tiempo actual. Para la

selección de este periodo se debe evitar tomar meses atípicos (Temporadas, Ejemplo: Escolar, Navidad, etc.), ya que se tendrán pedidos con SKU que solo se solicitan en este periodo desviando las solicitudes del resto del año.

9.2.2. Data maestra por SKU.

La data maestra por SKU permite tener mayor información frente al SKU solicitado, esta debe mantenerse actualizada y contener como requisitos mínimos:

- SKU o descripción del material.
- Embalaje (unidades por caja y unidades por estiba).
- Peso de la caja (Kg).
- Volumen de la caja (M3).

El SKU se usa como llave para poder interactuar con la información de los pedidos, el embalaje permite llevar la cantidad solicitada a la unidad de medida necesaria y el peso y el volumen tienen relevancia como restricción en los espacios de almacenamiento.

9.2.3. Depuración de la información.

La depuración de la información tiene una alta relevancia al momento de tomar decisiones, luego de realizar este proceso; esta será la base de datos con la que se procederá a trabajar en las siguientes etapas de la metodología, esto aplica para la información de históricos de pedidos (9.2.1).

En primer lugar, se procede a plasmar la información de la data maestra a la información de histórico de pedidos para construir una sola base de datos la cual queda con los siguientes campos:

- Número de pedido.

- SKU y/o descripción del material.
- Fecha del picking.
- Cantidad solicitada (unidades mínimas).
- Peso de la caja (Kg).
- Volumen de la caja (M3).
- Unidades por estiba.
- Unidades por caja.

Posterior se deben agregar 3 campos nuevos a la base de datos, donde se realiza el Split de comandos, en el cual se logra evidenciar si la cantidad solicitada equivale a cajas completas, estibas completas o unidades sueltas y se calcula de la siguiente manera:

Para cantidad de estibas: Se calcula el entero del resultado a la cantidad solicitada e estibas.

$$\text{Cantidad solicitada en estibas} = \left(\frac{\text{Cantidad solicitada (un)}}{\text{Unidades por estiba (un)}} \right) \quad (3)$$

Para cantidad de cajas: Se calcula el entero del resultado a la cantidad solicitada en cajas.

$$\text{Cnt. solicitada en cj} = \left(\frac{(\text{Cnt. solicitada (un)} - (\text{un por estiba} * \text{Cnt. de estiba}))}{\text{Un por caja}} \right) \quad (4)$$

Para cantidad de unidades:

$$\begin{aligned} \text{Cnt. solicitada en un} = & (\text{Cnt. solicitada (un)} - (\text{Cnt. de estibas} * \text{un por estiba}) + \\ & (\text{Cnt. de cajas} * \text{un por caja})) \end{aligned} \quad (5)$$

Luego solo se tendrá en cuenta las líneas con cantidad en unidades, las líneas de cantidad de estibas y cantidad de cajas se eliminan ya que no son alistadas en sistemas pick to belt de unidades sueltas.

Esta data resultante se somete a la verificación de los aspectos que se mencionan en la tabla 4.

Tabla 4. Aspectos a validar y depuración.

ASPECTO A VALIDAR	DESCRIPCIÓN
Archivo Entregado.	Nombre del archivo entregado.
Mes Data.	Meses que contiene el archivo entregado.
Total Registros archivo original.	Cantidad de registros o líneas en el archivo Original.
Registros en los campos requeridos que no corresponden a las fechas solicitadas.	Se pone cantidad de registros y eliminar los datos que no corresponden a las fechas solicitadas.
Registros con datos inconsistentes (#N/A).	Se pone cantidad de registros y eliminar.
Registros sin datos en los campos.	Se pone cantidad de registros y eliminar.
Registros con cantidades expresadas en decimales, nulos o inferiores a 1.	Primero, se consolidar materiales repetidos en una misma orden, si queda decimales se aplica de redondeo.
Unidad en la que están expresadas las cantidades.	Se debe confirmar en que unidad de medida están las cantidades.
Registros correspondientes a PEDIDOS con duplicidad para alguna de sus referencias solicitadas.	Si se tiene diversidad de lotes, se consolida cantidad por material, en caso de tener solo un lote se borra línea duplicada.
Validar que todos los SKU del histórico de pedidos se encuentren en la Data Maestra.	Se realiza revisión general por SKU en historial de pedidos vs Data Maestra, si falta algún SKU se solicita a la organización.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, esta base de datos tendrá el nombre de “Base de datos consolidada” y será con la que se trabajará en las siguientes etapas.

9.3. Etapa N° 2. Generación de perfiles logísticos.

Los perfiles logísticos permiten conocer la realidad de los comportamientos de cada uno de los SKU que son solicitados para posterior toma de decisiones.

9.3.1. Perfil de volumen.

El perfil de volumen es el comportamiento por cada SKU en cantidad de unidades solicitadas durante un periodo de tiempo en un sistema de alistamiento, este permite identificar cuanto inventario es necesario por cada uno de los SKU para soportar un día de operación y permite identificar la clasificación ABC de cada SKU para evidenciar su contribución en el sistema en cuanto a volumen se refiere.

Para la construcción de este perfil se deben ejecutar los siguientes pasos:

1. Realizar una tabla dinámica en Excel de la base de datos consolidada construida anteriormente (9.2.3) que permita evidenciar la cantidad diaria de unidades solicitadas por cada uno de los SKU, esta información debe ir de mayor a menor del total general. Se recomienda organizar la información en los campos de tabla dinámica en Excel como se muestra en la figura 16.

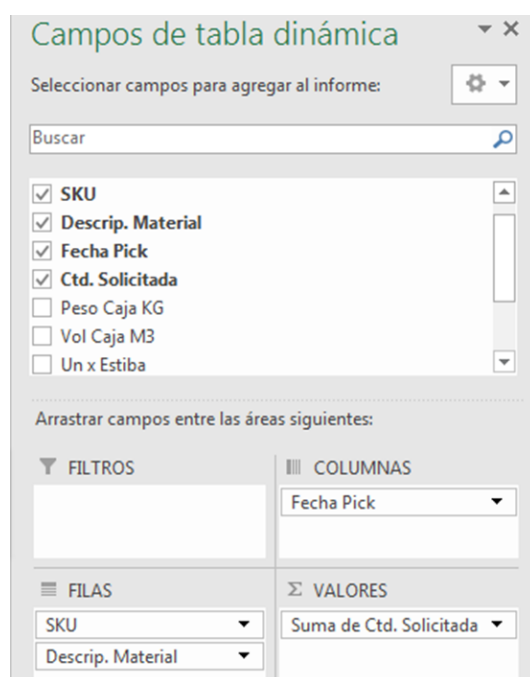


Figura 16. Campos tabla dinámica para perfil de volumen. Fuente: Elaboración propia.

2. Construcción del perfil, este cuenta con 6 campos explicados a continuación:
 - **Material:** SKU definido por la organización.
 - **Denominación:** Descripción del SKU.
 - **Percentil 80:** Este se debe realizar teniendo en cuenta todos los días de información del mes suministrado.⁸

⁸ **Nota:** El percentil 80 es utilizado para cubrir el 80% de los días de operación evitando sobredimensionar el diseño de layout teniendo en cuenta los picos y valles de operación.

- **% de participación:** Es la frecuencia relativa, se calcula sobre la cantidad de unidades solicitadas.
 - **% de contribución:** Es la frecuencia absoluta, se calcula sobre la cantidad de unidades solicitadas.
 - **Categorización:** Es la clasificación ABC donde el 80% de la contribución son productos tipo A, el 15% de la contribución son productos tipo B y el 5% de la contribución son productos tipo C.
3. Determinar la cantidad de materiales por cada clasificación ABC y evidenciar el porcentaje de contribución mediante el diagrama de Pareto para analizar el comportamiento de la curva según el perfil de volumen.

En el percentil 80 de cada SKU se evidencia la cantidad de unidades que se deben garantizar en las ubicaciones para poder cubrir un día de operación sin generar reaprovisionamientos.

9.3.2. Perfil de frecuencia.

El perfil de frecuencia es el comportamiento por cada SKU en cantidad de movimientos para la completitud de un pedido mediante el alistamiento, este perfil permite identificar el porcentaje de carga en cuanto a movimientos que los trabajadores realizan por alistar cada SKU, igualmente permite identificar la clasificación ABC de cada SKU para identificar su contribución en el sistema en cuanto a frecuencia se refiere.

Para la construcción de este perfil se deben ejecutar los siguientes pasos:

1. Realizar una tabla dinámica en Excel de la base de datos consolidada construida anteriormente (9.2.3) que permita evidenciar la cantidad diaria de solicitudes que se representan en movimientos por cada uno de los SKU, esta información debe ir de mayor

a menor del total general. Se recomienda organizar la información en los campos de tabla dinámica en Excel como se muestra en la figura 17.

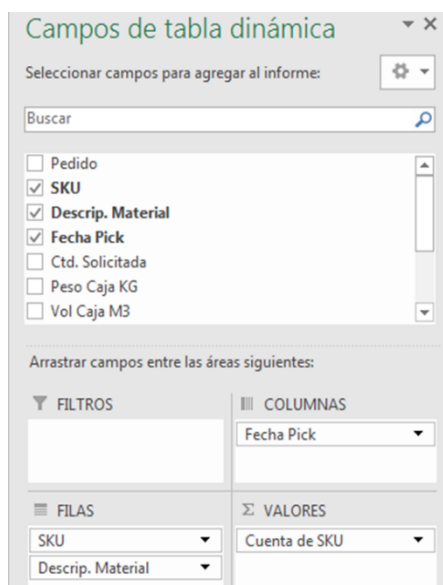


Figura 17. Campos tabla dinámica para perfil de volumen. Fuente: Elaboración propia.

2. Construcción del perfil, este cuenta con 6 campos explicados a continuación:

- **Material:** SKU definido por la organización.
- **Denominación:** Descripción del SKU.
- **Percentil 80:** Este se debe realizar teniendo en cuenta todos los días de información del mes suministrado.⁹
- **% de participación:** Es la frecuencia relativa, se calcula sobre la cantidad de movimientos.
- **% de contribución:** Es la frecuencia absoluta, se calcula sobre la cantidad de movimientos.
- **Categorización:** Es la clasificación ABC donde el 80% de la contribución son productos tipo A, el 15% de la contribución son productos tipo B y el 5% de la contribución son productos tipo C.

⁹ Nota: El percentil 80 es utilizado para cubrir el 80% de los días de operación evitando sobredimensionar el diseño de layout teniendo en cuenta los picos y valles de operación.

3. Determinar la cantidad de materiales por cada clasificación ABC y evidenciar el porcentaje de contribución mediante el diagrama de Pareto para analizar el comportamiento de la curva según el perfil de volumen.

En el percentil 80 de cada SKU se evidencia la cantidad de movimientos que debe hacer cada trabajador en un día, este es un input fundamental para el balanceo de cargas de trabajo.

9.4. Etapa N° 3. Diseño facility layout.

Esta etapa define la redistribución en cuanto a cantidad de ubicaciones, posición física y tipo de ubicaciones de almacenamiento para los SKU en sistemas pick to belt de unidades sueltas, por lo que se restringe a utilizar los 3 tipos de ubicaciones mencionadas en los supuestos que aplican para estos sistemas. La maquinaria no está dentro del alcance de la etapa, esta varía según el negocio, en cuanto a espacio físico se realizará una sugerencia frente a la cantidad de módulos necesarios según los perfiles logísticos.

9.4.1. Definición tipos de almacenamiento.

Para poder definir en qué tipo de ubicación de almacenamiento se debe ubicar cada SKU se debe realizar una asociación de los perfiles de volumen y frecuencia, para esta asociación se requieren de 8 campos:

- **Material:** SKU definido por la organización.
- **Denominación:** Descripción del SKU.
- **% Participación Volumen:** Es la frecuencia relativa, se calcula sobre la cantidad de unidades solicitadas.

- **Categorización Volumen:** Es la clasificación ABC donde el 80% de la contribución son productos tipo A, el 15% de la contribución son productos tipo B y el 5% de la contribución son productos tipo C.
- **% Participación Frecuencia:** Es la frecuencia relativa, se calcula sobre la cantidad de movimientos.
- **Categorización Frecuencia:** Es la clasificación ABC donde el 80% de la contribución son productos tipo A, el 15% de la contribución son productos tipo B y el 5% de la contribución son productos tipo C.
- **Perfil conjunto:** Es el concatenado de la categorización del volumen y la categorización de la frecuencia.
- **Promedio % participación:** Promedio entre el % de participación de volumen y el % de participación de frecuencia.

Posterior a esta asociación se le asigna a cada SKU la ubicación de almacenamiento según la tabla 5.

Tabla 5. Tabla de clasificación, tipo de almacenamiento.

Clasificación conjunta	Tipo de almacenamiento
Tipo AA	15% de contribución en Estiba completa / Complemento en Carton Flow.
Tipo AB o BA	Carton Flow
Tipo BB	Carton Flow
Tipo CC	Shelving
Tipo BC o CB	Shelving
TIPO AC o CA	Shelving

Fuente: Elaboración propia.

Esta asignación se define debido a la capacidad de almacenamiento en términos de volumen (m3) de cada uno de los tipos de almacenamiento versus el comportamiento de cada uno de los SKU del negocio.

9.4.2. Definición de requerimientos y layout.

En esta fase se debe retomar el perfil de volumen (9.3.1), este perfil está construido con la unidad mínima (unidades) pero para identificar cuanto espacio requiere cada material y poder mantener un día de inventario en el sistema, estas cantidades se deben convertir en cajas y finalmente sacar el volumen (m3) total necesario por SKU, esta actividad requiere de 7 campos:

- **Material:** SKU definido por la organización.
- **Denominación:** Descripción del SKU.
- **Percentil 80 del volumen en unidades:** Datos del perfil de volumen.
- **Percentil 80 del volumen en cajas:**

$$\text{Percentil 80 del vol en } Cj = \left(\frac{\text{Percentil 80 del vol (un)}}{\text{un} \times c_j} \right) \quad (6)$$

- **Volumen total:** Esta se calcula por cada SKU.

$$\text{Vol total} = (\text{Cnt de } c_j \text{ del percentil 80 del vol en } c_j) * (\text{Volumen (m3)}) \quad (7)$$

- **Tipo de ubicación:** Tipo de ubicación definida en la asociación de perfiles.
- **Cantidad de ubicaciones requeridas:** Se calcula la cantidad de ubicaciones que se requieren para mantener un día de inventario en el sistema pick to belt.

Para calcular este último campo es necesario el volumen por ubicación en m3 por cada tipo de almacenamiento y se calcula de la siguiente manera:

- Para estiba completa cada SKU cuenta con una ubicación de este tipo de almacenamiento.

- Para carton flow se toma el volumen total por SKU y se divide por el volumen en m3 por ubicación de este tipo de almacenamiento.

$$cnt. de ubicaciones requeridas para carton flow = \frac{Volumen total del SKU (m3)}{Vol por ubicación (m3)} \quad (8)$$

- Para shelving se toma el volumen total por SKU y se divide por el volumen en m3 por ubicación de este tipo de almacenamiento.

$$cnt. de ubicaciones requeridas para shelving = \frac{Volumen total del SKU (m3)}{Vol por ubicación (m3)} \quad (9)$$

A pesar de estar usando el perfil de volumen, el orden de los materiales debe ir como quedo en la asociación de perfiles ya que el promedio del porcentaje de participación es la probabilidad con la que se definió el tipo de ubicación (9.4.1).

Posterior a construir los campos, se procede a calcular la cantidad de módulos necesarios para el negocio, mediante la sumatoria de la cantidad de ubicaciones requeridas por tipo de almacenamiento y se divide por la cantidad de ubicaciones por cada tipo, estiba completa, carton flow y shelving.

$$Cantidad de módulos = \frac{Cantidad de ubicaciones requeridas}{Ubicaciones por modulo por tipo de almacenaminto} \quad (10)$$

Al tener la cantidad de módulos disponibles se debe evaluar 2 alternativas en cuanto a la ubicación de los modulos dependiendo de la disponibilidad del espacio y el tipo de banda transportadora del sistema:

1. **Pick to belt en línea recta:** Todos los módulos deben ir en línea recta y a un solo lado de la banda transportadora.

$$Metros lineales (largo) = Largo(m) * Cantidad de módulos \quad (11)$$

$$Metros lineales (Ancho) = Ancho (m) \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Área total} &= (\text{Metros lineales (largo)} * \text{Metros lineales (ancho)}) + \text{Área de la banda} + \\ &\text{Área de alistamiento} \end{aligned} \tag{13}$$

En la figura 18 se representa un ejemplo con 10 módulos.

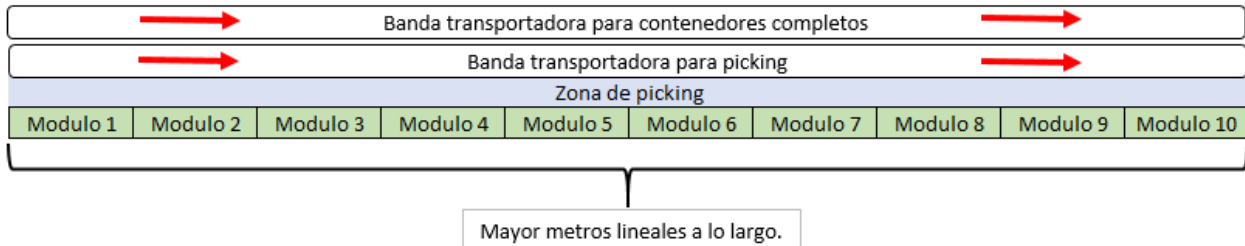


Figura 18. Representación pick to belt en línea recta. Fuente: Elaboración propia.

2. **Pick to belt en U:** La mitad de los módulos van a un lado de la banda y la otra mitad al otro lado de la banda en U.

$$\text{Metros lineales (largo)} = (\text{Largo (m)}) * \frac{\text{Cantidad de módulos}}{2} \tag{14}$$

$$\text{Metros lineales (Ancho)} = \text{Ancho (m)} * 2 \tag{15}$$

$$\begin{aligned} \text{Área total} &= (\text{Metros lineales(largo)} * \text{Metros lineales (ancho)}) + \text{Área de la banda} + \\ &\text{Área de alistamiento} \end{aligned} \tag{16}$$

En la figura 19 se representa un ejemplo con 10 módulos.

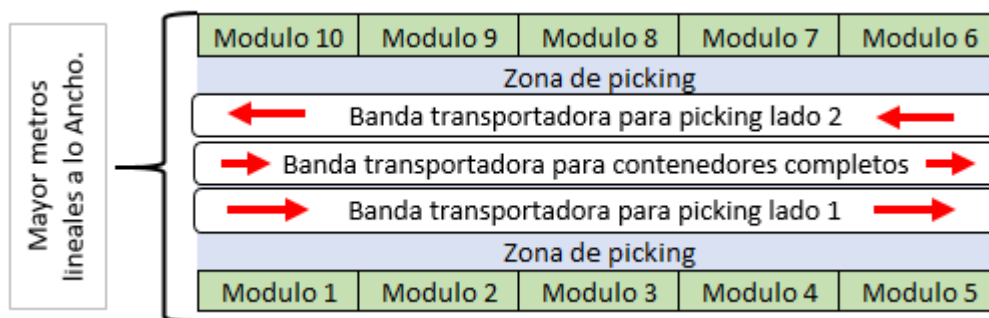


Figura 19. Representación pick to belt en U. Fuente: Elaboración propia.

Vale aclarar que en ambas áreas totales los cálculos generan los mismos metros cuadrados, la diferencia se genera en que en el sistema pick to belt en línea recta el área se expande hacia lo

largo (tendrá más metros lineales a lo largo de la banda) mientras que el sistema pick to belt en U el metro lineal a lo largo es mucho menor y se aumenta los metros lineales a lo ancho.

Por otro lado, se debe definir el orden (ubicación) de cada tipo de almacenamiento en los módulos. Ya teniendo la cantidad de módulos que van con cada tipo de almacenamiento estos se organizaran en el sentido de la banda transportadora de la siguiente manera:

- Primero se ubican los módulos con estiba completa.
- Segundo se ubican los módulos de carton flow.
- Tercero se ubican los módulos de shelving.

La razón de esta organización es lograr completar la mayor cantidad de pedidos lo antes posible con los SKU de mayor probabilidad de solicitud y disminuyendo el recorrido de los contenedores donde se realizan los alistamientos.

En último lugar se asigna la numeración a las ubicaciones, estas deben seguir el siguiente patrón para garantizar que el orden del alistamiento no se altere:

Para carton flow:

La numeración va de arriba hacia abajo y ascendente hacia la dirección de los flujos definidos como se representa en la figura 20.

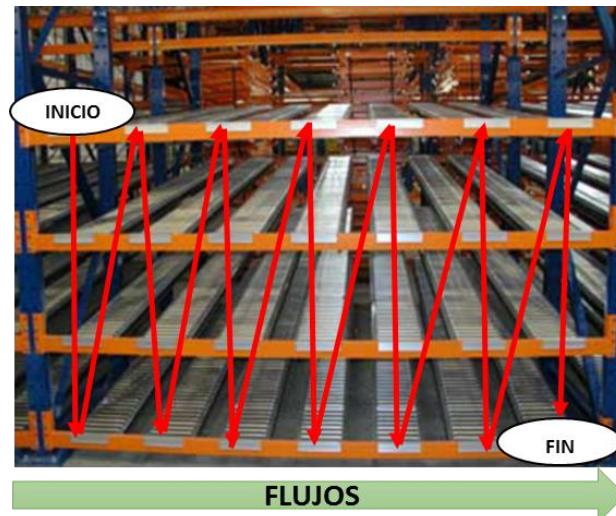


Figura 20. Orden de numeración ubicaciones carton flow. Vista frontal. Fuente: Elaboración propia.

Para Shelving:

En un módulo de estantería si se ubica un shelving la numeración va de arriba hacia abajo y ascendente hacia la dirección de los flujos, si son 2 shelving en 1 módulo queda un shelving frente al otro y la numeración se organiza como se muestra en la figura 21.

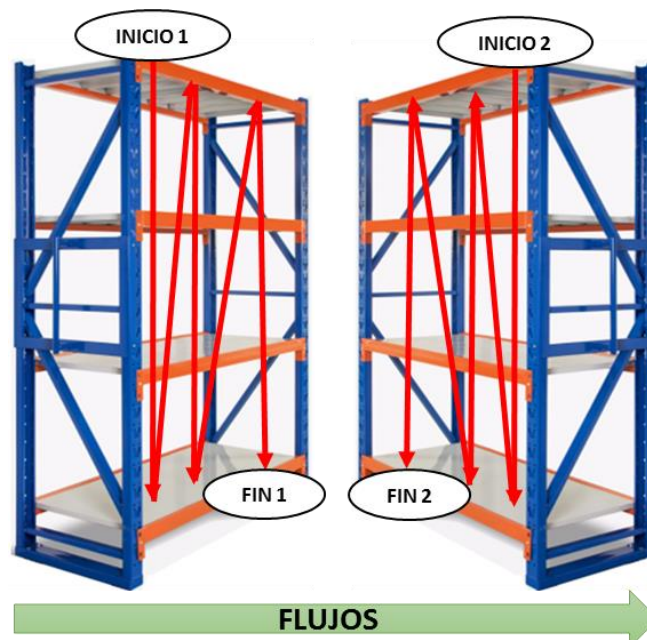


Figura 21. Orden de numeración ubicaciones shelving, vista frontal. Fuente: Elaboración propia con información en (High class, 2018)

9.5. Etapa N° 4. Balanceo de cargas de trabajo

En esta etapa se procede a balancear las cargas de trabajo bajo la definición de cantidad de áreas de trabajo y la asignación de cada SKU a cada una de estas áreas.

9.5.1. Definición de áreas de trabajo

En primer lugar, se debe calcular la cantidad de áreas de trabajo, estas se definen bajo la siguiente formula:

$$\text{Áreas de trabajo} = \frac{\Sigma \text{Unidades alistadas en un día (unidades)}}{\text{Productividad estándar teórica (unidades} \frac{\text{día}}{\text{hombre}})} \quad (17)$$

Para el cálculo de las unidades alistadas en un día, se debe remitir al perfil de volumen (9.3.1) y realizar la sumatoria de las unidades de cada uno de los SKU.

Luego se calcula las (un/h/h) actuales de la siguiente manera:

$$UN \frac{H}{H} = \frac{\frac{\Sigma \text{total unidades sueltas alistadas (Volumen percentil 80)}}{\text{Tiempo efectivo (Horas)}}}{\text{Total de trabajadores en el sistema}} \quad (18)$$

Se obtiene las (un/h/h) actuales y se procede a calcular la cantidad de áreas de trabajo con esta productividad.

Después se calcula nuevamente las áreas de trabajo con una productividad estándar teórica y se convierte en unidades/día/hombre, se tiene en cuenta lo siguiente:

1. Productividad estándar teórica (unidades/h/h)

Esta productividad se define como 700 (unidades/hora/hombre), este dato es definido por la consultora Avante Ingeniería para sistemas pick to belt mecanizados.

2. Tiempo efectivo.

Este tiempo es definido por el negocio, cada turno de trabajo se compone por 8 horas laborales, pero se deben tener en cuenta los desperdicios, por ejemplo, paros por comidas o reuniones con el personal que reducen el tiempo efectivo.

3. Cantidad de turnos.

Este dato es definido por el negocio, depende de la composición de la operación, pueden ser 1, 2 o 3 turnos.

Al multiplicar estos 3 datos se obtiene la productividad estándar teórica con las unidades de medida correctas (unidades/día/hombre), la cantidad de áreas de trabajo obtenidas se comparan para evidenciar la brecha en la productividad, sin embargo, se trabaja con la cantidad de áreas de trabajo calculadas con la productividad actual.

Al realizar la segunda ejecución de la metodología, en esta etapa, se debe calcular la cantidad de áreas de trabajo con la nueva productividad del sistema obtenida por la primer ejecución de la metodología.

9.5.2. Definición de SKU's por área de trabajo.

En esta fase, luego de calcular la cantidad de áreas de trabajo se define con el perfil de frecuencia (9.3.2.) la participación de cada área de trabajo dividiendo el 100% de la participación en la cantidad de áreas de trabajo.

$$\% \text{ participación por área de trabajo} = \frac{100\%}{\text{Cantidad de áreas de trabajo}} \quad (19)$$

Con esta participación se inicia la asignación de SKU a cada una de las áreas de trabajo siguiendo estos pasos.

1. Se debe contar con los mismos campos que se realizaron en la etapa anterior definición de requerimientos y layout y se deben agregar 2 campos nuevos:
 - % participación de la frecuencia por cada SKU. (Esta se encuentra en el perfil de frecuencia (9.3.2)).
 - Áreas de trabajo.
2. La tabla se organiza de mayor a menor según el campo de promedio % de participación calculado anteriormente en la asociación de perfiles (9.4.1).
3. Se realiza la sumatoria del porcentaje de participación de la frecuencia desde el primer SKU hasta el SKU que sume el porcentaje de participación por área de trabajo, calculado anteriormente, se procede a poner el área de trabajo a cada SKU comenzando con el número 1 y se vuelve a realizar la sumatoria a partir del siguiente SKU del porcentaje de participación de la frecuencia hasta otra vez tener la sumatoria del porcentaje de participación por área de trabajo, a estos SKU se les pone el número 2, este proceso se realiza repetidamente hasta asignar la totalidad de los SKU's.

Es importante tener en cuenta que esta asignación se debe realizar por tipo de almacenamiento para evitar asignar SKU's que no pueden estar juntos por la definición del layout en la etapa anterior.

Luego se realiza un resumen para entender cómo se comportará cada área de trabajo teniendo en cuenta el tipo de ubicación, cantidad de ubicaciones, cantidad de SKU y el porcentaje de participación de cada una de estas áreas de trabajo según su frecuencia.

Finalmente se define la ubicación de los carton stop por área de trabajo:

- Para la primer área de trabajo se cuenta con SKU's con tipo de almacenamiento de estiba completa, por lo que para definir el carton stop se suma el porcentaje de frecuencia de movimientos (9,3,2) hasta la mitad y se suman el correspondiente en cantidad de ubicaciones, frente a esta ubicación se debe poner el primer carton stop.
- Para las demás áreas de trabajo se suma la cantidad de ubicaciones y se divide en 2, el carton stop de cada área debe quedar en frente de esta ubicación.

Es importante mencionar que tanto para carton flow como para shelving, la golden zone está en el centro del área de trabajo, se tiene en cuenta el alto y largo, si la ubicación en la mitad del área de trabajo no queda en el centro, es decir en la golden zone, esta debe ser cambiada por la siguiente o la anterior ubicación garantizando que siempre comience desde el centro, esto toma relevancia para el algoritmo de asignación de la última etapa.

9.6. Etapa N° 5. Diseño de slotting

En esta última etapa se procede a definir la ubicación de cada uno de los SKU en cada tipo de almacenamiento, para realizar este proceso, se construye un algoritmo de asignación.

Se tiene en cuenta que realizar la ubicación de los materiales es un proceso que se debe hacer para cada uno de los SKUs existentes, este es uno de los procesos que más requiere de tiempo por el detalle necesario. Teniendo esto en cuenta, se plantea y desarrolla un algoritmo con el fin de que este proceso se realice de forma rápida y práctica.

El proceso que realiza el algoritmo se muestra en la figura 22 y su representación gráfica en la figura 23.

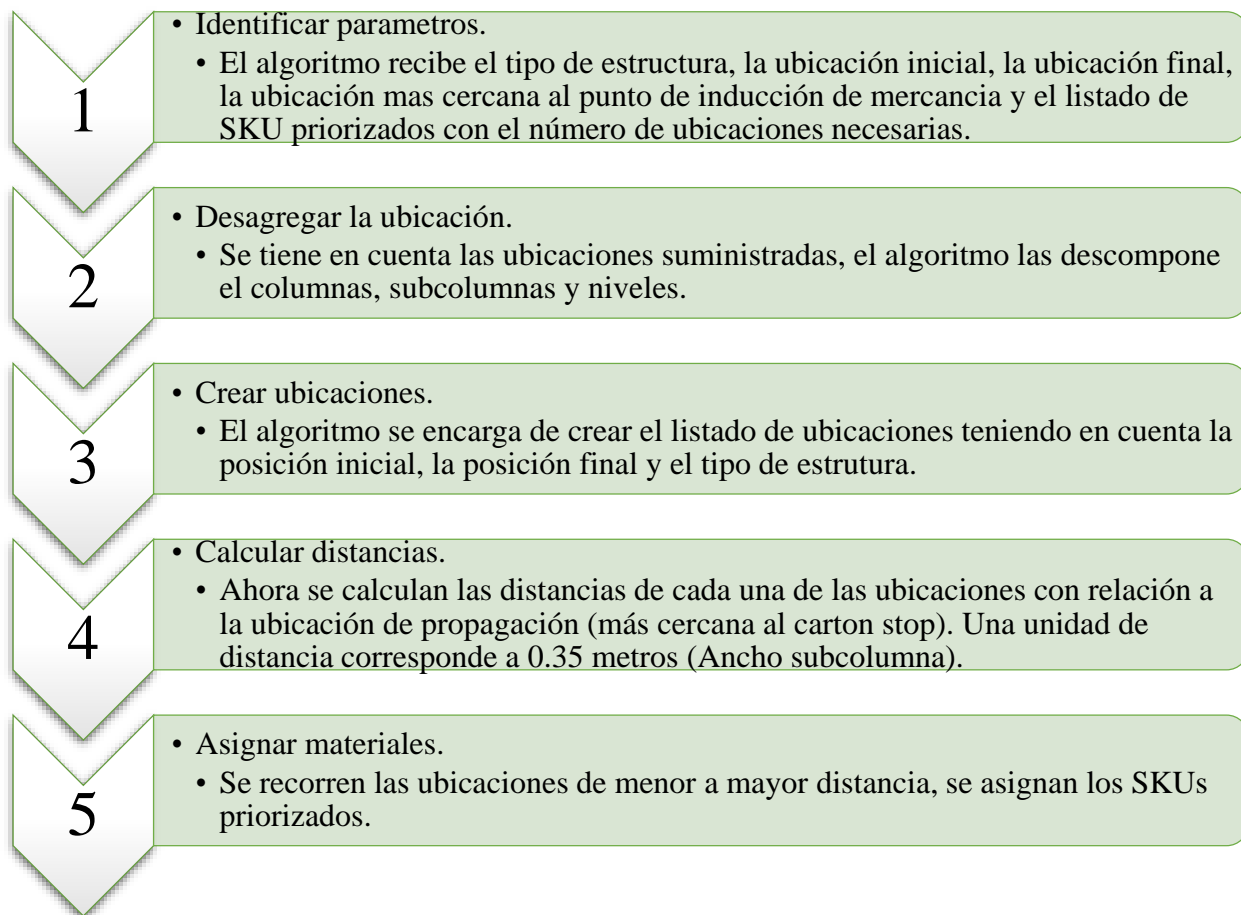


Figura 22. Proceso algoritmo de asignación. Fuente: Elaboración propia.



Figura 23. Representación gráfica del algoritmo de asignación. Fuente: Elaboración propia.

El proceso contempla una medición de distancia. Para ello, se utilizó la fórmula de distancia euclidiana, en la cual se calcula una distancia lineal - euclidiana teniendo en cuenta la ubicación que se encuentra más cerca al punto de inducción de mercancía (ubicación de propagación). Se debe tener en cuenta que se tienen tres tipos de estructura, el cálculo de distancia está definido como muestra la figura 24.

Columna	1						2					
SubCol Original	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
SubCol Ajustada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nivel	1											
2												
3												
4												

Figura 24. Tipos de estructura. Fuente: Elaboración propia.

El modulo se representa como columna, cada división vertical dentro del modulo se representa como subcolumna y cada división horizontal dentro del modulo se representa como nivel (NV).

- Estiba completa

$$Distancia = |(Columna actual - Columa prop) * 6 + SubCol Ori| \quad (20)$$

- Carton Flow

$$Distancia = \sqrt{(NV actual - NV prop)^2 + (Subcol actual - Subcol prop)^2} \quad (21)$$

- Shelving

Distancia =

$$\sqrt{(NV actual - NV prop)^2 + (Subcol actual - Subcol prop)^2 + 6 * (Col actual - Col prop)^2} \quad (22)$$

De esta forma se garantiza que la organización de los SKU con mayor probabilidad de solicitud va a estar lo más cerca posible del punto de inducción, mejorando los tiempos de desplazamiento requeridos, para visualizar código (ANEXO 3, modulo 1), es importante

mencionar que el algoritmo calcula las distancias desde la ubicación de propagación a la ubicación solicitada. En la figura 25 se muestra la vista principal de la herramienta de asignación.

Algoritmo de asignación		Origen P	Lado	Col	Pos	Col Num	Pos Num	SubCol	Nivel	Ubicación	Run	
		11	31	46		31	46		12	2 113146		
Datos de ingreso		Matriz Asig										
Tipo Estructura	Shelving	Lado	Col	Pos	Col Num	Pos Num	SubCol	Nivel	Ubicación	Distancia Prop	Material	SKU
Ubicación Inicial	112746	11	27	46	27	46	8	2	112746	15,00		
Ubicación Final	113548	11	27	47	27	47	8	3	112747	15,03		
Ubicación Propagación	113146	11	27	48	27	48	8	4	112748	15,13		
		11	28	01	28	1	-2	1	112801	16,67		
		11	28	02	28	2	-2	2	112802	16,64		
		11	28	03	28	3	-2	3	112803	16,67		
		11	28	04	28	4	-2	4	112804	16,76		
		11	28	05	28	5	-1	1	112805	15,84		
		11	28	06	28	6	-1	2	112806	15,81		
		11	28	07	28	7	-1	3	112807	15,84		
		11	28	08	28	8	-1	4	112808	15,94		
		11	28	09	28	9	0	1	112809	15,03		
		11	28	10	28	10	0	2	112810	15,00		
		11	28	11	28	11	0	3	112811	15,03		
		11	28	12	28	12	0	4	112812	15,13		
		11	28	13	28	13	1	1	112813	14,25		1004137
		11	28	14	28	14	1	2	112814	14,21		1004931
		11	28	15	28	15	1	3	112815	14,25		
		11	28	16	28	16	1	4	112816	14,35		
		11	28	17	28	17	2	1	112817	13,49		1034154
		11	28	18	28	18	2	2	112818	13,45		1004139
		11	28	19	28	19	2	3	112819	13,49		1024030

Figura 25. Vista principal herramienta de asignación. Fuente: Elaboración propia.

A la herramienta se le deben ingresar los datos anteriormente mencionados, estos están sombreados de verde en la figura 25, luego de ingresar los datos se debe dar click al botón “Run” para ejecutar el algoritmo de asignación, esto se debe realizar con cada área de trabajo y cada tipo de almacenamiento. Por ultimo en cada ejecución se deben copiar los datos y consolidarlos en una nueva hoja de Excel.

En este punto como resultado se obtiene la redistribución del sistema pick to belt de unidades sueltas sometido a la ejecución de la metodología.

Se recomienda realizar la siguiente ejecución de la metodología el siguiente mes de ser implementada, se debe recordar que en esta instancia las productividades van a ser diferentes (unidades/hora/hombre) o (contenedores/minuto) y con esta nueva productividad se calcula la cantidad de áreas de trabajo de las futuras ejecuciones de la metodología.

10. RESULTADOS

Las 5 etapas de la metodología se ejecutan bajo la información suministrada por Comercial Nutresa S.A.S del sistema pick to belt de unidades sueltas.

10.1. Etapa N° 1. Entendimiento de la naturaleza del negocio

10.1.1. Información histórica de pedidos.

Se solicitó a Comercial Nutresa S.A.S la información histórica de pedidos del mes de junio del 2018, esta información se generó a partir del WMS¹⁰ de SAP¹¹ bajo la transacción ZWM_POL_2240 (ANEXO 4). En la tabla 6 se visualiza información parcial del histórico de pedidos del mes de Junio.

Tabla 6. Histórico de pedidos mes de junio.

Pedido	Material	Descripción	Fecha picking	Cant.Separada	Unid.
9127296985	1028067	Café La Bastilla 125gr fte PV 2000 96pqt	02/06/2018	6	UN
9127296985	1033595	Gta. SALTIN Q & M Tc. Dia x1 NV	02/06/2018	12	UN
9127296985	1016256	Gta. DUCALES Tcx3 441g 24uni/cj	02/06/2018	4	UN
9127296985	1028144	Pasab. LA ESPECIAL mezcla 18dpckx180g	02/06/2018	3	UN
9127296985	1001526	Gta. DUCALES Tc. x2.	02/06/2018	6	UN
9127296985	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	02/06/2018	2	UN
9127296985	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	02/06/2018	36	UN
9127296985	1001572	Gta. FESTIVAL Limon Bs. 12x4	02/06/2018	2	UN
9127296985	1015382	Glina. JUMBO Almendra 14plegx16undx40g	02/06/2018	1	UN

Fuente: Información interna de Comercial Nutresa S.A.S.

Como se evidencia en la tabla 6 esta información cuenta con los requisitos mínimos de datos y se obtiene cada uno de los alistamientos realizados en el mes.

¹⁰ WMS: Warehouse Management System.

¹¹ SAP: Systems, Applications and Products.

10.1.2. Data maestra por SKU.

Comercial Nutresa S.A.S cuenta con una data maestra de materiales que se actualiza cada vez que ingresa o sale un nuevo SKU del portafolio (ANEXO 5), en la tabla 7 se relaciona información parcial de la data maestra de materiales con los requisitos mínimos.

Tabla 7. Data maestra de materiales.

Material	Descripción	Un x caja	Un x estiba	Peso /Caja (Kg)	Volumen M3
1000043	3 Salch. Viena RICA pll. x 150 g	16	1440	9,696	0,02
1000044	3 Salch. Viena RICA x 150 g	16	1440	9,696	0,02
1000066	Albon. ZENU sal. Tomt. x 220 g	24	3456	6,29568	0,01
1000067	Albon. ZENU sal. Tomt. x 440 g	24	1920	12,05448	0,02
1000080	Avja. Natural ZENU x 300 g	48	2592	16,7376	0,02
1000081	Avja. Natural ZENU x 580 g	24	1320	15,6816	0,02
1000083	Avja. Zhria. ZENU x 300 g	48	2160	16,7376	0,02
1000084	Avja. Zhria. ZENU x 580 g	24	1320	15,6816	0,02
1000145	Cne. Diablo ZENU x 80 g	24	5184	2,088	0,01

Fuente: Información interna de Comercial Nutresa S.A.S.

10.1.3. Depuración de la información.

Se retoma la información histórica de pedidos y se le agrega la información requerida de la data maestra de materiales generando una sola base de datos con los campos requeridos. En la tabla 8 se muestra información parcial de la consolidación entre el histórico de pedidos y la data maestra. (ANEXO 6, hoja BD).

Tabla 8. Consolidación histórica de pedidos y data maestra.

Pedido	SKU	Descrip. Material	Fecha Pick	Ctd. Solicitada	Peso Caja Kg	Vol Caja m3	Un x Estiba	Un x Caja
9127296985	1028067	Café La Bastilla 125gr fite PV 2000 96pqt	02/06/2018	6	12,48	0,03	3.456,00	96,00
9127296985	1033595	Gta. SALTIN Q & M Tc. Dia x1 NV	02/06/2018	12	6,49	0,04	1.728,00	48,00
9127296985	1016256	Gta. DUCALES Tcx3 441g 24uni/cj	02/06/2018	4	10,83	0,06	600,00	24,00
9127296985	1028144	Pasab. LA ESPECIAL mezcla 18dpckx180g	02/06/2018	3	3,33	0,01	2.016,00	18,00
9127296985	1001526	Gta. DUCALES Tc. x2.	02/06/2018	6	7,23	0,04	720,00	24,00
9127296985	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	02/06/2018	2	5,39	0,04	1.920,00	48,00
9127296985	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	02/06/2018	36	5,39	0,04	1.920,00	48,00
9127296985	1001572	Gta. FESTIVAL Limon Bs. 12x4	02/06/2018	2	9,92	0,04	960,00	24,00
9127296985	1015382	Glina. JUMBO Almendra 14plegx16undx40g	02/06/2018	1	9,55	0,02	1.120,00	14,00

Fuente: Elaboración propia en base a información interna de Comercial Nutresa S.A.S.

Después se adiciona los 3 campos nuevos para evidenciar el split de comandos, calculado con la formulas plasmadas en la metodología, y solo quedar con la data que está en unidades sueltas, las cantidades en estibas y cajas son eliminadas como se evidencia en la información parcial que muestra la tabla 9. (ANEXO 6, hoja BD).

Tabla 9. Split de comandos.

Pedido	SKU	Descrip. Material	Fecha Pick	Ctd. Solicitada	Peso Caja Kg	Vol Caja m3	Un x Estiba	Un x Caja	Cant. de Estibas	Cant de Cajas	Cant. de Unid
9127296985	1028067	Cafe La Bastilla 125gr fie PV 2000 96pqt	02/06/2018	6	12,48	0,03	3.456,00	96,00	-	-	6,00
9127296985	1033595	Gta. SALTIN Q & M Tc. Dia x1 NV	02/06/2018	12	6,49	0,04	1.728,00	48,00	-	-	12,00
9127296985	1016256	Gta. DUCALES Tcx3 441g 24uni/cj	02/06/2018	4	10,83	0,06	600,00	24,00	-	-	4,00
9127296985	1028144	Pasab. LA ESPECIAL mezcla 18dpcx180g	02/06/2018	3	3,33	0,01	2.016,00	18,00	-	-	3,00
9127296985	1001526	Gta. DUCALES Tc. x2.	02/06/2018	6	7,23	0,04	720,00	24,00	-	-	6,00
9127296985	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	02/06/2018	2	5,39	0,04	1.920,00	48,00	-	-	2,00
9127296985	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	02/06/2018	36	5,39	0,04	1.920,00	48,00	-	-	36,00
9127296985	1001572	Gta. FESTIVAL Limon Bs. 12x4	02/06/2018	2	9,92	0,04	960,00	24,00	-	-	2,00
9127296985	1015382	Glina. JUMBO Almendra 14plegx16undx40g	02/06/2018	1	9,55	0,02	1.120,00	14,00	-	-	1,00

Fuente: Elaboración propia en base a información interna de Comercial Nutresa S.A.S.

Se eliminan 159,359 líneas correspondientes a solicitudes en caja completa y estiba completa.

Posterior de esta data resultante se realiza la verificación de los aspectos a evaluar, en la tabla 10 se observan los resultados.

Tabla 10. Resumen depuración base de datos.

ASPECTO A VALIDAR	DATA
Archivo Entregado.	ZWM POL 2240 JUNIO.
Mes Data.	JUNIO
Total Registros archivo original.	670.084
Registros en los campos requeridos que no corresponden a las fechas solicitadas.	572
Registros con datos inconsistentes (#N/A).	982
Registros sin datos en los campos.	8078
Registros con cantidades expresadas en decimales, nulos o inferiores a 1.	9207
Unidad en la que están expresadas las cantidades.	Unidades.
Registros correspondientes a PEDIDOS con duplicidad para alguna de sus referencias solicitadas.	0
Validar que todos los SKU del histórico de pedidos se encuentren en la Data Maestra.	OK
Total líneas a tratar	491.886

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar el ejercicio de depuración quedaron 491.886 líneas a tratar, esta es la base de datos consolidada (ANEXO 3, hoja BD) con la que se continúa trabajando en las siguientes etapas de la metodología.

10.2. Etapa N° 2. Generación de perfiles logísticos.

10.2.1. Perfil de volumen.

Siguiendo la metodología se procede a construir el perfil de volumen de Comercial Nutresa S.A.S se toma como input la base de datos consolidada construida en la etapa anterior (10.1.3).

1. Se realiza una tabla dinámica de la base de datos consolidada, en la figura 26 se muestra el resultado parcial. (ANEXO 6, hoja Dinámica Vol.).

Figura 26. Dinámica perfil de volumen. Fuente: Elaboración propia.

2. Construcción del perfil con los 6 campos establecidos en la metodología (ANEXO 6, hoja Perfil Vol). En la tabla 11 se muestra información parcial del perfil de volumen.

Tabla 11. Perfil de volumen.

SKU	Denominación	Percentil 80	% Participación	% Contirbución	Categorización
1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	4.120,00	3,9%	3,9%	A
1028067	Cafe La Bastilla 125gr fte PV 2000 96pqt	2.813,60	2,6%	6,5%	A
1006138	Gta. DUCALES Tc. x1 120g.	2.726,20	2,6%	9,1%	A
1003805	Chocol. LA ESPECIAL 250gx8pastix50brr	2.472,40	2,3%	11,4%	A
1036517	Chocol. CORONA 48Brrx8pasx250g	2.182,60	2,0%	13,4%	A
1030940	Choc. CORONA 500gx16pastix48brr	2.540,60	2,4%	15,8%	A
1031470	Cafe Sello Rojo 125gr fuerte 48 pqt	2.219,60	2,1%	17,9%	A
1030936	Chocol. LA ESPECIAL 500gx16pastix48brr	2.635,80	2,5%	20,4%	A
1000855	Salch. Viena ZENU x 150 g	1.479,80	1,4%	21,8%	A

Fuente: Elaboración propia.

3. Se realiza diagrama de Pareto:

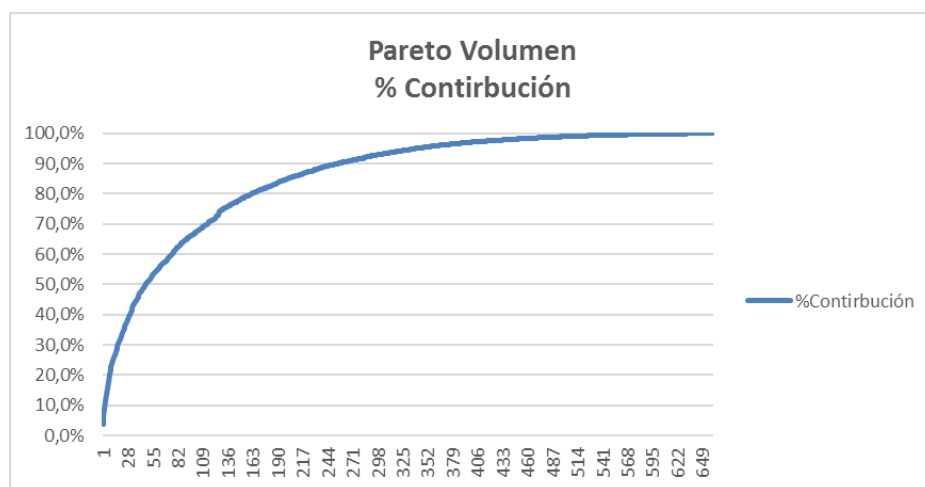


Figura 27. Diagrama de Pareto, perfil de volumen. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 27 se evidencia que el 24% de los materiales representa el 80% del volumen, se relaciona resumen en la tabla 12.

Tabla 12. Resumen perfil de volumen.

Clasificación	Cantidad SKU	% Participación	% Contibución
Tipo A	161	24%	80%
Tipo B	177	27%	15%
Tipo C	322	49%	5%
Total SKU	660	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

10.2.2. Perfil de frecuencia.

Para el perfil de frecuencia, se toma nuevamente la base de datos consolidada (10.1.3) y se siguen los pasos de la metodología.

1. Se realiza una tabla dinámica de la base de datos consolidada, en la figura 28 se muestra el resultado parcial. (ANEXO 3, hoja Dinámica Frec.).

Figura 28. Dinámica perfil de frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

2. Construcción del perfil con los 6 campos establecidos en la metodología. En la tabla 13 se muestra información parcial del perfil de frecuencia. (ANEXO 6, hoja Perfil Frec.).

Tabla 13. Perfil de frecuencia.

SKU	Denominación	Percentil 80	%Participación	%Contribución	Categorización
1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	490,20	1,9%	1,9%	A
1003833	Glina. JET Leche 30plex50undx12g	404,20	1,6%	3,4%	A
1003781	Chocol. CORONA 31.25gx32pastix10disp	318,60	1,2%	4,7%	A
1025339	Glina. JET Burbujas 24bokx12undx14g	308,80	1,2%	5,9%	A
1003850	Glina. JUMBO Mani 24plex24undx40g	272,80	1,1%	6,9%	A
1006138	Gta. DUCALES Tc. x1 120g.	270,80	1,0%	8,0%	A
1015472	Glina. JUMBO mani 12Plegx24undx18g	262,60	1,0%	9,0%	A
1003320	Cafe SELLO ROJO fuerte 50g 10sob. 24pqt.	277,20	1,1%	10,0%	A
1036517	Chocol. CORONA 48Brrx8pasx250g	265,00	1,0%	11,1%	A

Fuente: Elaboración propia.

3. Se realiza diagrama de Pareto:

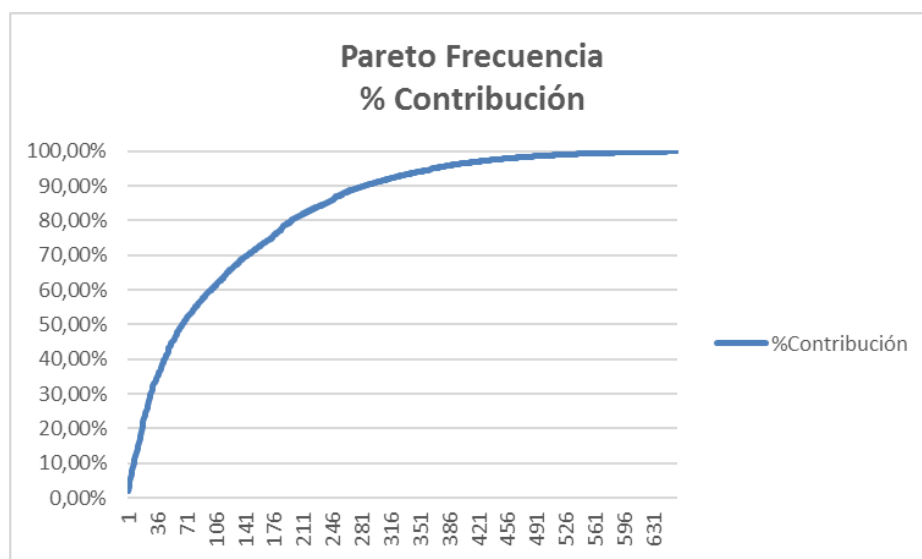


Figura 29. Diagrama de Pareto perfil de frecuencia. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 29 se evidencia que el 30% de los materiales representa el 80% de los movimientos por solicitud, se relaciona resumen en la tabla 14.

Tabla 14. Resumen perfil de frecuencia.

Clasificación	Cantidad SKU	% Participación	% Contribución
Tipo A	197	30%	80%
Tipo B	168	25%	15%
Tipo C	295	45%	5%
Total SKU	660	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

10.3. Etapa N° 3. Diseño facility layout

10.3.1. Definición tipo de almacenamiento.

Se realiza la asociación de los perfiles de volumen y frecuencia se tiene en cuenta los 8 campos requeridos, en la tabla 15 se muestran los resultados parciales. (ANEXO 6, hoja Asociación perfiles).

Tabla 15. Asociación de perfiles.

SKU	Denominación	% Participación volumen	Categorización volumen	% Participación frecuencia	Categorización frecuencia	Perfil conjunto	Promedio % participación
1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g NV	3,9%	A	1,9%	A	AA	2,9%
1006138	Gta. DUCALES Tc. x1 120g.	2,6%	A	1,0%	A	AA	1,8%
1028067	Cafe La Bastilla 125gr fite PV 2000 96pqt	2,6%	A	1,0%	A	AA	1,8%
1030940	Choc. CORONA 500gx16pastix48brr	2,4%	A	1,1%	A	AA	1,7%
1030936	Chocol. LA ESPECIAL 500gx16pastix48brr	2,5%	A	0,9%	A	AA	1,7%
1003805	Chocol. LA ESPECIAL 250gx8pastix50brr	2,3%	A	1,0%	A	AA	1,6%
1036517	Chocol. CORONA 48Brrx8pasx250g	2,0%	A	1,0%	A	AA	1,5%
1031470	Cafe Selco Rojo 125gr fuerte 48 pqt	2,1%	A	0,8%	A	AA	1,4%
1030883	Gta. FESTIVAL Chocolate Bs. 12x6 OFT	1,2%	A	1,4%	A	AA	1,3%

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, se revisa el comportamiento y se tienen las cantidades por cada una de las clasificaciones conjuntas con su respectiva participación y contribución. Este se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Resumen tipo de ubicación por clasificación conjunta.

Clasificación conjunta	Cantidad SKU	% Participación conjunta	% Contribución conjunta	Tipo de almacenamiento
Tipo AA	146	22%	72,1%	15% de contribución en Estiba completa / Complemento en Carton Flow.
Tipo AB o BA	65	10%	11,2%	Carton Flow
Tipo BB	101	15%	9,0%	Carton Flow
Tipo CC	269	41%	3,9%	Shelving
Tipo BC o CB	78	12%	3,7%	Shelving
TIPO AC o CA	1	0%	0,1%	Shelving
Total SKU	660	100%	100%	

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se da la asignación a cada uno de los SKU en cada tipo de ubicación según la tabla 16. (ANEXO 6, hoja Asociación perfiles).

10.3.2. Definición de requerimientos y layout.

Se tiene como base el perfil de volumen (10.2.1), se formula cada uno de los campos establecidos en la metodología, en la tabla 17 se muestra el resultado con información parcial. (ANEXO 7, hoja Requerimientos).

Tabla 17. Requerimientos layout, cantidad y tipo de ubicación por SKU.

Número	SKU	Denominación	Percentil 80 Unidades	Percentil 80 Cajas	Volumen total	Tipo de ubicación	Cantidad de ubicaciones requeridas
1	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Dia 110g	4.120,00	86,00	3,09	Estiba completa	1,00
2	1006138	Gta. DUCALES Tc. x1 120g.	2.726,20	57,00	2,05	Estiba completa	1,00
3	1028067	Café La Bastilla 125gr fte PV 200	2.813,60	30,00	1,02	Estiba completa	1,00
4	1030940	Choc. CORONA 500gx16pastx4	2.540,60	53,00	1,60	Estiba completa	1,00
5	1030936	Chocol. LA ESPECIAL 500gx16p	2.635,80	55,00	1,62	Estiba completa	1,00
6	1003805	Chocol. LA ESPECIAL 250gx8p.	2.472,40	50,00	0,84	Estiba completa	1,00
7	1036517	Chocol. CORONA 48Brrx8pasx2	2.182,60	46,00	0,95	Estiba completa	1,00
8	1031470	Café Sello Rojo 125gr fuerte 48 p	2.219,60	47,00	1,23	Estiba completa	1,00
9	1030883	Gta. FESTIVAL Chocolate Bs. 1	1.239,00	52,00	2,47	Carton flow	9,00

Fuente: Elaboración propia.

Además de realizar cada uno de los 7 campos requeridos se agregó la columna “número” con el fin de ordenar la data como se muestra en la asociación de perfiles (ANEXO 6, hoja Asociación de perfiles).

Como paso a seguir se calcula la cantidad de módulos necesarios según los perfiles logísticos (ANEXO 7, hoja Requerimientos). Para este cálculo, las dimensiones por tipo de ubicación se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Dimensiones por tipo de ubicación y modulo.

Tipo de ubicación	Largo cm3	Ancho cm3	Alto cm3	Volumen por ubicación cm3	Volumen por ubicación M3	Ubicaciones por modulo	Volumen por modulo m3
Carton Flow	250	35	34	297.500	0,30	24	7,14
Shelving	65	35	40	91.000	0,09	48	4,37
Estiba completa	125	120	180	2.700.000	2,70	2	5,40

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la tabla 19 se evidencia el cálculo de la cantidad de modulos y ubicaciones por tipo de almacenamiento (ANEXO 7, hoja Requerimientos).

Tabla 19. Cantidad de modulos necesarios por tipo de almacenamiento.

Tipo de almacenamiento	Suma de Cantidad de ubicaciones requeridas	Ubicaciones por modulo por tipo de almacenamiento	Cantidad de módulos necesarios
Estiba completa	8	2	4
Carton flow	505	24	22
Shelving	399	48	9
Total general	912	74	35

Fuente: Elaboración propia.

En total se calculan 35 módulos, como Comercial Nutresa S.A.S tiene un sistema pick to belt en U los módulos quedan distribuidos de la siguiente forma, 17 módulos en el lado 1 de la banda y 18 módulos en el lado 2, se representa en la figura 30.

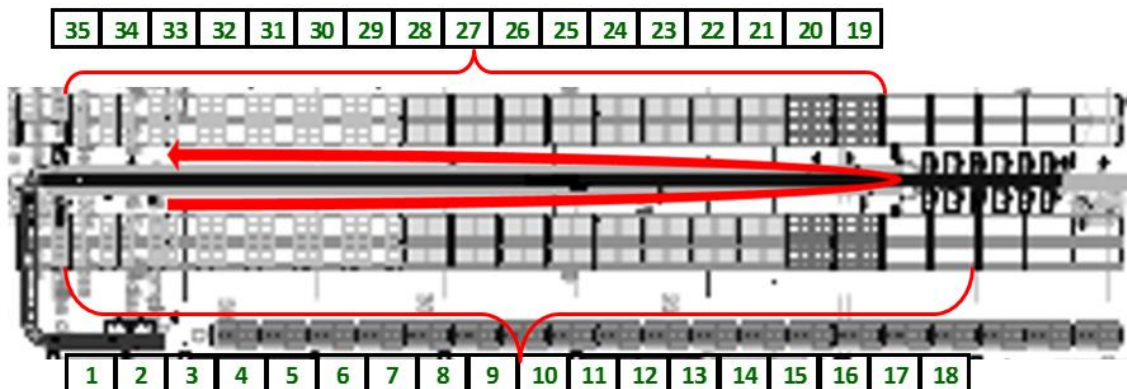


Figura 30. Representación distribución de módulos de ubicaciones en U. Fuente: Elaboración propia.

Se procede a calcular el área de la siguiente forma:

$$\text{Metros lineales (largo)} = (\text{Largo (m)}) * \frac{\text{Cantidad de módulos}}{2} \quad (23)$$

$$\text{Metros lineales (Ancho)} = \text{Ancho (m)} * 2 \quad (24)$$

$$\text{Área total} = (\text{Metros lineales(largo)} * \text{Metros lineales (ancho)} + \text{Área de la banda} + \text{Área de alistamiento}) \quad (25)$$

En la tabla 20 se muestran los resultados del área de trabajo.

Tabla 20. Cálculo área total de trabajo.

Medidas	Datos
Metros lineales (Largo) (m)	42
Metros lineales (ancho) (m)	5
Área banda (m ²)	22
Área de alistamiento (m ²)	42
Área total (m ²)	274

Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar el orden por tipo de almacenamiento sugerido por la metodología, primero las estibas completas, luego los carton flow y finalmente los shelving, se representa bajo la figura 31.

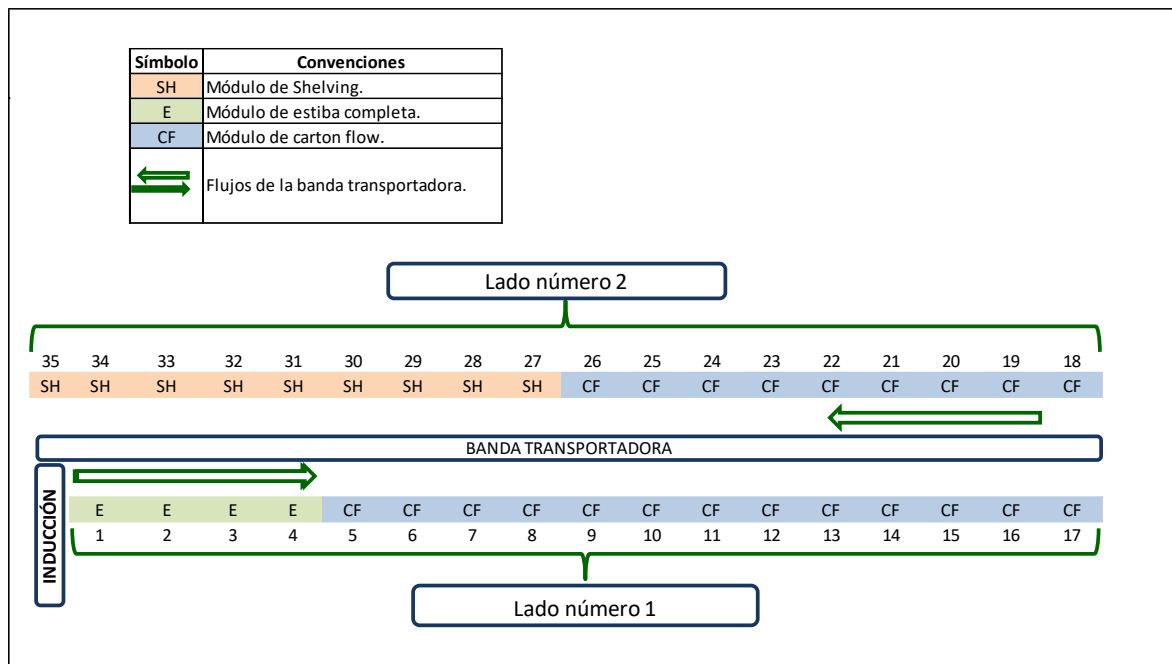


Figura 31. Representación distribución por tipo de ubicaciones. Fuente: Elaboración propia.

Por último, se crean las ubicaciones según las definiciones del layout por tipo de almacenamiento, estas ubicaciones se crean con 3 campos, el lado, el modulo y la ubicación dentro del módulo, estas se representan con información parcial en la tabla 21. (ANEXO 7, hoja Ubicaciones 8A y 9A).

Tabla 21. Creación de ubicaciones.

Tipo almacen	Lado	Modulo	Ubicación	Ubicación completa
Estiba completa	21	01	01	210101
Estiba completa	21	01	02	210102
Estiba completa	21	02	01	210201
Estiba completa	21	02	02	210202
Estiba completa	21	03	01	210301
Estiba completa	21	03	02	210302
Estiba completa	21	04	01	210401
Estiba completa	21	04	02	210402
Carton flow	21	05	01	210501
Carton flow	21	05	02	210502

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, la tabla 22 muestra la cantidad de ubicaciones que se crearon por tipo de almacenamiento.

Tabla 22. Cantidad de ubicaciones por tipo de almacenamiento

Tipo de almacenamiento ▼	Cnt. Ubicaciones
Estiba completa	8
Carton flow	528
Shelving	432
Total general	968

Fuente: Elaboración propia.

10.4. Etapa N° 4. Balanceo de cargas de trabajo.

Se inicia calculando la cantidad de áreas de trabajo bajo los pasos de la metodología obteniendo los resultados que se muestran en las tablas 23 y 24. (ANEXO 7, hoja Requerimientos).

Productividad actual:

Tabla 23. Cálculo de áreas de trabajo según productividad actual.

Cálculo áreas de trabajo	
Descripción	Datos
Productividad estandar teórica (un/h/h)	607
Tiempo efectivo (h/turno)	7
Cantidad de turnos	3
Un/dia/hombre	11.837
Suma de unidades (Volumen)	106.547
Cantidad áreas de trabajo	9
% participación por área de trabajo	11%

Fuente: Elaboración propia.

Productividad estándar teórica:

Tabla 24. Cálculo de áreas de trabajo según productividad estándar teórica.

Cálculo áreas de trabajo	
Descripción	Datos
Productividad estandar teórica (un/h/h)	700
Tiempo efectivo (h/turno)	7
Cantidad de turnos	3
Un/día/hombre	13.650
Suma de unidades (Volumen)	106.547
Cantidad áreas de trabajo	8
% participación por área de trabajo	13%

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en las tablas 23 y 24, al realizar los cálculos para el sistema pick to belt de Comercial Nutresa S.A.S y bajo la productividad actual se requiere de 9 áreas de trabajo, sin embargo, frente a la productividad estándar teórica se requeriría de 8 áreas de trabajo, por lo que en los siguientes pasos de la metodología se hará con ambas cantidades.

Luego se construye la información requerida por la metodología (ANEXO 7, hoja Ubicaciones 8A y 9A) y se asignan las áreas de trabajo a cada uno de los SKU con 8 y 9 áreas de trabajo. En la tabla 25 se muestra información parcial de la asignación de áreas de trabajo por SKU.

Tabla 25. Asignación áreas de trabajo por SKU.

Número	SKU	Denominación	Percentil 80 Unidades	Percentil 80 Cajas	Volumen total	Tipo de ubicación	Cantidad de ubicaciones requeridas	% Participación frecuencia	Área de trabajo (8)	Área de trabajo (9)
1	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Día 110g.	4.120,00	86,00	3,09	Estiba completa	1,00	1,9%	P01	P01
2	1006138	Gta. DUCALES Tc. x1 120g.	2.726,20	57,00	2,05	Estiba completa	1,00	1,0%	P01	P01
3	1028067	Café La Bastilla 125gr fite PV 200	2.813,60	30,00	1,02	Estiba completa	1,00	1,0%	P01	P01
4	1030940	Choc. CORONA 500gx16pastx4	2.540,60	53,00	1,60	Estiba completa	1,00	1,1%	P01	P01
5	1030936	Chocol. LA ESPECIAL 500gx16j	2.635,80	55,00	1,62	Estiba completa	1,00	0,9%	P01	P01
6	1003805	Chocol. LA ESPECIAL 250gx8p:	2.472,40	50,00	0,84	Estiba completa	1,00	1,0%	P01	P01
7	1036517	Chocol. CORONA 48Brrx8pasx2	2.182,60	46,00	0,95	Estiba completa	1,00	1,0%	P01	P01
8	1031470	Café Sello Rojo 125gr fuerte 48 p	2.219,60	47,00	1,23	Estiba completa	1,00	0,8%	P01	P01
9	1030883	Gta. FESTIVAL Chocolate Bs. 1	1.239,00	52,00	2,47	Carton flow	9,00	1,4%	P01	P01

Fuente: Elaboración propia.

Comercial Nutresa S.A.S, según sus perfiles logísticos, tiene una gran cantidad de SKU's de baja rotación, esto genera que las áreas de trabajo, donde están estos SKU, sean muy largas afectando los

tiempos de alistamiento por los recorridos, por este motivo, se decide asignar 1 punto porcentual adicional a las áreas con menos módulos, con 8 áreas de trabajo fueron de la 2 a la 6 y con 9 áreas de trabajo fueron de la 2 a la 7 y así poder asignar menor participación a las últimas dos áreas de trabajo compensando el balanceo con los recorridos.(ANEXO 7, hoja Requerimientos).

En las tablas 26 y 27 se muestra resumen del balanceo de cargas con 8 y 9 áreas de trabajo.

Tabla 26. Balanceo de cargas de trabajo con 8 áreas de trabajo.

Áreas de trabajo 8	Tipo de ubicación	# Ubicaciones	# SKU	% Participación frec.
☐P01	Carton flow	19	3	4%
	Estiba completa	8	8	9%
☐P02	Carton flow	71	14	14%
☐P03	Carton flow	77	23	14%
☐P04	Carton flow	67	34	14%
☐P05	Carton flow	80	54	14%
☐P06	Carton flow	98	85	14%
☐P07	Carton flow	93	91	8%
	Shelving	7	4	1%
☐P08	Shelving	392	344	8%
Total general		912	660	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Balanceo de cargas de trabajo con 9 áreas de trabajo.

Áreas de trabajo 9	Tipo de ubicación	# Ubicaciones	# SKU	% Participación frec.
☐P01	Carton flow	16	2	3%
	Estiba completa	8	8	9%
☐P02	Carton flow	56	11	13%
☐P03	Carton flow	66	18	13%
☐P04	Carton flow	67	26	13%
☐P05	Carton flow	66	40	13%
☐P06	Carton flow	76	59	13%
☐P07	Carton flow	106	97	13%
☐P08	Carton flow	52	51	3%
	Shelving	45	26	2%
☐P09	Shelving	354	322	7%
Total general		912	660	100%

Fuente: Elaboración propia.

El último paso de esta etapa es la definición de la ubicación de cada carton stop:

Para la primera área de trabajo con tipo de almacenamiento de estiba completa se suma el porcentaje de frecuencia hasta la mitad, se suma las ubicaciones correspondientes y para 8 áreas de trabajo queda en la ubicación número 6 y para 9 áreas de trabajo queda frente la ubicación número 5 (se sombrea de verde para 8 áreas de trabajo y azul para 9 áreas de trabajo en la tabla 28 con información parcial).

Tabla 28. Definición ubicación primer carton stop.

Número	SKU	Denominación	Percentil 80 Unidades	Percentil 80 Cajas	Volumen total	Tipo de ubicación	Cantidad de ubicaciones requeridas	% Participación frecuencia	Área de trabajo (8)	Área de trabajo (9)
1	1029981	Gta. SALTIN Rojo Tc. Día 110g.	4.120,00	86,00	3,09	Estiba completa	1,00	1,9%	P01	P01
2	1006138	Gta. DUCALES Tc. x1 120g.	2.726,20	57,00	2,05	Estiba completa	1,00	1,0%	P01	P01
3	1028067	Café La Bastilla 125gr fite PV 200	2.813,60	30,00	1,02	Estiba completa	1,00	1,0%	P01	P01
4	1030940	Choc. CORONA 500gx16pastx4	2.540,60	53,00	1,60	Estiba completa	1,00	1,1%	P01	P01
5	1030936	Chocol. LA ESPECIAL 500gx16	2.635,80	55,00	1,62	Estiba completa	1,00	0,9%	P01	P01
6	1003805	Chocol. LA ESPECIAL 250gx8p.	2.472,40	50,00	0,84	Estiba completa	1,00	1,0%	P01	P01
7	1036517	Chocol. CORONA 48Brrx8pasx2	2.182,60	46,00	0,95	Estiba completa	1,00	1,0%	P01	P01
8	1031470	Café Sello Rojo 125gr fuerte 48 p	2.219,60	47,00	1,23	Estiba completa	1,00	0,8%	P01	P01
9	1030883	Gta. FESTIVAL Chocolate Bs. 1	1.239,00	52,00	2,47	Carton flow	9,00	1,4%	P01	P01

Fuente: Elaboración propia.

Para las demás áreas de trabajo se suma la cantidad de ubicaciones y se divide en 2, las ubicaciones definidas por cada área de trabajo se muestran en las tablas 29 y 30 con información parcial. (ANEXO 7, hoja Ubicaciones 8A y 9A).

Tabla 29. Ubicación carton stop con 8 áreas de trabajo.

Tipo almacen	Lado	Modulo	Ubicación	Ubicación completa	Áreas de trabajo	Ubicación carton stop
Estiba completa	21	03	02	210302	P01	X
Carton flow	21	07	06	210706	P02	X
Carton flow	21	10	07	211007	P03	X
Carton flow	21	13	10	211310	P04	X
Carton flow	21	16	10	211610	P05	X
Carton flow	11	20	03	112003	P06	X
Carton flow	11	24	18	112418	P07	X
Shelving	11	31	26	113126	P08	X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Ubicación carton stop con 9 áreas de trabajo.

Tipo almacén	Lado	Modulo	Ubicación	Ubicación completa	Áreas de trabajo	Ubicación carton stop
Estiba completa	21	03	01	210301	P01	X
Carton flow	21	06	19	210619	P02	X
Carton flow	21	09	10	210910	P03	X
Carton flow	21	12	03	211203	P04	X
Carton flow	21	14	22	211422	P05	X
Carton flow	21	17	22	211722	P06	X
Carton flow	11	21	15	112115	P07	X
Carton flow	11	26	10	112610	P08	X
Shelving	11	31	46	113146	P09	X

Fuente: Elaboración propia.

10.5. Etapa N° 5. Diseño de slotting

Para definir la ubicación de cada SKU en cada tipo de almacenamiento, con 8 y 9 áreas de trabajo se ejecuta el algoritmo 17 veces teniendo en cuenta cada tipo de almacenamiento y se asignó el 100% de los SKU en cada ubicación como se muestran en las tablas 31 y 32 con información parcial. (ANEXO 8, hoja 8 áreas de trabajo y hoja 9 áreas de trabajo).

Tabla 31. Resultados algoritmo de asignación para 8 áreas de trabajo.

Ubicación	Distancia Prop	Material SKU	Área de trabajo
210501	1,00	1030883	P01
210502	0,00	1030883	P01
210503	1,00	1030883	P01
210504	2,00	1030883	P01
210505	1,41	1030883	P01
210506	1,00	1030883	P01
210507	1,41	1030883	P01
210508	2,24	1030883	P01
210509	2,24	1030882	P01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Resultados algoritmo de asignación para 9 áreas de trabajo.

Ubicación ▼	Distancia Prop ▼	Material SKU ▼	Área de trabajo ▼
210501	0,00	1030883	P01
210502	1,00	1030883	P01
210503	2,00	1030883	P01
210504	3,00	1030882	P01
210505	1,00	1030883	P01
210506	1,41	1030883	P01
210507	2,24	1030883	P01
210508	3,16	1030882	P01
210509	2,00	1030883	P01

Fuente: Elaboración propia.

Se evidencia que las distancias son diferentes debido a que la ubicación de propagación está en diferente lugar para las 8 o 9 áreas de trabajo expuestas.

Es importante nombrar que a pesar de que se ejecutó la metodología para 8 y 9 áreas de trabajo en las últimas 2 etapas con el fin de comparar las productividades y la mejor utilización de los recursos bajo un diseño experimental, la metodología recomienda seleccionar siempre la que se calcula con las productividades actuales del sistema, en este caso la de 8 áreas de trabajo.

10.6 Resumen resultados de la metodología.

Etapas 1: Se consolida una sola base de datos depurada y fiable para trabajar en las otras etapas de la metodología (ANEXO 6, hoja BD).

Etapas 2: Se realizan los perfiles logísticos donde se evidencia el comportamiento en cantidades y movimientos por cada uno de los SKU (ANEXO 6, hoja Perfil Vol. Y Perfil Frec.).

Etapas 3: Se calcula la probabilidad de solicitud bajo los perfiles de volumen y frecuencia por cada SKU (ANEXO 6, hoja Asociación perfiles), se diseña el layout (Figura 31) y se define el tipo de ubicación sugerido por cada SKU (ANEXO 7, hoja Requerimientos).

Etapas 4: Se realiza el balanceo de cargas de trabajo definiendo las áreas de trabajo y la asignación de cada SKU a cada una de estas (ANEXO 7, hoja Requerimientos) y por último se crean los códigos de las ubicaciones según nuevo diseño de layout.

Etapas 5: Se definen las posiciones para ubicar los carton stop (ANEXO 7, hoja Ubicaciones 8A y Ubicaciones 9A). Se ejecuta el algoritmo de asignación y se define la ubicación de cada uno de los SKU (ANEXO 8).

En la tabla 33 se muestra el resumen de los datos representativos de la propuesta de redistribución del sistema.

Tabla 33. Datos representativos de la propuesta de redistribución.

Áreas de trabajo	Tipo de ubicación	Cantidad de Ubicaciones	Cnt. de SKU	Balaceo por área de trabajo	Cantidad de carton stop	Cantidad de trabajadores	Cnt. ejecuciones del algoritmo
P01	Carton flow	16	2	3%	1	1	1
	Estiba completa	8	8	9%			
P02	Carton flow	56	11	13%	1	1	1
P03	Carton flow	66	18	13%	1	1	1
P04	Carton flow	67	26	13%	1	1	1
P05	Carton flow	66	40	13%	1	1	1
P06	Carton flow	76	59	13%	1	1	1
P07	Carton flow	106	97	13%	1	1	1
P08	Carton flow	52	51	3%	1	1	1
	Shelving	45	26	2%			
P09	Shelving	354	322	7%	1	1	1
Total general		912	660	100%	9	9	11

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar las 5 etapas se tiene la propuesta de redistribución del sistema pick to belt de unidades sueltas de Comercial Nutresa S.A.S, en la cual los informes (anexos) generados durante la ejecución de la metodología quedan como soporte para realizar los movimientos físicos del sistema.

11. VALORACIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para efectos del cálculo de la mejora en productividad de la metodología, se realizan las comparaciones con el resultado de la simulación en el escenario actual, con el fin de evidenciar las mejoras en el proceso.

11.1. Resultados modelo actual versus modelos propuestos

Para estimar el impacto de aplicar la metodología en Comercial Nutresa S.A.S, se utilizó el slotting construido a lo largo del trabajo, pero se decidió utilizar dos escenarios propuestos:

- 9 áreas de trabajo: Número de áreas definidas con base en la productividad actual. En la figura 32 se muestra la vista del modelo de simulación con 9 áreas de trabajo. (ANEXO 9).

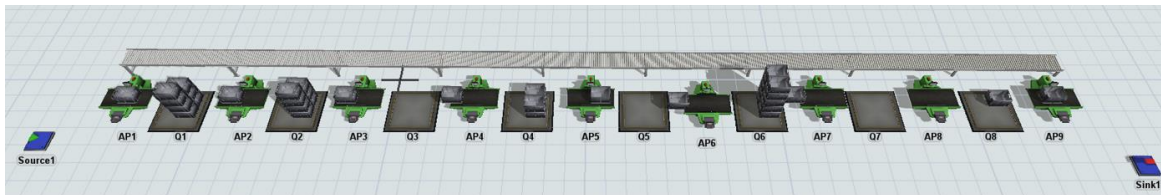


Figura 32. Modelo de simulación sistema pick to belt con 9 áreas de trabajo en ejecución. Fuente: Elaboración propia.

- 8 áreas de trabajo: Número de áreas definidas con base en la productividad estándar teórica. En la figura 33 se muestra la vista del modelo de simulación con 8 áreas de trabajo. (ANEXO 10).

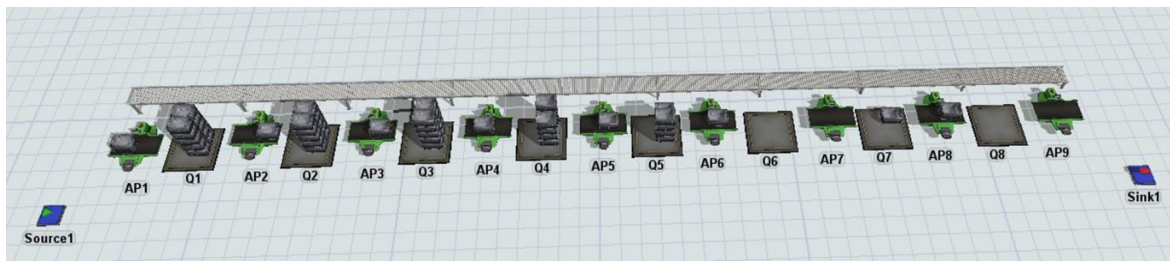


Figura 33. Modelo de simulación sistema pick to belt con 8 áreas de trabajo en ejecución. Fuente: Elaboración propia.

A pesar que ambas imágenes se ven similares y con 9 colas es importante aclarar que son modelos diferentes, se debe a que el modelo de 8 áreas de trabajo se ejecuta bajo tablas donde no se

incluye procesamiento en el área de trabajo 9 y con las características del layout y slotting propuesto.

Esto se desarrolla con el fin de revisar el impacto de diseñar una operación con una productividad de referencia teórica, sin tomar en cuenta la evaluación del sistema actual.

Cada uno de los escenarios se ejecuta 5 veces cambiando el orden en que se alistan los contenedores, en las figuras 34 y 35 se muestran los resultados obtenidos.

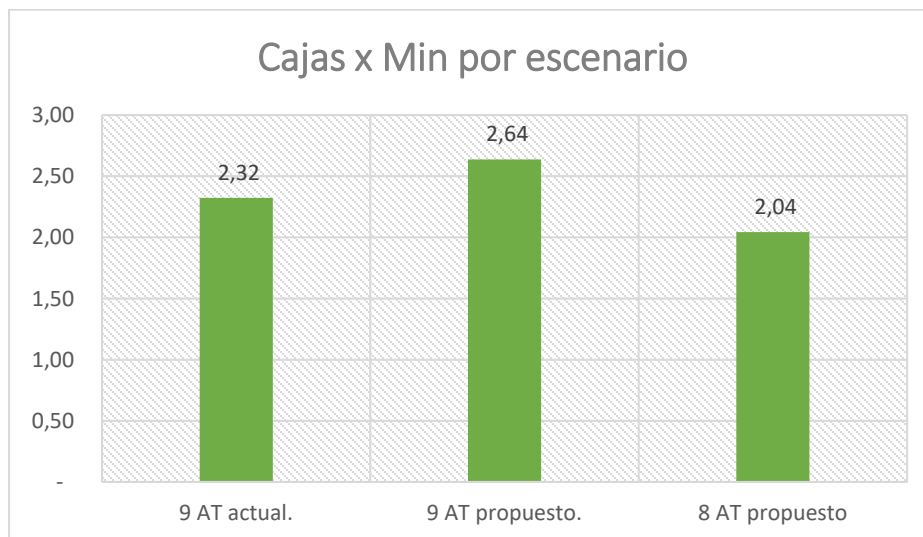


Figura 34. Resultado throughput por escenarios. Fuente: Elaboración propia.

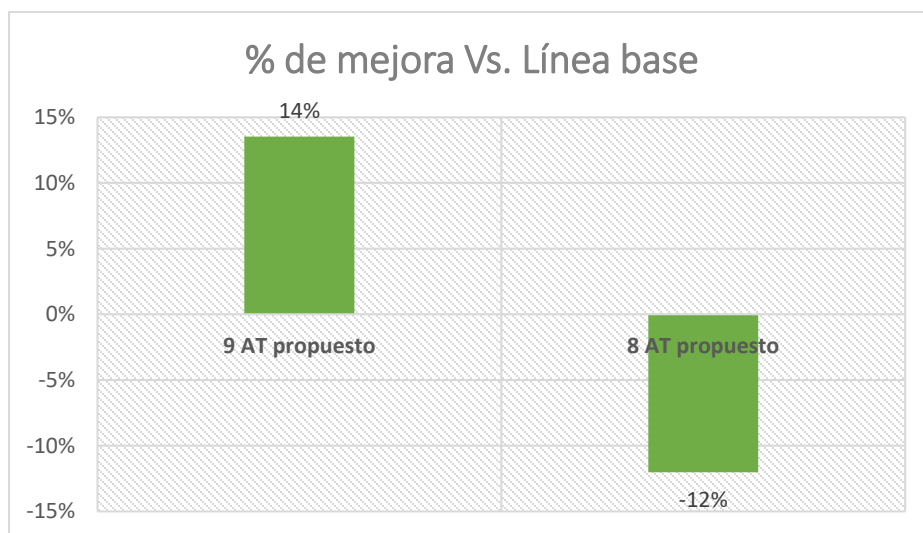


Figura 35. Porcentaje de mejora versus línea base. Fuente: Elaboración propia.

La mejor productividad se encuentra aplicando la metodología en el número de áreas de trabajo cuando se calcula con la productividad actual de la empresa, logrando una mejora promedio del 14% en este caso. Adicionalmente, al utilizar el número de áreas de trabajo cuando se calcula con la productividad teórica, termina siendo perjudicial para el sistema ya que la mejora de tiempos estimada (por la cercanía de mercancía) no compensa la falta de un recurso en el sistema, generando una pérdida de productividad en un 12% en promedio.

Adicionalmente, se monitorean los porcentajes de utilización de las diferentes áreas de trabajo, donde se encuentra una mejora del 5,8% en el escenario de 9 áreas de trabajo con la metodología como se muestra en la figura 36.

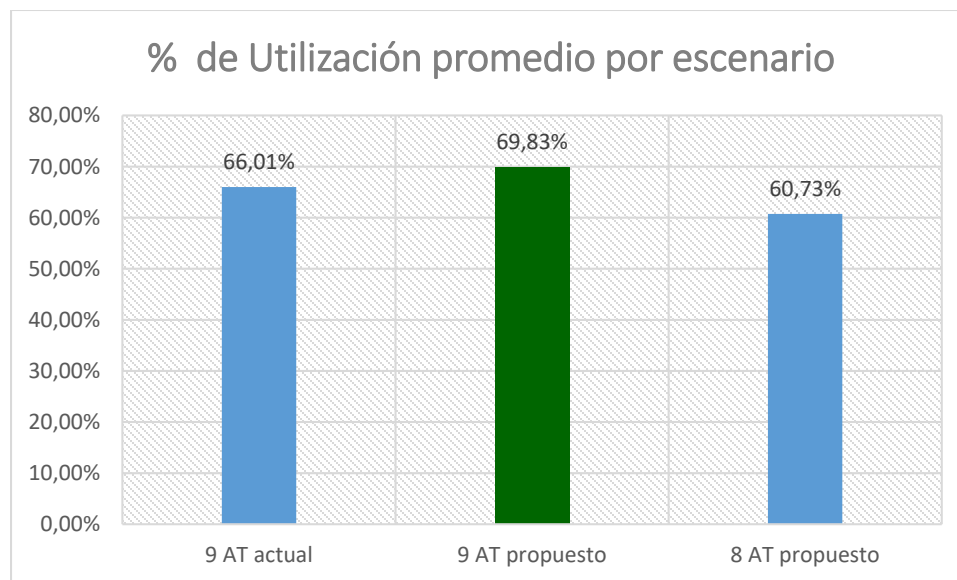


Figura 36. Porcentaje de utilización promedio por escenario. Fuente: Elaboración propia.

Esto tiene toda la justificación desde el proceso planteado en la metodología, lo cual se evidencia cuando se comparan las variaciones de los porcentajes de utilización de cada área de picking en los diferentes escenarios por el balanceo de cargas de trabajos.

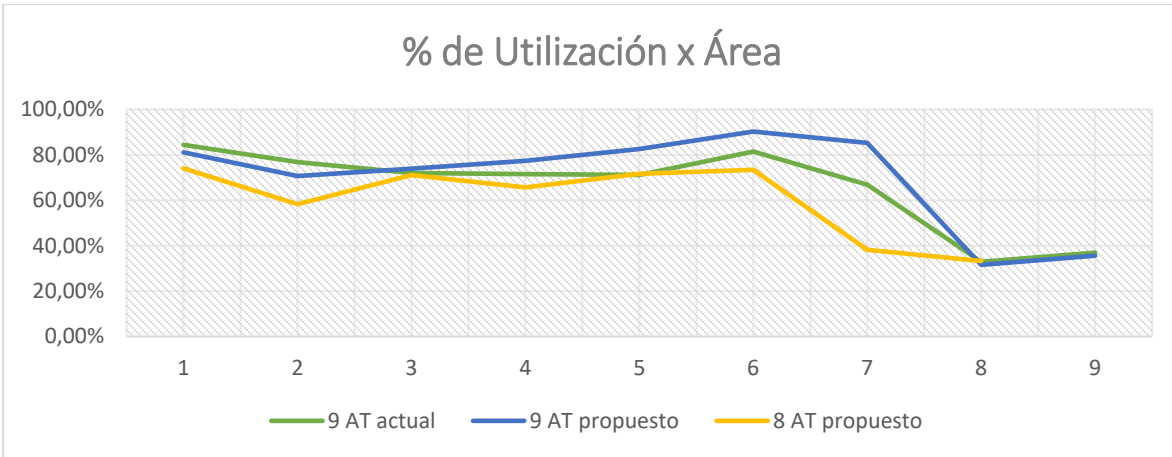


Figura 37. Porcentaje de utilización por área. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 37 se evidencia un porcentaje de utilización por área del 69% promedio en el escenario de 9 áreas de trabajo con la metodología, además un buen comportamiento de balance de cargas en cada uno de las áreas de trabajo donde se muestra una disminución en las ultimas 2, esto se debe a que son áreas de trabajo que duplican la distancia del resto de áreas y compensa con la frecuencia de solicitud de SKU de las otras áreas de trabajo.

11.2. Diseño de experimentos

Con el fin de validar la estabilidad y significancia de los resultados, se desarrolla un diseño de experimentos que valide que la mejora es significativa al aplicar la metodología.

Antes de hacer el diseño de experimentos, se grafican los diagramas de cajas y bigotes de los tres escenarios (Figura 38), lo que permite concluir que las observaciones que se realizan anteriormente tienen total validez.

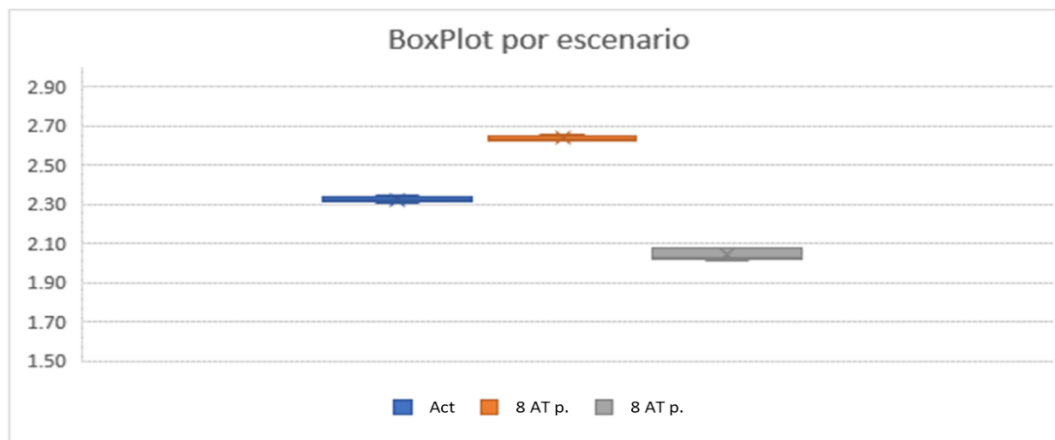


Figura 38. Diagrama de cajas y bigotes por escenario. Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 39, 40 y 41, se muestran los resultados de la prueba de diferencia de medias ejecutada en el software SPSS 20 (ANEXO 11 y 12).

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Productividad * Escenario	15	100,0%	0	0,0%	15	100,0%

Figura 39. Resumen del procesamiento de los casos. Fuente: Resultados SPSS 20.

Escenario	Media	N	Desv. típ.	Mínimo	Máximo
8 AT prop.	2,0440	5	,02881	2,02	2,08
9 AT prop.	2,6360	5	,01342	2,62	2,65
9 AT actual	2,3240	5	,01342	2,31	2,34
Total	2,3347	15	,25097	2,02	2,65

Figura 40. Informe productividad. Fuente: Resultados SPSS 20.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática
Inter-grupos (Combinadas)	,877	2	,439
Productividad * Escenario Intra-grupos	,005	12	,000
Total	,882	14	

	F	Sig.
Inter-grupos (Combinadas)	1105,479	,000
Productividad * Escenario Intra-grupos		
Total		

a. La variable de agrupación Escenario es una cadena, así que no se puede efectuar la prueba de linealidad.

Figura 41. Tabla de ANOVA. Fuente: Resultados SPSS 20.

Como se esperaba, el nivel de significancia de la prueba permite concluir que si existe una diferencia significativa entre las muestras de los diferentes escenarios.

Finalmente, se evidencia que la metodología tiene un impacto significativo en la mejora de la productividad de un sistema pick to belt de unidades sueltas. Desde las comparaciones de las simulaciones se aumentan 0,3 contenedores por minuto, esta cantidad representa 118 contenedores por turno (hora efectiva 6,5 horas/turno) y 355 contenedores en un día completo de trabajo.

12. CONCLUSIONES

- A través del modelo de simulación actual se logra representar pedidos reales de una semana de trabajo de Comercial Nutresa S.A.S con un asertividad del 93% frente a la realidad.
- Se logra diseñar una metodología generalizada y replicable a empresas de consumo masivo que permite dar solución a problemáticas de bajo rendimiento en sistemas pick to belt de unidades sueltas dando como resultado la redistribución del sistema mediante el balanceo de cargas de trabajo y la asignación los SKU de mayor probabilidad de pedido en ubicaciones privilegiadas (golden zone).
- El proceso más demorado es la definición del slotting debido al detalle de poner cada SKU en una ubicación respectiva, sin embargo, a través del algoritmo de asignación se logra realizar el slotting en corto tiempo con los parámetros deseados.
- Se logra medir los impactos de la metodología a través de un modelo de simulación que representa el sistema con pedidos históricos reales de Comercial Nutresa S.A.S.
- El balanceo de cargas de trabajo y los movimientos con menores distancias disminuyen los tiempos en la simulación mejorando la velocidad del sistema.
- Con base en la información construida en el simulador, la metodología puede lograr mejoras en la productividad alrededor de un 14%. Estas dependen del nivel de caos que se tiene en el sistema actual.
- El porcentaje de utilización promedio es de un 69%, lo que representa posibilidades de mejoras adicionales en la productividad del sistema, pero que requieren de otro tipo de metodologías y/o herramientas (Ejemplo: Reducir tiempos de extracción de mercancía, reducir manipulación de radiofrecuencias con tecnologías como voice picking, pick to light, entre otras).

13. RECOMENDACIONES

- En los movimientos históricos se identificaron materiales que no fueron solicitados en ninguna ocasión, por lo que se recomienda revisar el portafolio de productos y racionalizar SKU sin movimientos para evitar que este inventario ocupe ubicaciones que no serán atendidas.
- Se recomienda ejecutar la metodología con una frecuencia mensual para evaluar el throughput y evidenciar cambios en el mercado que varíen la configuración de los SKU teniendo un impacto en el balance de cargas de trabajos y en la cantidad de áreas de trabajo a definir.
- Se recomienda hacer mejoras progresivas a partir de las productividades reales del sistema. Realizar cálculos con datos teóricos pueden ser perjudiciales para el sistema.
- Se recomienda realizar una revisión a la asignación final del algoritmo en caso de tener restricciones en las ubicaciones, volumen del SKU, peso del SKU o factor humano que no permita que el SKU sea asignado a la ubicación propuesta.
- Es importante tener en cuenta el comportamiento de los diferentes canales de venta, ya que se pueden presentar variaciones entre el balanceo con la data completa al momento de analizar cada uno de los canales.
- Se recomienda capacitar al personal en los cambios sugeridos con el fin de evitar confusión en los operarios que impida un desarrollo adecuado de sus actividades, en procura de contrarrestar la resistencia al cambio.

14. GLOSARIO

Área de picking: Área donde un operario ejerce su labor.

BPMN: Business Process Model and Notation.

Carton stop: Es un sistema que detiene los contenedores para ser surtidos de las unidades solicitadas dentro del sistema pick to belt.

Contenedor: Recipiente donde se depositan los materiales en unidades para el alistamiento.

Frecuencia: Cantidad de movimientos necesarios para completar un alistamiento según los pedidos de venta o traslados.

Hora efectiva: Tiempos en los cuales el sistema estuvo trabajando.

Líneas de pedido: Cantidad de referencias incluidas en un pedido.

Modulo de almacenamiento: Es el espacio donde se tiene solo un tipo de almacenamiento y normalmente está separado por parales.

OT: Es la orden de trabajo que indica al trabajador el material y cantidad a alistar.

Percentil: Valor de una variable estadística que separa un determinado porcentaje de valores de la misma, por ejemplo, un promedio es un percentil 50, se recomienda realizar las definiciones y diseño de procesos bajo un percentil 80 debido a que garantizamos el cubrimiento del 80% de los días de operación soportando picos y evitando tiempos muertos.

Perfil logístico: Conjunto de datos estadísticos que representa el estado base de las operaciones logísticas para el diseño de procesos y toma de decisiones.

Profundidad de línea: Permite identificar en que cantidades esperadas piden un material cada vez que es solicitado.

Split de comando: Desagregación de las cantidades de un pedido teniendo en cuenta en que unidad de manipulación va a ser despachada. (Unidades, cajas o estibas).

SKU: Stock keeping unit.

Throughput: Capacidad del sistema, se evaluará como una hora hombre.

Unidad de manipulación: Forma como se va a manipular la mercancía esta puede ser cajas, estibas, unidades.

Volumen: Cantidad de mercancía (unidades, cajas o pallets) que es solicitada en los pedidos de venta o traslados.

WMS: Warehouse management system. Software que soporta las operaciones diarias de un almacén.

15. BIBLIOGRAFIA

6th International Conference, I. (2013). *Advances in Information Technology*. Bangkok: Springer.

ABC Economía, A. (2012, Febrero 24). *abc-economia.com*. Retrieved September 29, 2012, from <http://abc-economia.com/tema/nutresa/>

AGI, B. R. (2014). *AGI world wide*. Retrieved from Client Success: http://www.agiworldwide.com/client_success.php

Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro*. México: PEARSON.

Blanco Rivero, L. E., & Fajardo Piedrahíta, I. D. (2001). *Simulación con promodel, casos de producción y logística*. Bogotá: Centro editorial.

communications, H. c. (2018). *High class*. Retrieved from www.highclass.net.au

Council of Supply Chain Management Professionals, C. (n.d.). *cscmp*. Retrieved September 29, 2012, from <http://www.cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>

Dinero. (2016). 5 mil empresas. *Dinero*.

Dinero. (2016). 5 Mil empresas. *Dinero*.

DNP. (2018, Julio 25). *dnp*. Retrieved from <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombia-avanz%C3%B3-36-puestos-a-nivel-mundial-en-Desempe%C3%B1o-Log%C3%ADstico-en-los-dos-%C3%BAltimos-a%C3%B1os.aspx>

Espiñeria, S. y. (2008). Boletín Asesoría Gerencial . *Price Water House Coopers*, 10.

García, M. (2017, Agosto 25). Las tiendas de barrio siguen siendo preferidas por los Colombianos.

El Tiempo.

García, P. (2013). El slotting como soporte en la operación de un Centro de Distribución de clase mundial. *Zona Logística.*

Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas.*

México: Prentice Hall.

Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos.* Mexico:

Mc Graw Hill.

High class. (2018). Retrieved from www.highclass.net.au

Ingeniería, A. (2013). *Informe diseño proyecto de operaciones Comercial Nutresa.* Bogotá.

Mora G, L. A. (2014, 06 13). INDICADORES DE GESTIÓN LOGÍSTICOS. *La República de*

Bogotá, p. 6.

Negrón, D. F. (2009). *Administración de operaciones.* México D.F.: CENGAGE Learning.

Nutresa, C. (2016). *Informe gerencial cierre Julio 2016.* Medellín.

Nutresa, G. (2016). *Grupo Nutresa, Estructura del grupo.* Obtenido de

<https://www.gruponutresa.com/estructura-del-grupo/>

Nutresa, G. (2016). *Grupo Nutresa, Quienes Somos.* Obtenido de

<https://www.gruponutresa.com/quienes-somos/>

OIT. (2010). *Introducción al Estudio del Trabajo.* México: LIMUSA.

Russell, R., & Bernard, T. (1995). *Operations Management .* Prentice Hall.

Socconini, L. (2015). *Lean Company, Más allá de la manufactura*. Bogotá: Norma.

Stephens, F. E.-M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*.

México: PEARSON Prentice Hall.

TCC. (2014, Mayo 6). *TCC Cumple*. Retrieved from <http://www.tcc.com.co/blog/->

[/blogs/%C2%BFque-es-slotting-](#)

Vásquez, R. M. (2014). *Almacén de clase mundial*. Medellín: ESUMER.

Vásquez, R. M. (2018). El picking como solución a las necesidades del cliente de hoy. (TCC,

Interviewer)