



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS
OPERATIVOS DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA QUE
PRESTA SERVICIOS DE OPERADOR LOGÍSTICO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Realizado por:

Br. Mujica Hernández, Andrea Alexandra

Br. Riera Ramírez, Armando José

Profesor Guía:

Ing. Giovanni Sparacio

Fecha:

Junio de 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS
OPERATIVOS DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA QUE
PRESTA SERVICIOS DE OPERADOR LOGÍSTICO**

**Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su
contenido con el resultado:**

JURADO EXAMINADOR

Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____
Giovanni Sparacio	Manuel Gaspar	Jesús Lozada

Realizado por: Br. Mujica Hernández, Andrea Alexandra

Br. Riera Ramírez, Armando José

Profesor Guía: Ing. Giovanni Sparacio

Fecha: Julio de 2017

SECCIÓN PRELIMINAR

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, porque sin él no puedo alcanzar ningún éxito, gracias por ser mi fortaleza, mi apoyo y por brindarme la seguridad y confianza en mí misma...

A mi **Madre**, por ser mi apoyo incondicional en todo momento, por entenderme, cuidarme, enseñarme y sobre todo por recorrer a mi lado todo este camino. Sin ti no hubiese sido lo que soy, gracias...

A mi **Tía-Mamá**, por ser ese apoyo que solo una madre puede ofrecer, por todos los días hacerme saber que soy capaz, por siempre motivarme y alentarme a alcanzar el éxito, y por transmitirme tanta confianza y amor...

A mi **Familia**, porque en mí ven potencial, por hacerme sentir lo más importante, por apoyarme en todo momento, por creer en mí y transmitirme la seguridad de que es posible llegar al éxito...

A mi gran amigo, **Armando Riera**, a quien le agradezco por su paciencia, constancia y seguridad en todo momento, por ser el mejor apoyo y complemento en la realización de este trabajo, por su amabilidad y comprensión en los momentos difíciles. No creo poder haber conseguido mejor compañero de tesis...

A mi tutor, **Giovanni Sparacio**, a quien le agradezco por la confianza y por el apoyo que en todo momento nos brindó, por la paciencia y dedicación en su enseñanza, y por permitirme contar con él en este paso tan importante de mi carrera...

A **3PL Panamericana C.A.**, por la confianza en otorgarnos este proyecto, y por el apoyo brindado durante el desarrollo del mismo...

Br. Mujica Hernández, Andrea Alexandra

A **3PL PANAMERICANA C. A.** por la confianza y cooperación proporcionada en el desarrollo de este proyecto, especialmente a Yajaira Ramírez, Karla Romero y Fabrizio Alessandrini...

A mi tutor **Giovanni Sparacio** por su paciencia e incondicional apoyo, agradezco inmensamente que haya sido guía esencial en la realización de este proyecto...

A mi amiga **Andrea Mujica** por toda la dedicación y constancia. Gracias por haber dado lo mejor en todo momento en busca de la excelencia. No hubiese encontrado una mejor compañera...

A mis **padres** y **mi hermano** por su absoluto y generoso apoyo durante todo este período de mi vida para desarrollarme humana y profesionalmente...

A **Irene Ruiz** por haberme apoyado totalmente en mi carrera, gracias por estar siempre a mi lado y animándome para seguir adelante ante las dificultades...

A **Dios, Jesús y la Virgen** por hacer posible todos mis logros y acompañándome en cada paso que doy...

Br. Riera Ramírez, Armando José

ÍNDICE GENERAL

SECCIÓN PRELIMINAR

AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
SINOPSIS	xi

SECCIÓN INTRODUCTORIA

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
I.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
I.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	6
I.3.1 Objetivo General.	6
I.3.2 Objetivos Específicos.....	6
I.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	6
I.4.1 Alcances	6
I.4.2 Limitaciones	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
II. 1 ANTECEDENTES	9
II.2 BASES TEÓRICAS	9
II.2.1 Glosario de Términos.....	9
II.2.2 Estudio de Tiempos	11
II.2.3 Capacidades Operativas	12
II.2.4 Indicadores de Gestión.....	13
II.3 HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS UTILIZADAS.....	13
II.3.1 Diagrama de Flujo de Procesos o Flujogramas	13
II.3.2 Diagramas de PERT.....	14
II.3.3 Diagrama Causa-Efecto	14

II.3.4 Matriz de Jerarquización y Selección	15
II.4 HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN	15
II.5 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS	19
II.5.1 Estadística Descriptiva	19
II.5.2 Estadística Inferencial	19
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	21
III.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	21
III.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	22
III.3 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	22
III.4 FASES DE LA INVESTIGACIÓN	22
III.5 ESQUEMA METODOLÓGICO	23
III.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	24
III.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	24
SECCIÓN CENTRAL	
CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	25
IV.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS	25
IV.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS	37
CAPÍTULO V. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	38
V.1 RECOLECCIÓN DE DATOS Y ESTUDIO DE TIEMPOS	38
V.1.1 Separación y Clasificación de la Data Estudiada	38
V.1.2 Selección y Metodología de Recolección de la Data Estudiada	40
V.1.3 Información Obtenida y Estudio de Tiempos	42
V.2 CÁLCULO DE LAS CAPACIDADES OPERATIVAS REALES	45
V.2.1 Tasa de Producción Operativa, Capacidad Instalada y Teórica	45
V.2.2 Capacidad Efectiva	47
V.3 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES IMPRODUCTIVOS	49
V.3.1 Cuellos de Botellas o Retrasos Presentes	49
V.3.2 Impacto de los Retrasos en los Procesos Operativos	57
V.3.3 Causas de los Retrasos o Cuellos de Botella	59
V.4 ANÁLISIS DE LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS	61

V.4.1 Representación de la situación actual	61
V.4.2 Escenarios estudiados	67
V.4.3 Análisis de Resultados	67
CAPÍTULO VI. DISEÑO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	73
VI.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA.....	73
VI.1.1 Propuestas de Mejoras Operativas en el Almacén	73
VI.1.2 Propuestas de Mejoras en la Configuración de Recursos	75
VI.1.3 Propuestas de Mejora en los Criterios de Evaluación Actuales	81
CAPÍTULO VII. EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA	82
VII.1 ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA.....	82
VII.1.1 Análisis Técnico.....	82
VII.1.2 Análisis Económico.	89
VII.2 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DE MEJORA SELECCIONADA	90
SECCIÓN FINAL	
CONCLUSIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Impacto de las demoras en la recepción de la Importación estudiada.	57
Gráfico 2. Impacto de las demoras en la recepción de la Devolución estudiada.	58
Gráfico 3. Impacto de las demoras en el despacho crítico estudiado.	58
Gráfico 4. Demanda Mensual Promedio de Documentos.	69
Gráfico 5. Tiempo promedio mensual de espera en la cola.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes de la Investigación.	9
Tabla 2. Módulo Lógicos de Arena 14.	18
Tabla 3. Medidas de Localización y Dispersión.	19
Tabla 4. Esquema Metodológico.	23
Tabla 5. Descripción de las Zonas del Centro de Distribución.	26
Tabla 6. Descripción los procesos operativos.	31
Tabla 7. Descripción los procesos auxiliares	33
Tabla 8. Tipos de Actividades desarrolladas.	34
Tabla 9. Clasificación de las actividades desarrolladas en el Centro de Distribución....	35
Tabla 10. Capacidades Efectivas utilizadas por la empresa para dimensionar.	35
Tabla 11. Recursos y Plantilla de personal actual utilizada por GRUPO 3PL	36
Tabla 12. Indicadores de Gestión Actuales.	37
Tabla 13. Data Recolectada para estudiar la Recepción.	41
Tabla 14. Data Recolectada para estudiar el Despacho.	42
Tabla 15. Tiempos Operativos Actuales de la Recepción y Almacenamiento de Mercancía.	44
Tabla 16. Tiempos Operativos Actuales de la Preparación y Despacho de Mercancía. .	44
Tabla 17. Tasa de Producción Operativa, Capacidades Instaladas y Teóricas de la Recepción y Almacenamiento de Mercancía.	46
Tabla 18. Tasas de Producción Operativa, Capacidades Instaladas y Teóricas de la Preparación y Despacho de Mercancía.	47

Tabla 19. Capacidades Efectivas de la Recepción y Almacenamiento de Mercancía....	48
Tabla 20. Capacidades Efectivas de la Preparación y Despacho de Mercancía.	48
Tabla 21. Características de las recepciones estudiadas con las RED PERT..	49
Tabla 22. Lista de Operaciones realizadas para llevar a cabo una Importación.	50
Tabla 23. Lista de Operaciones realizadas para llevar a cabo una Devolución	50
Tabla 24. Características del despacho estudiado con la RED PERT.	53
Tabla 25. Lista de Operaciones realizadas para llevar a cabo un despacho crítico.	54
Tabla 26. Factores Improductivos que ocasionan los retrasos o cuellos de botellas en la recepción de mercancía.....	60
Tabla 27. Factores Improductivos que ocasionan los retrasos o cuellos de botellas en el despacho de mercancía.	60
Tabla 28. Número de Replicaciones calculadas por mes.....	66
Tabla 29. Resultados de la simulación de la situación actual frente a distintos escenarios.....	68
Tabla 30. Configuraciones de Recursos propuestas.	75
Tabla 31. Configuración interna de recursos.	76
Tabla 32. Resultado de las Propuestas de Mejora en Diciembre.	77
Tabla 33. Resultado de las Propuestas de Mejora en Marzo.	78
Tabla 34. Resultado de las Propuestas de Mejora en Enero.	79
Tabla 35. Resultado de las Propuestas de Mejora en Febrero.	80
Tabla 36. Propuestas seleccionadas por mes.	86
Tabla 37. Análisis cuantitativo de mejoras para el mes de diciembre.	87
Tabla 38. Análisis cuantitativo de mejoras para el mes de enero.	87
Tabla 39. Análisis cuantitativo de mejoras para el mes de febrero.	88
Tabla 40. Análisis cuantitativo de mejoras para el mes de marzo.	88
Tabla 41. Costos unitarios del personal y los equipos en bolívares.....	89
Tabla 42. Costo total de la plantilla según las propuestas seleccionadas.	89
Tabla 43. Costo total de los recursos según las propuestas seleccionadas.	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Layout del Centro de Distribución Transbel.	27
Figura 2. Zonificación de la Ocupación de Huawei Technologies Co. en Transbel y Representación de los Flujos de Recorridos	28
Figura 3. Esquema de los Procesos de Recepción y Almacenamiento de Mercancía.	32
Figura 4. Esquema de los Procesos de Preparación y Despacho de Mercancía.	32
Figura 5. RED PERT de una Importación Crítica	51
Figura 6. RED PERT de una Devolución	51
Figura 7. RED PERT del Traslado para Almacenamiento	53
Figura 8. RED PERT de un Despacho Crítico.	55
Figura 9. REDES PERT de las demoras circunstanciales en el despacho.....	56
Figura 10. Conceptualización del Proceso de Recepción	62
Figura 11. Conceptualización del Proceso de Despacho.	63
Figura 12. Representación de la situación actual de los procesos operativos mediante un modelo de simulación.	65

DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS OPERATIVOS DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA QUE PRESTA SERVICIOS DE OPERADOR LOGÍSTICOS

Realizado por: Br. Mujica Hernández, Andrea Alexandra

Br. Riera Ramírez, Armando José

Tutor: Ing. Giovanni Sparacio

Fecha: Junio 2017.

SINOPSIS

Las empresas productoras que deciden tercerizar su cadena de suministros esperan un servicio logístico que se adapte a sus necesidades. 3PL Panamericana C. A., como operador logístico busca optimizar el uso de sus recursos para obtener un mayor beneficio y/o aumentar el nivel de servicio prestado a sus clientes. Partiendo de estas premisas, GRUPO 3PL ha decidido evaluar la configuración recursos utilizada actualmente en un almacén en Guatire en el cual se presta servicios de almacenamiento a una compañía de tecnología de telecomunicaciones.

De manera de lograr mejorar dicha configuración, se ha desarrollado un estudio de los procesos logísticos de la operación mencionada. Primero se realizó un diagnóstico de la situación actual de estos procesos, con el fin de conocer qué operaciones retrasan a los mimos; seguidamente se hizo un análisis de la utilización actual de los recursos mediante el uso de técnicas de simulación; luego, se generaron alternativas de mejora a los problemas encontrados, las cuales fueron implementadas en el modelo de simulación desarrollado para analizar la factibilidad técnica de cada una de las propuestas.

Finalmente se estudió el impacto económico de las alternativas de mejora y se seleccionó aquella que generara menos costos y además que produjera la mejor combinación de indicadores positivos estudiados; lo que llevó a recomendar a la empresa que unificara los cargos operativos para manejar la demanda actual de despachos realizados y recepciones recibidas en el almacén.

Palabras Claves: Simulación, utilización, recursos, nivel de servicio, capacidades.

SECCIÓN INTRODUCTORIA

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las empresas productoras se encuentran en la búsqueda de reducir costos causados por la logística de distribución, por lo que tercerizan la cadena de suministros contratando empresas especialistas en desarrollar soluciones logísticas como la recepción, almacenamiento, despacho y maquila de sus productos.

GRUPO 3PL desde que inició sus operaciones e ingresó al mercado, se ha visto favorecida en su crecimiento. Por lo tanto, para mantenerse líderes del mercado se encuentran siempre en constante cuestionamiento sobre sus procesos para mejorar el nivel de servicio prestado a sus clientes. En esta oportunidad, la empresa desea mejorar el servicio logístico que presta a la compañía multinacional de tecnología en telecomunicaciones, Huawei Technologies. Para mejorar dicha operación han surgido diferentes propuestas, pero existe una en particular que refiere el diagnóstico de la situación actual del centro logístico mediante el modelado del sistema real. Esta propuesta es la elaboración de un modelo de simulación del almacén.

La simulación es una herramienta poderosa que permite modificar una gran cantidad de características de un sistema sin caer en altos costos y con resultados relativamente rápidos. Por esta razón se realizó el siguiente Trabajo Especial de Grado, el cual se estructura de la siguiente forma:

En el Capítulo I y II se explica el problema a tratar, los objetivos, el alcance y las limitaciones del proyecto. Además se expone el marco teórico para el desarrollo del presente informe, y la descripción de las herramientas y diagramas utilizados.

En el Capítulo III, se explica el tipo de investigación y las técnicas a emplear para recolectar información que soporta dicho trabajo.

En el Capítulo IV, se describe la situación actual mediante la caracterización de los procesos del centro logístico.

En el Capítulo V, se realiza el diagnóstico de la situación actual en cuanto a los retrasos presentes en los procesos, y en cuanto a la utilización actual de los recursos.

En el Capítulo VI, se presenta el diseño de las propuestas de mejora.

Por último, la evaluación, análisis y selección de la propuesta de mejora se realiza en el Capítulo VII.

CAPITULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

I.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

GRUPO 3PL nació en el año 2006 bajo la denominación de 3PL PANAMERICANA C.A., y es un operador logístico integral especializado en servicios de Almacenamiento, Distribución y Transporte para empresas de bienes de consumo masivo, salud y farmacéuticos, tecnología, automotriz y otras industrias. Cuenta con profesionales especializados en el área de operación de centros de distribución, formados en empresas que aplican a los más altos estándares de logística.

VISION : Ser reconocido como el operador logístico líder del mercado, gracias a su capacidad operativa, calidad de servicio y profesionalismo, con presencia nacional e internacional y crecimiento continuo de sus operaciones garantizando la satisfacción total de las expectativas de sus clientes, empleados, accionistas y relacionados.

MISION : Proveer servicios logísticos integrales de la más alta calidad, seguridad, y confiabilidad, generando perennemente soluciones logísticas eficientes que le provean a sus clientes valor agregado, confianza y capacidad de crecimiento continuo.

SERVICIOS Y ACTIVIDADES

1. Almacenamiento Integral: GRUPO 3PL cuenta con más de 150.000 metros cuadrados efectivos de almacenamiento. Sus espacios están optimizados al máximo, ya que disponen de almacenes con alturas superiores a los once (11) metros de altura libre de almacenamiento. Almacenan según la filosofía del almacén -caótico y dirigido- y el diseño de este almacenamiento responde a un análisis de las características de cantidad, volumetría y rotación del inventario que maneja cada cliente. Dentro de este proceso de almacenamiento, ofrecen los siguientes servicios:

- Recepción
- Almacenamiento y Reabastecimiento.
- Selección de Productos “Picking” o Preparación de Pedidos
- Despacho

2. Maquila: GRUPO 3PL tiene gran conocimiento y experiencia para ofrecer los más altos niveles de eficiencia en este importante y complementario servicio de valor agregado. Cuentan con experiencia en: Armado de combos, codificación, etiquetado, empacado y diseño e implementación de cualquier variante de Maquila
3. Cross Docking: Ofrecen el servicio de Acoplamiento Cruzado/ Cross Docking, que no es más que, un sistema de distribución donde las unidades logísticas son recibidas en una plataforma de alistamiento y no son almacenadas sino preparadas para ser enviadas de manera más inmediata.
4. Consultoría Logística: GRUPO 3PL no simplemente replica la operación de sus clientes, sino que también analizan la misma y proponen cambios en el layout del almacén y en los procesos de gestión logística, con el fin de lograr mayores niveles de eficiencia; es por ello que cuentan con un nutrido grupo de expertos en ingeniería logística, los cuales cuentan con las herramientas necesarias para analizar los movimientos de cada SKU y determinar el layout más apropiado para su operación.
5. Logística Inversa: Como Operador Logístico Integral, GRUPO 3PL cubre toda la cadena de suministros del sector al cual pertenezca las empresas de sus clientes, incluyendo la gestión de los flujos de retorno. Es por ello que, todas las empresas que requieren del manejo de unidades retornables, servicios de reparación y mantenimiento, así como recepción de devoluciones en garantía, encuentran en GRUPO 3PL su Aliado de confianza para la ejecución de la logística implícita en esta importante gestión.

SECTORES E INDUSTRIAS DE ATENCIÓN

Grupo 3PL se encuentra en total capacidad para atender “de inicio a fin” toda la cadena de suministro del sector donde las empresas de sus clientes se desempeñan, tales como:

1. Consumo Masivo de Alimentos
2. Salud y Farmacéuticos
3. Tecnología
4. Automotriz

I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día realizar pruebas piloto sin el apoyo de la informática, conlleva altos costos y resultados que podrían ser obsoletos para el momento en que se debe tomar una decisión. Para mitigar estos factores, se emplea una de las técnicas para realizar estudios piloto, con resultados rápidos y a un relativo bajo costo, basada en la simulación (o modelación) de procesos reales productivos o de servicios. El objetivo del modelo de simulación consiste, precisamente, en comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación relevantes del sistema. Éste objetivo se puede aplicar sobre sistemas de servicios logístico, específicamente en el manejo de materiales.

3PL PANAMERICANA C. A. (GRUPO 3PL) presta servicios logísticos “outsourcing” de transporte y almacenaje a diferentes empresas, a través de 13 centros logísticos distribuidos en varias regiones del país. La empresa atiende específicamente a una compañía privada multinacional de tecnología de telecomunicaciones, en un centro de distribución ubicado en Guatire, Estado Miranda.

En el centro logístico se realizan procesos de recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho. Dicho almacén tiene una capacidad de almacenamiento de 4.738,62 m² en racks y 2.207,82 m² a nivel de piso, y posee límites operativos (determinados por la empresa) de recepción y despacho de 7.000 cajas y 400 camiones al mes, respectivamente. Adicionalmente, existen otros procesos aleatorios propios de la operación como: el control perceptivo de la mercancía para la serialización de activos fijos; transferencias de mercancía, en las cuales se moviliza una cantidad de pedidos mayor a la regular; y el manejo de desechos del cliente.

Los artículos manejados por el operador logístico son equipos de redes de alto valor y de diferentes dimensiones, tales como antenas y cableado de proyectos de telecomunicaciones. El centro logístico almacena actualmente una cantidad aproximada de 25.000 de SKU (“stock-keeping-unit”, por su traducción en inglés, o unidad de mantenimiento de existencias).

Para realizar los procesos mencionados, la empresa utiliza principalmente operarios y montacargas (tanto de combustión como eléctricos). Actualmente, la nómina del centro logístico está conformada por 25 personas y se disponen de 6 montacargas.

El cliente alega una baja eficiencia y eficacia en los procesos operativos, específicamente en la configuración de los recursos, por lo que la empresa ha negociado en varias ocasiones el ajuste de dicha configuración para poder adaptarse a los requerimientos del cliente, sin embargo, GRUPO 3PL no cuenta con un estudio de las capacidades operativas que permita justificar la cantidad de recursos empleados dentro del almacén. A su vez, no poseen indicadores adecuados que faciliten la evaluación de los procesos operativos.

Debido a la variabilidad de pedidos y a la configuración de los recursos, tanto la plantilla como los equipos actuales, presentan tiempos de ocio y de sobrecarga de trabajo según la demanda, lo que genera demoras y fallas en los diferentes procesos. Por otra parte, el estrés y fatiga sobre el personal podría acarrear problemas de salud operacional. Estas deficiencias provienen principalmente del desconocimiento de los estándares en los diferentes procesos, lo que obliga a la empresa a operar sin optimizar el uso de recursos y equipos de manejo de materiales.

3PL PANAMERICANA C. A. reconoce la importancia de la situación y de las consecuencias para la empresa y su relación con el cliente. La empresa se encuentra en la búsqueda de estrategias que permitan optimizar la utilización de los recursos en el centro, razón por la cual se ha planteado la ejecución del presente Trabajo Especial de Grado para desarrollar propuestas de mejora sobre la configuración de los recursos empleados en los diferentes procesos operativos con el finalidad de aumentar la eficiencia y eficacia de los mismos. Así pues se plantea la siguiente interrogante:

¿Se podrán realizar mejoras, a partir de modelos de simulación, en la configuración de los recursos de los procesos operativos llevados a cabo en el centro de distribución de la empresa 3PL PANAMERICANA C. A., para alcanzar procesos más eficientes y eficaces?

I.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

I.3.1 Objetivo General.

Diseñar una propuesta de mejora en los procesos operativos de un centro de distribución de una empresa que presta servicios de operador logístico.

I.3.2 Objetivos Específicos.

1. Caracterizar los procesos operativos del centro de distribución, en función de sus objetivos, lineamientos, operaciones, materiales y recursos contemplados.
2. Identificar los criterios de evaluación de los procesos operativos.
3. Diagnosticar la situación actual de los procesos operativos.
4. Formular los indicadores de desempeño de los procesos operativos actuales.
5. Modelar los procesos operativos actuales del centro de distribución.
6. Validar el modelo de simulación de los procesos operativos actuales del centro de distribución.
7. Proponer alternativas de solución a los problemas identificados.
8. Valorar los impactos de las alternativas de solución en el modelo de simulación desarrollado.
9. Evaluar la viabilidad económica de la mejor propuesta seleccionada.

I.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

I.4.1 Alcances

- El estudio de este Trabajo Especial de Grado estará orientado en hacer un análisis y diagnóstico de la situación actual, de los procesos operativos realizados en el centro de distribución de una empresa que presta servicios de operador logístico a una compañía privada multinacional de telecomunicaciones; esto con el fin de detectar cuáles son las fallas o las variables que afectan a dichos procesos en cuanto a su configuración de recursos.
- GRUPO 3PL atiende a la compañía mencionada en un centro de distribución ubicado en Guatire, Estado Miranda.

- El tipo de producto a contemplar en el estudio, está referido a todos aquellos materiales y equipos necesarios para la instalación y desarrollo de proyectos de telecomunicaciones.
- La caracterización de procesos operativos se realizará mediante un proceso de observación y entrevista en el centro de distribución y contemplará:
 - ✓ Procesos de recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho.
 - ✓ Procesos de aleatorios: control perceptivo, transferencias de mercancías y manejo de desechos o scrap.

Esto es con el objetivo de recolectar y organizar la información en tablas comparativas y flujogramas de procesos, lo que llevará a entender con claridad cada uno de los procesos operativos.

- La identificación de criterios de evaluación de los procesos operativos actuales, contempla todos aquellos indicadores de gestión que midan la eficiencia y eficacia de los procesos operativos del centro de distribución.
- El diagnóstico de la situación actual contemplará un estudio de tiempos de las operaciones logísticas que integren los procesos operativos mencionados.
- La formulación de los indicadores de desempeño de los procesos operativos actuales, contempla el cálculo de nuevas capacidades operativas que permitan determinar la eficiencia y eficacia del centro de distribución.
- A partir de la información obtenida, se diseñará mediante el uso de un software de simulación, un modelo de los procesos que permita observar las variables que los afectan y formular escenarios para la detección de oportunidades de mejora. El estudio solo contemplará el diseño del modelo de simulación y el desarrollo de la propuesta de mejora a partir del análisis de escenarios formulados.
- El modelo de simulación a desarrollar contemplará solo aquellos procesos que involucren: tiempos operativos, distancias recorridas, recursos empleados y volúmenes de mercancía movilizados.
- La validación del modelo de simulación permitirá verificar si el mismo se acerca o no, a la realidad de la situación actual de los procesos operativos del almacén.

- La detección de posibles factores improductivos presentes en los procesos operativos, contemplará las causas de retrasos, colas o cuellos de botellas, visualizados en los diferentes escenarios formulados mediante simulación.
- La selección de los escenarios más convenientes, serán considerados como el punto de partida para el diseño de la propuesta de mejora que contemplará:
 - ✓ Configuración óptima de recursos y equipos de manejo de materiales en los procesos operativos y sus nuevas capacidades operativas.
 - ✓ Otros factores importantes y necesarios para el funcionamiento ideal del centro de distribución.
- La evaluación de la viabilidad económica de la propuesta realizada estará enfocada en probar las posibilidades que tiene la empresa de implementar o no las recomendaciones realizadas.
- La realización del Trabajo Especial de Grado no implica la implementación de las propuestas de mejoras, ni la evaluación de los resultados posteriores a la aplicación de la misma.
- El estudio no contempla el análisis de las actividades administrativas ni de aprovisionamiento de la instalación.

I.4.2 Limitaciones

- Debido a la complejidad de la operación a estudiar, existe la posibilidad de requerir una licencia de software de simulación original que permita modelar todos los procesos operativos sin limitaciones de entidades u otras variables.
- El estudio tendrá limitaciones de información debido a las políticas de confidencialidad de la empresa y dependerá de los datos suministrados por esta.
- Existirá la limitante de la variabilidad de demanda de pedidos durante el tiempo de realización del trabajo, lo cual pudiera afectar el muestreo de los datos.
- Existen limitaciones de tiempo y ubicación que probablemente no permitan tener con total precisión los resultados, ya que la accesibilidad al centro de distribución es complicada por su ubicación fuera de Caracas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

II. 1 ANTECEDENTES

Los siguientes trabajos tratan el tema de mejora en los procesos logísticos de un centro de distribución. Se utilizaron, parcialmente, como referencia para el desarrollo de este trabajo especial de grado.

Título	Área de Estudio	Autores y Profesor Guía	Institución y Fecha	Objetivo General
Propuesta de Mejora en la Operación de los Almacenes de un Laboratorio Farmacéutico ubicado en el Sector de Guarenas	Ingeniería Logística	Autores: Bernardo Quintero y Miguel Fuentes. Profesor Guía: Ing. Cesar Pérez	Universidad Católica Andrés Bello (Mayo, 2005)	Proponer mejoras en la operación de los almacenes de un Laboratorio Farmacéutico, ubicando en Guarenas
Propuestas de Mejora en los Procesos Logísticos de un Centro de Distribución de una empresa de tiendas de conveniencias mediante el uso de Técnicas de Simulación	Ingeniería Logística	Autor: Auwlyee Cabrera. Profesor Guía: Ing. Henry Gasparin.	Universidad Católica Andrés Bello (Abril, 2014)	Proponer mejoras de los procesos logísticos de un centro de distribución de una empresa de tiendas de conveniencias mediante el uso de técnicas de simulación
Diagnóstico del Desempeño de los Procesos de Gestión y de las Operaciones Logísticas, desarrolladas en los Almacenes del Sector Consumo Masivo de Alimentos de una Empresa Outsourcing que presta Servicios Logísticos.	Ingeniería Métodos Ingeniería Logística.	Autor: Andrea Mujica. Profesor Guía: Ing. José Guevara	Universidad Católica Andrés Bello (Noviembre, 2016)	Diagnosticar el desempeño de los procesos de gestión y de las operaciones logísticas desarrolladas en los almacenes del sector consumo masivo de alimentos, de una empresa outsourcing que presta servicios logísticos.

Tabla 1. Antecedentes de la Investigación. **Fuente:** Elaboración Propia.

II.2 BASES TEÓRICAS

II.2.1 Glosario de Términos

A continuación, se presentará la definición de una lista de términos importantes, que ayudarán al lector a comprender mejor el significado de algunas palabras claves a lo largo del presente trabajo especial de grado:

1. *Proceso Logístico*: secuencia de operaciones logísticas dispuestas para manipular materias primas, materiales y otros insumos, desde la entrada hasta la salida de un centro de distribución.
2. *Operación Logística*: actividad que consiste en manipular materias primas, materiales y otros insumos para trasladarlos dentro de un almacén.
3. *Almacén*: es un lugar o espacio físico para el almacenaje de bienes dentro de la cadena de suministro.
4. *Paleta*: Es una plataforma portátil que permite agrupar la mercancía en una unidad de carga de fácil manejo a efectos de manipulación, transporte y almacenamiento.
5. *Racks/Estanterías*: es un soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de telecomunicaciones. También son llamados bastidores, cabinas, gabinetes o armarios.
6. *Documento*: hoja de registro en donde se encuentra la lista de mercancía a recibir o a despachar. Está conformado por uno o más localizadores que sirven para encontrar los productos en caso de una preparación de pedidos o de un almacenamiento.
7. *Localizador*: código que da información sobre la ubicación de un determinado producto dentro de las zonas de almacenamiento del centro logístico.
8. *Líneas de Picking*: descripción de los ítems específicos a recolectar en los distintos localizadores. Un localizador puede estar integrado por varias líneas de picking.
9. *Almacenista I*: personal operativo del almacén, que se encarga de realizar la preparación y carga de pedidos.
10. *Almacenista II*: personal operativo del almacén, que se encarga de identificar, chequear, inspeccionar y contar la mercancía entrante y saliente del almacén.
11. *Equipo de Manejo de Materiales*: utensilios manuales o automáticos, que se necesitan para movilizar la mercancía dentro del almacén.
12. *Montacargas*: equipo de manejo de materiales que tiene funcionalidad automática y sirve para trasladar paletas de gran peso.
13. *Tiempo operativo*: período durante el cual se lleva a cabo una operación logística.

14. *Tiempo Estándar*: es el tiempo en que se puede llevar a cabo una tarea cualquiera por una persona bien entrenada en algún trabajo, desarrollando una actividad normal según el método establecido y en donde se incluyan las tolerancias debidas a retrasos.
15. *Factor de Suplementos*: porcentaje que se añade al tiempo básico para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo.
16. *Cuello de Botella*: fase de la cadena de producción más lenta que otras, que ralentiza el proceso de producción global.
17. *Factor Improductivo*: condición o causa que genera los retrasos en el proceso de producción global.

II.2.2 Estudio de Tiempos

El estudio de tiempos es una herramienta para la medición del trabajo utilizada con éxito desde finales del Siglo XIX. A través de los años dichos estudios han ayudado a solucionar multitud de problemas de producción y a reducir costos. Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada considerando las fatigas, las demoras personales y los retrasos inevitables.

Número de Observaciones: En un estudio de tiempos es necesario decidir cuántos ciclos van a ser medidos. Para ello, se debe tener en cuenta que el número de observaciones (N) es función de tres elementos; (a) La variabilidad de los tiempos observados, (b) La precisión o exactitud deseada y (c) El nivel de confianza deseado para el tiempo de trabajo a estimar.

Es posible establecer un tamaño de muestra mediante el uso de métodos estadísticos. Si se usa la media muestral \bar{X} y la desviación estándar muestral S, la distribución normal para una muestra grande lleva al siguiente intervalo de confianza:

$$\bar{X} \pm \frac{zS}{\sqrt{N}} \quad \text{Donde:} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Sin embargo, los estudios de tiempos suelen involucrar sólo muestras pequeñas ($n < 30$); por lo tanto, debe usarse una distribución t. Despejando N se obtiene:

$$N = \left(\frac{t_{n-1; \frac{1+\gamma}{2}} * S}{k\bar{X}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde k es el error permisible o precisión a la que se quiere obtener el estudio

Método de estudio: La técnica usada para el estudio fue la toma de tiempo de cronometraje de vuelta a cero, la cual determina directamente el tiempo necesario para contemplar cada elemento de trabajo. Este método de estudio permite una toma de tiempos más efectiva sin hacer operaciones adicionales de restas sucesivas.

II.2.3 Capacidades Operativas

La capacidad es la tasa de producción que puede obtenerse de un proceso. Esta característica se mide en unidades de salida por unidad de tiempo, y está referida a la cantidad de producto o de servicio que se puede obtener por unidad de tiempo de una máquina, planta o sistema. En el caso de las operaciones logísticas del almacén, la tasa de producción viene dada por:

$$\text{Tasa productiva} = \frac{\text{Unidades Manipuladas (Cajas o Paletas)}}{\text{Horas de operación}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Capacidad Instalada: es el volumen máximo de producción que se puede lograr durante un período de tiempo determinado teniendo en cuenta todos los recursos posibles disponibles. En el caso de un almacén, la capacidad instalada estará referida a la cantidad de unidades que se pueden manipular teniendo todo el recurso de tiempo disponible. Sabiendo que en un día de operación ideal, todo el tiempo que podría disponer la empresa para operar es de 24 horas, entonces se tiene que:

$$\text{Capacidad Instalada} = \text{Tasa Productiva} * \frac{24 \text{ horas}}{\text{Día}} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Capacidad Teórica: es el volumen máximo de producción que se puede alcanzar, teniendo en cuenta sólo los recursos para los cuales fue diseñado el sistema. En el caso de un almacén, la capacidad teórica estará referida a la cantidad de unidades que pueden manipularse teniendo en cuenta los recursos de tiempo que son límites operativos en el centro logístico. Sabiendo que, en un día de operación todo el tiempo que la empresa

podría disponer para operar de acuerdo a las medidas legales, son 8 horas en una jornada de trabajo, entonces, se tiene que:

$$\text{Capacidad Teórica} = \text{Tasa Productiva} * 8 \text{ horas} / \text{Días} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Capacidad Real o Efectiva: es el volumen máximo de producción que puede tener un departamento, sección o unidad de una empresa, teniendo en cuenta: (a) Sólo los recursos para los cuales fue diseñado el sistema, y (b) El tiempo improductivo de operación que viene determinado por un porcentaje de suplementos, los cuales afectan el desempeño del personal encargado de realizar las actividades dentro del almacén.

En el caso de un almacén, la capacidad efectiva de cada actividad logística estará referida a la cantidad de unidades que pueden manipularse teniendo en cuenta: (a) el tiempo máximo de una jornada laboral (8 horas), y (b) el porcentaje de suplementos; tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad Efectiva} = \text{Tasa Productiva} * 8 \text{ Horas} / \text{Día} * (1 - fs) \quad \text{Ecuación (5)}$$

II.2.4 Indicadores de Gestión

Los indicadores de gestión son datos esencialmente cuantitativos, que dan información a la empresa sobre el estado actual de alguna situación en estudio, con relación a un aspecto en particular que se desee conocer. Éstos pueden ser medidas, números, u opiniones que señalen condiciones específicas. Son importantes porque:

- Permiten medir cambios de las condiciones a estudiar a través del tiempo
- Facilitan el estudio rápido de los resultados de iniciativas o acciones
- Son instrumentos valiosos a la hora de orientar cómo se pueden alcanzar mejores resultados en proyectos en desarrollo

II.3 HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS UTILIZADAS

II.3.1 Diagrama de Flujo de Procesos o Flujogramas

Un diagrama de flujo es la representación gráfica de la secuencia cronológica de todas las operaciones que integran un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de las etapas del mismo.

Los símbolos utilizados en este diagrama (los cuales se pueden observar en el Anexo A-1) están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo de actividades. Asimismo, esta herramienta facilita la comprensión de:

(a) Cada actividad y su relación con las demás, (b) El flujo de la información y los materiales, (c) La existencia de bucles repetitivos y (d) El número de pasos que conforman el proceso. Debido a esto, la creación de un Flujograma es una actividad que agrega valor a un trabajo de investigación, pues una vez desarrollado, brindará al investigador información importante en distintas fases de la investigación.

II.3.2 Diagramas de PERT

Los Diagramas o Redes de PERT son una técnica muy útil para seguir el tiempo y los recursos necesarios para completar un objetivo, así como para mantener en perspectiva la secuencia correcta de todas las tareas. Por lo que al representar los procesos de gestión logística de cada almacén en una Red PERT, se podrán observar cual es la secuencia correcta en las operaciones logísticas y cuales son aquellas que representan un retraso dentro del proceso.

Gráficamente, un diagrama PERT consiste en nodos conectados por líneas continuas. Los nodos se denominan eventos, mientras que las líneas se llaman actividades. Al lado de la línea de actividad hay una declaración asignando un valor numérico a la variable "t", la cual representa el tiempo necesario para completar una determinada actividad. En el caso de la Red PERT de un proceso logístico, las líneas representaran las operaciones logísticas y los nodos el inicio y fin de cada una. Este diagrama permitirá observar en qué momento terminan las operaciones, cuánto tiempo se necesita para que terminen y cuales operaciones deben ocurrir antes o después de una actividad en específica.

II.3.3 Diagrama Causa-Efecto

Con el fin de identificar y exponer las principales causas que originan las colas en los procesos operativos del almacén, se utilizó el Diagrama Causa-Efecto, el cual es una herramienta que se emplea para ordenar y representar de forma muy concentrada, todas las causas que afectan a un proceso. Por los resultados que aporta, esta es una

técnica de gran beneficio para los investigadores durante la fase de diagnóstico y solución de problemas. El método consiste en:

1. Definir el **efecto**, el cual es la ocurrencia de un evento o problema no deseable que se debe corregir (cuello de botella o retraso en los procesos). Éste está representado por la “cabeza del pescado”.
2. Identificar las **causas** o factores improductivos que contribuyen a la ocurrencia del efecto mencionado. Estas causas son agrupadas en categorías representadas por las “espinas mayores”, las cuales son unidas a la “espina principal”.
3. Seguir identificando causas que se relacionen con las categorías principales y surjan cada vez que se pregunte el ¿por qué? de la ocurrencia de alguna de ellas.
4. Analizar las causas encontradas de manera crítica en términos de su probable **contribución** a todo el problema.

II.3.4 Matriz de Jerarquización y Selección

Es un gráfico de filas y columnas que permite priorizar las principales causas que inciden directamente en un problema, en función de la ponderación de criterios que afectan a dichas causas. Puede ser utilizada para tomar decisiones más objetivas o con base a criterios múltiples. Su metodología es:

1. Definir las alternativas que van a ser jerarquizadas
2. Definir los criterios de evaluación y el peso de cada uno
3. Construir la matriz
4. Valorar cada alternativa con cada criterio
5. Multiplicar el valor obtenido en el lazo izquierdo de las casillas, por el peso de cada criterio y anotarlo a la derecha de cada casilla.
6. Ordenar las alternativas de mayor a menor.

II.4 HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

La simulación es una técnica experimental que permite analizar el comportamiento de cualquier sistema que opere en el mundo real, imitando en un ordenador su comportamiento según ciertos parámetros o condiciones particulares de

operación, las cuales son restringidas mediante relaciones matemáticas o lógicas, con el fin de facilitar la manipulación y estudio detallado del sistema mencionado.

Por otro lado, utilizar la simulación como herramienta de investigación, otorga los siguientes beneficios:

- Facilita el estudio de sistemas complejos que no se pueden o que no son económicamente rentables de simular en la realidad.
- Permite estudiar y tomar decisiones para resolver un problema en particular.
- Puede modelar las situaciones lo más cercanas a la realidad, aunque sean complicadas.
- Evita costos de errores causados por decisiones basadas únicamente en la intuición.
- Proporciona un control total sobre el tiempo.

Tipo de Simulación: El modelo del almacén que se realizó en este estudio, es del tipo discreto (porque el estado del sistema varía en momentos discretos de tiempo), estocásticos (porque se utilizan distribuciones probabilísticas) y dinámico (porque el tiempo es una variable de interés).

Componentes de la Simulación:

- *Sistema:* conjunto de objetos que relacionados entre sí, contribuyen a un determinado objetivo.
- *Modelo:* Representación de un sistema para su estudio.
- *Entidades:* son el objeto de interés en el sistema.
- *Atributos:* son características o cualidades de las entidades.
- *Recursos:* son representaciones del personal, maquina, espacio y cualquier otro elemento que requiera una entidad para poder realizar una actividad o proceso.
- *Actividad:* es un proceso que tiene relacionado un periodo de tiempo de duración conocido y normalmente también a uno o más recursos relacionados.
- *Filas o Colas:* aparecen justo antes de una actividad en la cual no pueden ingresar más entidades, principalmente por limitaciones de recursos

Pasos para el desarrollo de un modelo de simulación: Según Altiok y Melamed (2007) para realizar un modelo de simulación deben realizarse los siguientes pasos:

1. **Planteamiento del problema:** definir por qué se está haciendo la simulación y qué problemática va ayudar a resolver.
2. **Establecer los objetivos de estudio:** se deben definir las alternativas a considerar, métodos de evaluación, costos, tiempo para realizarlos y los resultados esperados.
3. **Conceptualización del modelo:** en este paso se deben extraer los aspectos esenciales del sistema real.
 - a) Definir las propiedades del sistema que son fijas, (parámetros) y las que no lo son (variables).
 - b) Definir las normas de decisión que son las normas bajo las cuales se observa el comportamiento del modelo.
4. **Obtención o recolección de datos.** Es necesaria la recolección de datos para la estimación de los parámetros de entrada del modelo.
5. **Traducción y Construcción del modelo:** el analista debe especificar cual software utilizara para la realización del modelo.
6. **Verificación del modelo.** Esta fase, asegura de que el modelo se ajusta a su especificación y hace lo que se supone que debe hacer. Se lleva a cabo en gran medida por inspección.
7. **Validación del modelo:** examina el ajuste del modelo para datos empíricos (resultados del sistema real). Un buen ajuste de modelo significa que un conjunto de medidas de rendimiento importantes, predichas por el modelo, coincide o está de acuerdo con sus equivalentes observadas en la vida real.
8. **Diseño y realización de experimentos de simulación:** el analista puede diseñar una serie de experimentos de simulación (corridas) para estimar el desempeño del modelo y ayudar en la solución de los problemas del proyecto.
9. **Análisis de salida:** las medidas de rendimiento estimadas son sometidas a un minucioso análisis lógico y estadístico. Un problema típico es identificar el mejor diseño entre el número de alternativas en competencia.

Software de Simulación: El software que se utilizará en el presente trabajo especial de grado para simular, será el ARENA versión 14, el cual es la herramienta de simulación de eventos discretos y continuos líder a nivel mundial. Los módulos de Arena 14 permiten representar las características que definen el comportamiento de un proceso. En la siguiente tabla se muestran los módulos empleados en el presente estudio:

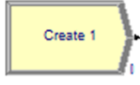


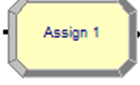



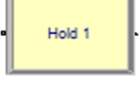
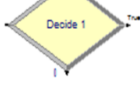

Módulo	Definición	Símbolo	Módulo	Definición	Símbolo
CREATE	Representa la llegada de entidades al modelo		SEPARATE	Se utiliza para duplicar la entidad original o separar entidades previamente agrupadas	
DISPOSE	Representa la salida de entidades del sistema		ASSING	Asigna atributos, variable, dibujos y otros elementos similares a las entidades.	
PROCESS	Es la operación y los recursos que hacen las tareas. Utilizada por entidades		RECORD	Se utiliza para llevar el registro de entidades, atributos o variables del modelo.	
DELAY	Retrasa una entidad por una cantidad de tiempo en específico		HOLD	Toma entidades y las libera bajo una condición	
DECIDE	Distribuye o desvía entidades según un porcentaje o condición.		BATCH	Constituye el mecanismo para agrupar entidades.	

Tabla 2. Módulo Lógicos de Arena 14. *Fuente:* Arena 14.

Cálculo de replicaciones del modelo: Debido a que la naturaleza de los datos de un proceso en la vida real, es aleatoria, algunos de estos valores pueden seguir una distribución probabilística determinada, por lo que es importante generar modelos estadísticos que permitan imitar al sistema real. Para ello, se debe tomar en cuenta el número de replicaciones de la simulación, el cual va a generar resultados más confiables. La fórmula utilizada para el cálculo del número de replicaciones fue la siguiente:

$$N = \left(\frac{Z_p * S}{k * \bar{X}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (6)}$$

II.5 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

II.5.1 Estadística Descriptiva

Medidas de Localización y Dispersión de la Muestra

Media \bar{X}	Mediana \tilde{X}	Cuartiles	Intervalo intercuartílico
Promedio aritmético de los datos $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$	Valor intermedio de los datos, es el valor que representa un acumulado del 50% de los datos	Valores que representan un porcentaje acumulado de datos: Q1: 25%, Q2: 50%, Q3: 75%	Es la diferencia entre el tercer y el primer cuartil IQR = Q3 – Q1
Varianza (S^2)		Desviación Estándar (S)	
Medida relativa a la posición que ocupa la media de la muestra; mientras mayor sea, mayor es la dispersión de la variable alrededor de su media muestral. $S^2 = \overline{X^2} - \bar{X}^2$		Busca medir la concentración de la variable alrededor de su media muestral $S = \sqrt{S^2}$	

Tabla 3. Medidas de Localización y Dispersión. **Fuente:** Elaboración Propia.

Detección y Eliminación de Datos Atípicos

Un valor atípico es un dato que: (a) es considerablemente diferente a los otros datos, (b) se aleja de manera notable de la media muestral y (c) distorsiona la realidad de los resultados. En el presente trabajo de investigación se aplicó el siguiente criterio para eliminar los datos atípicos que puedan existir en la información recolectada:

- *Intervalo de la Media \pm Desviación estándar de los datos ($\bar{X} \pm \sigma$):* en este criterio se calculará lo siguiente:

✓ Límite Superior del Intervalo: $\bar{X} + \sigma$. Límite Inferior del Intervalo: $\bar{X} - \sigma$

El criterio consistirá en detectar y eliminar todos aquellos datos que se salgan el intervalo calculado.

II.5.2 Estadística Inferencial

Prueba de Hipótesis: Una hipótesis estadística es una conjetura o aseveración acerca de: (a) la distribución de una o más variables aleatorias y (b) los parámetros estadísticos entre dos distribuciones probabilísticas normales o no normales.

Las pruebas de hipótesis son un procedimiento de toma de decisiones, relacionado principalmente con la elección entre dos hipótesis, las cuales se conocen como Hipótesis nula (H_0) e Hipótesis alterna (H_1). Para el presente estudio se utilizó esta herramienta en los siguientes casos:

- En la validación del modelo, para comprobar la igualdad entre los parámetros de dos poblaciones (la real y la de simulación).
- En la construcción del modelo de simulación, para determinar y confirmar el ajuste de la distribución probabilista obtenida por el Input Analyzer del software de simulación.

Con el uso de los programas estadísticos computacionales las decisiones con relación a una prueba de hipótesis se basan en el concepto del “P-valor” asociado con la prueba. El P-valor es el menor de significación “ α ” que conduce al rechazo de la hipótesis nula. Se rechazará la hipótesis nula si el P-valor es menor o igual al nivel de significación adoptado por el experimentador. Durante todo el presente estudio se asumió un $\alpha = 0,05$

Pruebas Paramétricas y No-Paramétricas: De acuerdo a la distribución probabilista de la población que se va estudiar, se aplicaran test o pruebas de hipótesis diferentes:

Si la distribución probabilística es normal, se aplicarán “Pruebas Paramétricas” (Pruebas T); por el contrario si la distribución probabilista no es normal, se aplicarán “Pruebas No-Paramétricas” (Prueba Mann-Whitney)

Pruebas de la Bondad del Ajuste: Las pruebas de la bondad del ajuste, son pruebas realizadas para comprobar que una determinada población se ajusta o no a una distribución probabilística. Dónde:

H_0 : Los datos analizados se ajustan a una distribución probabilística “X”

H_1 : Los datos analizados NO se ajustan a una distribución probabilística “X”

El criterio de decisión para el mejor ajuste utilizado en estas pruebas es el siguiente: “Si el p-valor es menor que el nivel de significancia, se rechaza la H_0 ”. Algunas de estas pruebas son la “Chi-Cuadrado” y la “Kolmogorov”.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos que fueron utilizados para el desarrollo de este estudio, con el fin de tener una visión clara de lo que se hizo, por qué y cómo se hizo para lograr los objetivos propuestos.

III.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales (Universidad Pedagógica Experimental Libertados [UPEL], 2006) en su disposición general número siete, establece que: “Los Trabajos de Grado de Especialización y de Maestría y las Tesis Doctorales pueden ser concebidos dentro las siguientes modalidades generales de estudios de investigación: Investigación de Campo, Investigación Documental, Proyectos Factibles y Proyectos Especiales” (Pág. 17).

En vista de lo dicho en el párrafo anterior, y de acuerdo a los objetivos del presente estudio, se puede decir que a lo largo de este trabajo se sigue una modalidad de investigación denominada “Proyecto Factible” o de tipo “Proyectista”, la cual según el manual citado anteriormente, consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta operativamente viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones. El Proyecto Factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas.

Además, según (Hurtado, 2012) “este tipo de investigación intenta proponer soluciones a una situación determinada a partir de un proceso previo de investigación, que implica pasar por los estadios de exploración, descripción, diagnóstico, comparación, análisis, explicación, predicción y propuestas de alternativas de cambio que no necesariamente tengan que ser ejecutadas” (Pág. 248). Dado que luego de caracterizar, describir, explicar y diagnosticar los procesos operativos del centro de distribución que es objeto de estudio, se elaboraran propuestas que contribuyan a mejorar y optimizar la configuración de recursos en el almacén; se considera que el tipo de investigación mencionada se ajusta perfectamente al presente trabajo.

III.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según (Arias, 1997) el diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. Se refiere a dónde y cuándo se recopila la información. De acuerdo a los objetivos de este estudio y a las fuentes de donde se tomarán los datos, se puede decir que se seguirá un diseño de investigación de campo-experimental, ya que la información se recogerá en un contexto natural, es decir directamente en el centro de distribución mencionado, y además, al momento de estudiar las propuestas de mejora, se someterá a un objeto o grupo de individuos a unas determinadas condiciones o estímulos (variables independientes), para poder observar los efectos que éstos producen (variables dependientes).

Por otro lado, de acuerdo a la perspectiva temporal del diseño, se seguirá un diseño contemporáneo-transeccional, ya que se obtendrá información actual y en un único momento del tiempo, con el fin de poder describir y diagnosticar la situación actual de los procesos operativos del almacén que es objeto de estudio.

III.3 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo especial de grado se rige bajo un enfoque de investigación cuantitativo, debido a que el desarrollo del mismo abarca la recolección y el análisis detallado de datos que permite contestar preguntas sobre la investigación de los procesos operativos del almacén, ya que confiando en la medición numérica, el conteo y el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en el centro de distribución, se pueden elaborar propuestas de mejora que permitan encontrar la configuración adecuada de recursos en el mismo.

III.4 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

- **Fase I.** Descripción de la Situación Actual
- **Fase II.** Diagnóstico de la Situación Actual
- **Fase III.** Propuestas de Mejora
- **Fase IV.** Evaluación, Análisis y Selección de la Propuesta de Mejora

III.5 ESQUEMA METODOLÓGICO

A continuación, se muestra el esquema de la metodología a seguir en el presente trabajo especial de grado:

FASE	SUB-FASE	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ESTRUCTURA DEL T.E.G	INFORMACIÓN REQUERIDA	FUENTES CONSULTADAS	HERRAMIENTAS UTILIZADAS
0. Estudio Previo		-	Capítulo I. Descripción del Problema	Síntomas, Causas y Consecuencias de la Problemática en el Centro de Distribución.	Entrevistas a Gerentes Generales de la Empresa y a jefes de almacén.	-
			Capítulo II. Marco Teórico	Antecedentes, Bases Teóricas, Herramientas de métodos y de análisis de datos, etc.	Tesis ya realizadas, Libros, Artículos en Línea, Internet.	-
			Capítulo III. Marco Metodológico	Tipo, Diseño y Enfoque de la Investigación	Manuales de Metodología de la Investigación	-
I. Descripción de la Situación Actual	I.1 Caracterización de los Procesos Operativos	1. Caracterizar los Procesos Operativos del Centro de Distribución, en función de sus objetivos, lineamientos, operaciones, materiales y recursos contemplados	Capítulo IV. Descripción de la Situación Actual	- Layout, Características, y Capacidad de almacenamiento del Centro de Distribución, - Descripción de los procesos operativos del almacén, - Cantidad de Recursos necesarios para realizar las Operaciones Logística, entre otros.	- Manuales de Operación, - Entrevistas a Jefes y Supervisores de Almacén, - Observación en las Visitas al Centro de Distribución - Políticas de la Empresa	Tablas Comparativas, Flujogramas de Procesos
	I.2 Identificación de los Criterios de Evaluación Actuales	2. Identificar los Criterios de Evaluación de los Procesos Operativos		Indicadores de Gestión de los últimos meses.	- Datos Históricos de los Indicadores de Gestión, - Entrevistas con los analistas comerciales	Microsoft Excel, Tablas Comparativas, Gráficos
II. Diagnóstico de la Situación Actual	II.1 Estudio de Tiempos	3. Diagnosticar la Situación Actual de los Procesos Operativos	Capítulo V. Diagnóstico de la Situación Actual	Información consultada en el Marco Teórico y Tamaños de Muestra.	Visitas al almacén y toma de tiempos de los procesos.	Microsoft Excel
	II.2 Cálculo de las Capacidades Operativas			Tiempos Operativos Actuales	Fase II.1 Estudio de Tiempos	
	II.3 Identificación de los Factores Improductivos			Tiempos Operativos actuales	- Fase II.1 Estudio de Tiempos - Información del marco teórico	Diagramas de PERT, Diagrama de Causa-Efecto, Matriz de Jerarquización
	II.4 Análisis de la Utilización Actual de los Recursos	5. Modelar los Procesos Operativos Actuales del Centro de Distribución		Descripción y Tiempos de los procesos operativos y su ajuste probabilístico a alguna distribución.	- Fase I.1 Caracterización de los Procesos Operativos, - Fase II.1 Estudio de Tiempos	Herramienta Informática de Simulación Arena, Pruebas de Hipótesis
		6. Validar el Modelo de Simulación de los Procesos Operativos Actuales del Centro de Distribución		- Datos históricos de recepciones y despachos - Resultados de la simulación	- Bitácoras de Recepción y Despacho de la Empresa, - Información sobre pruebas de hipótesis	
III. Propuestas de Mejora	III.1 Propuestas Operativas	7. Proponer Alternativas de Solución a los Problemas Identificados	Capítulo VI. Diseño de las Alternativas de Mejora	- Cuellos de Botella en los procesos (causas). - Análisis de la Utilización actual de los recursos	- Fase II.3. Identificación de los Factores Improductivos - Fase II.4. Análisis de la Utilización Actual de los Recursos	Herramienta Informática de Simulación Arena
	III.2 Propuestas Configuración de Recurso			Capacidades Operativas calculadas	Fase II.2. Cálculo de las Capacidades Operativas	-
	III.3 Propuestas Criterios de Evaluación	4. Formular los Indicadores de Desempeño de los Procesos Operativos				
IV. Evaluación, Análisis y Selección de la Propuesta de Mejora	IV.1 Análisis Técnico	8. Valorar los Impactos de las Alternativas de Solución en el Modelo de Simulación Desarrollado	Capítulo VII. Evaluación, Análisis y Selección de la Propuesta de Mejora	Resultados de las propuestas realizadas	- Fase III. Propuestas de Mejora	Microsoft Excel, Tablas Comparativas, Gráficos
	IV.2 Análisis Económico	9. Evaluar la Viabilidad Económica de la Mejor Propuesta Seleccionada		Costos asociados a los recursos	Modelo económico de la empresa	Microsoft Excel, Tablas Comparativas, Gráficos, Métodos de Análisis Económico
	IV.3 Selección de la Propuesta			Análisis Técnico – Económico de las propuestas realizadas	- Fase IV.1 Análisis Técnico - Fase IV.2 Análisis Económico	

Tabla 4. Esquema Metodológico. Fuente: Elaboración Propia

III.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos permite definir de forma técnica los métodos para adquirir y procesar información en las diferentes fases de la investigación. En el presente estudio se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

- Caracterización de los procesos:
 - ✓ Observación directa de los procesos operativos del almacén: permite al investigador conocer y captar la realidad que rodea el problema para así definir elementos importantes (Tamayo, 2001).
 - ✓ Entrevistas al personal: forma específica de interacción social. El investigador se sitúa frente al investigado y le formula preguntas, a partir de cuyas respuestas habrán de surgir datos de interés (Sabino, 1992).
- Estudio de Bases de datos históricos de los Indicadores de gestión.
- Construcción del modelo de simulación y diagnóstico de la situación actual:
 - ✓ Toma de tiempos de las operaciones logísticas
 - ✓ Estudio de Bases de datos históricos de la frecuencia de: (a) Recepciones y Despachos de mercancía y (b) Órdenes de preparación de perdidos.

III.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para una investigación cuantitativa, Sampieri (2010) expresa que el análisis de datos debe seguir un enfoque estadístico, en donde, en primer lugar, la data debe ser tabulada, organizada y depurada antes de realizar los análisis. Debido a esto, todos los datos recolectados en esta investigación se organizarán antes de analizarlos estadísticamente. Tanto los datos obtenidos en la toma de tiempos, como las bases de datos históricos (frecuencias) seguirán el siguiente procedimiento:

1. Agrupación y orden de datos con Microsoft Excel
2. Detección y eliminación de datos atípicos con Microsoft Excel, Minitab V17 e IBM SPSS V20.
3. Ajuste probabilístico para el modelo de simulación con el Input Analizar de Arena 14. Análisis Inferencial con IBM SPSS V20.

SECCIÓN CENTRAL

CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Tal y como se mencionó anteriormente, 3PL PANAMERCANA, C.A. es una empresa que funciona como operador logístico y se encarga de un conjunto de operaciones y actividades referentes a la distribución, preparación y almacenamiento de productos de distintos sectores industriales y que representan el comercio venezolano.

Es por ello, que a continuación se describen los procesos logísticos que se llevan a cabo en el centro de distribución de una compañía referente al sector de telecomunicaciones, el cual es objeto de estudio de esta investigación y que, además, representa el punto de inicio para elaborar las propuestas de mejoras que se pueden implementar en este almacén.

IV.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS

3PL PANAMERICANA, C.A., presta servicios logísticos outsourcing de transporte y almacenaje a una compañía privada multinacional de tecnología de telecomunicaciones (Huawei Technologies Co.) desde agosto 2015, en un Centro de Distribución denominado “Transbel”, ubicado en la Zona Industrial Sur de Guatire, Edo. Miranda. En este almacén se llevan a cabo operaciones de otras empresas, por lo que no toda la ocupación del mismo es destinada para las actividades logísticas de Huawei Technologies Co. A continuación, se muestran las características referentes al espacio del almacén que es utilizado para esta compañía:

- Altura máxima de almacenamiento: 12 metros
- Área total del Centro de Distribución: 11.840 metros cuadrados
- Área de ocupación de Huawei Technologies: 3.500 metros cuadrados
- Andenes: 4 muelles nivelados para carga/descarga de mercancía
- Tipo de Operación: Case In + Pallet In – Case Out.
- Sistema de Inventario: Almacenamiento Caótico, despachado por proyectos de telecomunicaciones.

En las siguientes tablas y figuras se pueden observar la descripción de las zonas del almacenamiento y el área de ocupación de Huawei Technologies Co señalada:

ZONA			DESCRIPCIÓN	ÁREA
Área Operativa	Zona de Recepción y Despacho		Es una zona compartida en donde se desarrollan procesos de recepción y despacho, en donde se encuentran: * Los 4 andenes de carga/descarga de mercancía, en los cuales las 4 puertas tienen doble funcionalidad, pueden recibir o despachar mercancía cuando sea necesario. * Staying de Recepción/Despacho que funciona como área para operaciones de auditoría, escaneo, identificación, conteo y chequeo de mercancía antes de ingresarla o despacharla al almacén. * 3 Escritorios con computadora en donde se carga información al sistema de la recepción o despacho de mercancía.	180 m ²
	Staying de Preparación		Es una zona compartida en donde la mercancía reposa en espera para ser almacenada luego de ser recibida, o reposa en espera para ser despachada luego de preparar los pedidos.	660 m ²
	Zona de Almacenamiento	Racks Convencionales	Zona compuesta por 8 Racks convencionales de 5 y 7 Niveles de altura, en donde se almacenan cajas y equipos de medio y gran tamaño	1.400m ²
		Piso	Zona de almacenamiento a piso (techado), en donde se almacenan objetos de gran tamaño.	850 m ²
		Shelving	Zona delimitada e identificada en un espacio encerrado, en donde se guardan cajas y objetos de menor tamaño y valor en racks sencillos. Está conformada por 220 estanterías simples.	260 m ²
		Jaula	Zona delimitada e identificada dentro la <u>zona de Shelving</u> , en un espacio cerrado y custodiado, en donde guardan objetos de gran valor en racks sencillos	40 m ²
Patio y Exterior		Zona de almacenamiento a piso, en donde se almacenan objetos de gran tamaño.	170 m ²	
Área de Oficinas	Oficinas Administrativas		Es una zona en donde se llevan a cabo todas las actividades administrativas que son de apoyo a los procesos operativos en el almacén.	
	Oficinas Operativas		Es una zona ubicada en la zona de almacenamiento en la cual existe un personal encargado de llevar el control de pedidos y almacenamiento de mercancía. También llevan los procesos relacionados con el control de inventarios.	

Tabla 5. Descripción de las Zonas del Centro de Distribución. **Fuente:** Elaboración Propia

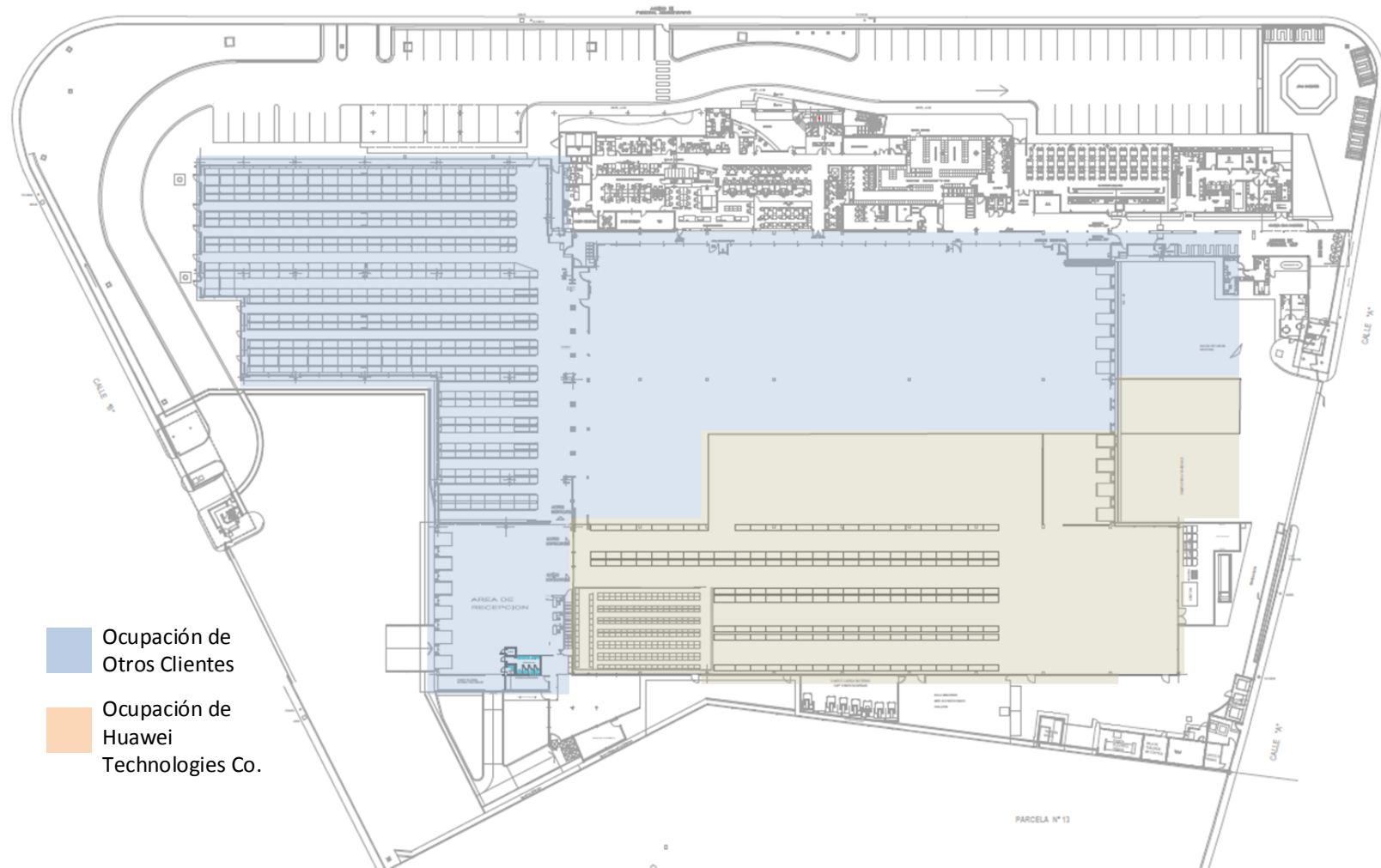


Figura 1. Layout del Centro de Distribución Transbel. Señalización de la Ocupación de Huawei Technologies Co. **Fuente:** 3PL PANAMERICANA C. A

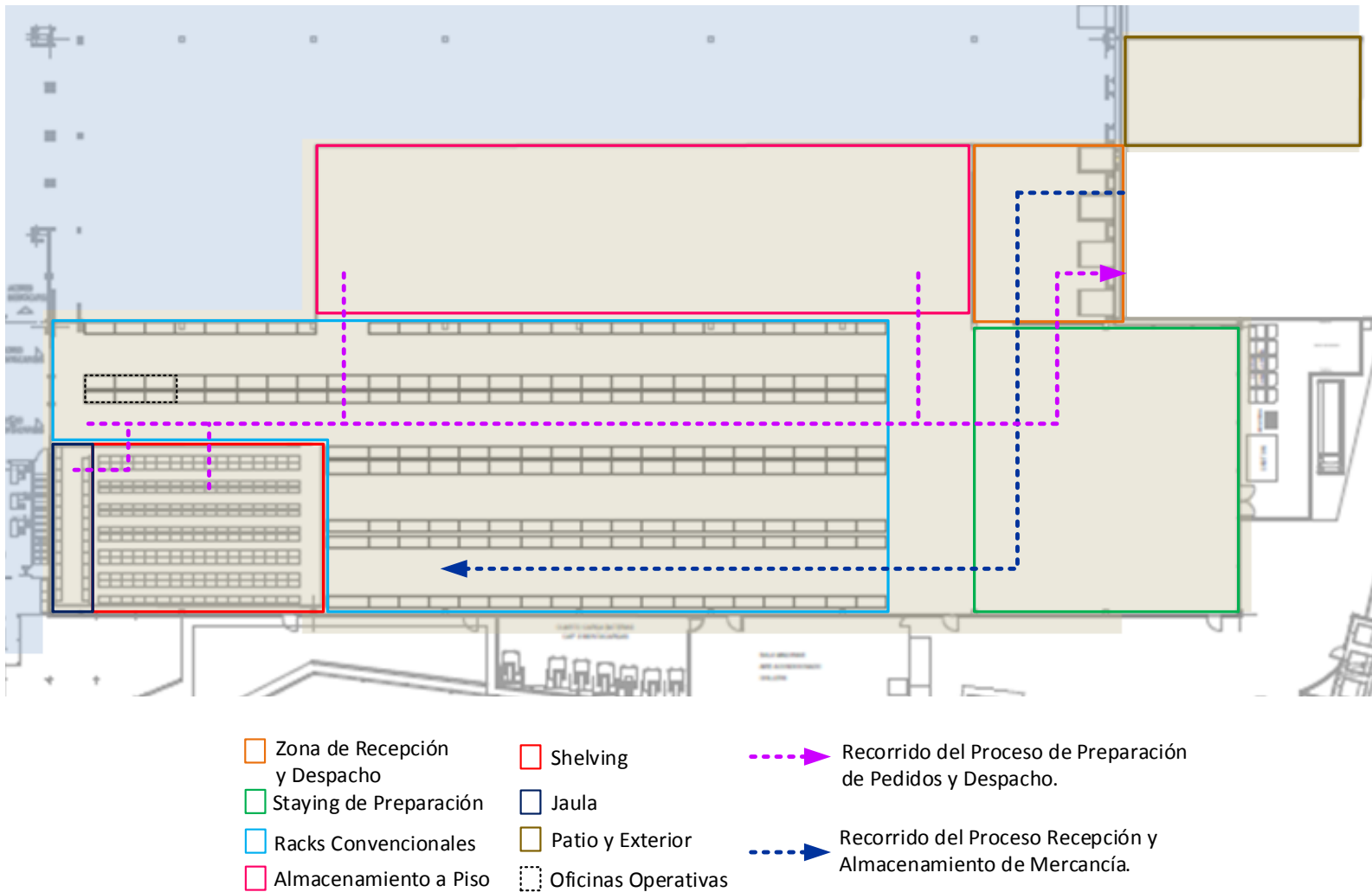


Figura 2. Zonificación de la Ocupación de Huawei Technologies Co. en Transbel y Representación de los Flujos de Recorrido correspondientes a los Procesos Operativos. **Fuente:** 3PL PANAMERICANA C.A.

Descripción de Procesos

Los procesos y operaciones logísticas que la empresa desarrolla en Transbel para prestar los servicios requeridos por Huawei Technologies Co. son los siguientes:

PROCESO LOGÍSTICO	OPERACIÓN		RECURSOS NECESARIOS	DESCRIPCIÓN
Recepción de Mercancía	1. Verificación del Vehículo		* Almacenista II * Cámara Fotográfica * Formatos * Bolígrafo.	Una vez que el camión llegue al andén de descarga correspondiente, el almacenista II revisará que el precinto se encuentre en buen estado, tomará fotografías y anotará los números del mismo en el acta de recepción. Luego cortará el precinto con una piqueta y tomará fotografías de la mercancía antes de ser descargada.
	2. Descarga	A Granel	* Almacenista I * Montacarguista	El almacenista I buscará una paleta vacía y empezará a descargar las cajas del camión para después paletizarlas.
		Paletizada	* Montacargas eléctrico	El operador de montacargas descargará las paletas del camión.
	3. Traslado de la paleta hasta la zona de chequeo		* Montacarguista * Montacargas eléctrico	Una vez la mercancía esta descargada, el operador de montacargas trasladará la mercancía a la zona de chequeo, la cual se encuentra frente los escritorios ubicados en la zona de recepción y despacho.
	4. Desglose de Mercancía		* Almacenista II * Formatos * Bolígrafo * Marcadores	El almacenista II se encargará de separar las cajas cerradas y las cajas abiertas, para organizarlas por recepción.
	5. Auditoría de Mercancía			El almacenista II se encargará de realizar conteos de verificación del producto y verificará el estado de la mercancía, en caso de existir roturas y averías en la misma, la apartará y la enviará a la zona de averías. Luego anotará su reporte en el acta de recepción.
	6. Tratado de Cajas Abiertas			A las cajas abiertas, se les validará el contenido de ítems con respecto a su etiqueta, en caso de algún error lo corregirá y cerrará la caja con tirro de embalaje. Luego anotará su reporte en el acta de recepción.
	6. Asignación de Localizadores		* Especialista de Recepción * Packing List * Computadora con sistema CES	Una vez que todas las cajas estén auditadas, cerradas y con sus etiquetas de contenido actualizadas, el especialista de recepción cargará en el sistema la “Packing List”, la cual es una lista con información sobre la mercancía recibida. Luego activará los Equipos de Escaneo RF e imprimirá las etiquetas con los localizadores de la mercancía, para entregarlos al almacenista II.
	7. Escaneo e Identificación de Mercancía		* Almacenista II * Equipo RF	El almacenista II escaneará la mercancía con el RP y pegará las etiquetas con los localizadores a la misma.

	8. Traslado de la Mercancía hasta el Staying de Preparado.		* Montacarguista * Montacargas eléctrico	Una vez que la mercancía está identificada con su localizador correspondiente, el operador de montacargas trasladará la misma al Staying de Preparado, para que ésta espere ser almacenada y así se despeje la zona de recepción para otras recepciones o despachos.
Almacenamiento de Mercancía	1. Traslado de la mercancía hasta su ubicación.		* Almacenista I * Montacargas eléctrico	El Montacarguista en conjunto con el almacenista I, se trasladarán hacia los distintos localizadores de mercancía para almacenarla.
Preparación de Pedidos	1. Traslado a la zona de Picking	Racks Convencionales	* Supervisor de Almacén * Almacenista I (Pickeador) * Montacarguista * Montacargas Eléctrico * Jaula para elevación * Equipo de Protección personal * Lista de Picking * Equipo de escaneo	Una vez que las órdenes de pickeo (Picking List) son recibidas, el Supervisor de Despacho formará equipos conformados por: (a) Un Almacenista I, (b) Un Montacarguista y (c) Un Montacargas, para que se encarguen de completar la preparación de cada lista. Luego de asignar a cada equipo una picking list, el Montacarguista trasladará al Almacenista I en una Jaula para Montacargas, a los distintos localizadores o destinos en donde se encuentren las líneas de pickeo o ítems a pickear de cada lista.
		Shelving Y Jaula		
		Piso		
		Patio y exterior		
	2. Picking	Cajas Completas	* Almacenista I * Montacarguista * Montacargas Eléctrico * Jaula para elevación * Equipo de Protección personal * Lista de Picking * Equipo de escaneo	Al momento de llegar a un localizador, el almacenista I puede encontrarse con tres tipos de líneas de pickeo o picking que puede realizar, los cuales son: - Cajas Completa, significa que va buscar en el localizador el número de caja o unidad correspondiente y la tomará para colocarla en la jaula.
		Cajas Parciales		- Cajas Parciales, En este caso el almacenista I tiene que extraer una determinada cantidad de ítems de una caja, por lo que debe abrir la misma, buscar lo que necesite y cerrarla de nuevo con cinta adhesiva.
		Cables		- Cables, En este caso el almacenista I tiene que revisar el cable a tomar, verificar que las puntas de los mismos estén en buen estado y marcar el metraje de cables que necesita. Además debe actualizar en el RF la cantidad de cable que quedará disponible.
	3. Traslado al Staying de Preparado.		* Almacenista I * Montacarguista * Montacargas Eléctrico	Luego que la picking list esté preparada, el Montacarguista llevará al almacenista I y a la mercancía recogida al Staying de Preparado, donde la misma pasará por procesos auxiliares y esperará a ser despachada.
	Procesos de Apoyo	Corte de Cable	* Herramientas (Cinta adhesiva, piqueta, espátula, etc.) * Almacenista I	Es posible que la mercancía tenga que pasar por procesos de apoyo para terminar con la preparación de pedidos solicitada, los cuales son: - Corte de cable, en caso de ser necesario, el almacenista cortará los metrajes de cables necesarios para el pedido y almacenará el sobrante. - Extracción de Equipos, en algunas órdenes existe un proceso que consiste en extraer unidades de cajas o cajones de gran tamaño que están sellados, por lo que el almacenista I debe abrir la caja con herramientas especiales, extraer la unidad y volver a sellar la caja.
		Extracción de Equipos		

Despacho de Mercancía	1. Auditoria y Conteo de Mercancía	* Cámara fotográfica * Formatos de auditoria * Almacenista II	Luego que la mercancía se encuentre en el Staying de preparado, el almacenista II tomará fotografías a cada ítem o línea de pickeo y realizará un conteo de mercancía a ciegas que consiste en anotar todos los productos recolectados, para luego constatar con el supervisor que realmente esa es la cantidad de mercancía requerida para el pedido.
	2. Escaneo de la mercancía	* Almacenista II * Equipo para escanear	Seguidamente, el especialista de recepción configurará y entregará al Almacenista II los equipos de escaneo para que éstos escaneen cada una de las líneas de pickeo o ítems recolectados para cada pedido.
	3. Reempaquetado de Mercancía (Repack)	* Cajas Vacías * Cinta Adhesiva * Almacenista II	Para mejor manejo de la mercancía, el almacenista II agrupará todos los productos recolectados en cajas más grandes y las sellará.
	4. Identificación de Mercancía	* Habladores y etiquetas * Cinta Adhesiva * Almacenista II	Después, el especialista de despacho cargará al sistema la cantidad de bultos o cajas en las que fueron empacados y generará las etiquetas para cada bulto, así como los habladores que identifiquen la cantidad de cajas en las que este contenido el pedido. Seguidamente el pedido quedará en espera hasta que llegue el camión correspondiente para llevárselo o hasta que los andenes de Carga/Descarga estén libres.
	5. Traslado de la mercancía al Staying de Despacho (Andén)	* Montacarguista * Montacargas Eléctrico	Una vez que el camión correspondiente haya llegado al centro de distribución y que los andenes de carga/descarga estén desocupados, el supervisor dará la orden al Montacarguista para que traslade el pedido que corresponde al andén indicado.
	6. Control de Salidas	* Almacenista II * Equipo para escanear * Transportista	Continuando el proceso, el almacenista II volverá a escanear las etiquetas de los bultos pertenecientes al pedido, esto es con el fin de cambiar su status en el sistema de “espera” a “despachado”. Además, el transportista realizará un conteo de verificación de la mercancía que lleva y firmará los documentos de despacho al supervisor.
	7. Carga de Mercancía	* Almacenista I * Montacarguista * Montacargas eléctrico	Finalmente, el almacenista I con la ayuda del Montacarguista, estibar la mercancía manualmente bulto a bulto al camión.

Tabla 6. Descripción los procesos operativos desarrollados en el Centro de Distribución “Transbel” para prestar servicios a Huawei Technologies Co. **Fuente:** Elaboración Propia

A continuación, se presentan los esquemas de procesos que señalan las operaciones descritas en la tabla 8, esto con el fin de brindar al lector un mejor entendimiento de la secuencia en las actividades del centro logístico:

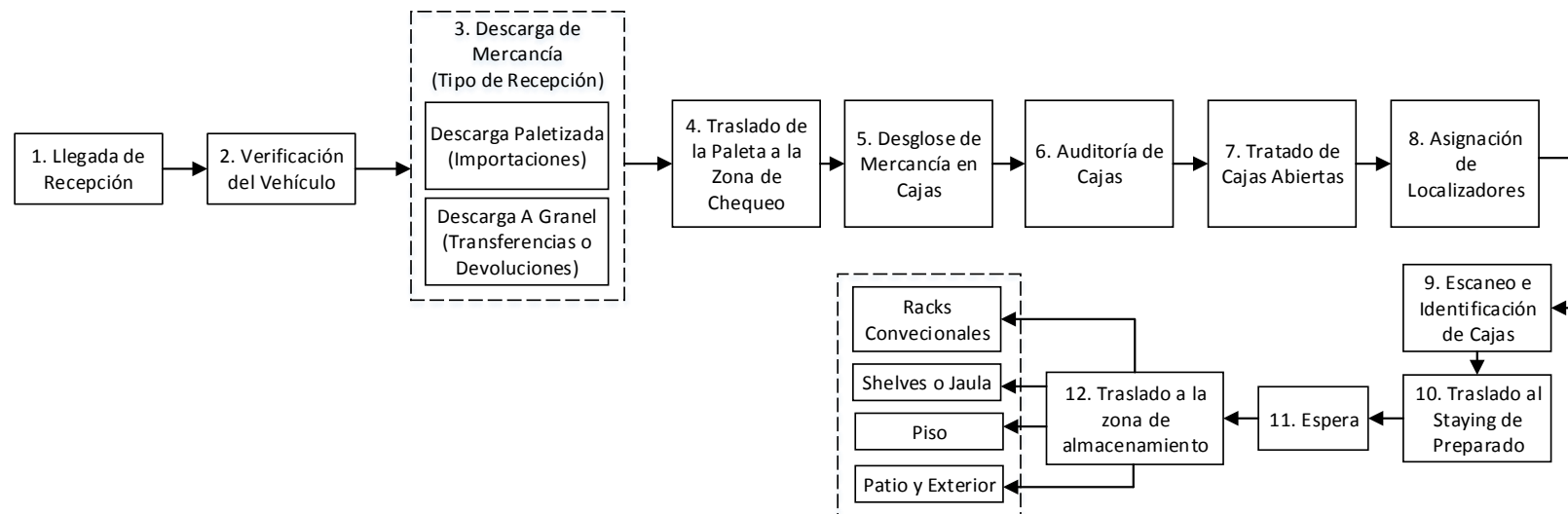


Figura 3. Esquema de los Procesos de Recepción y Almacenamiento de Mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

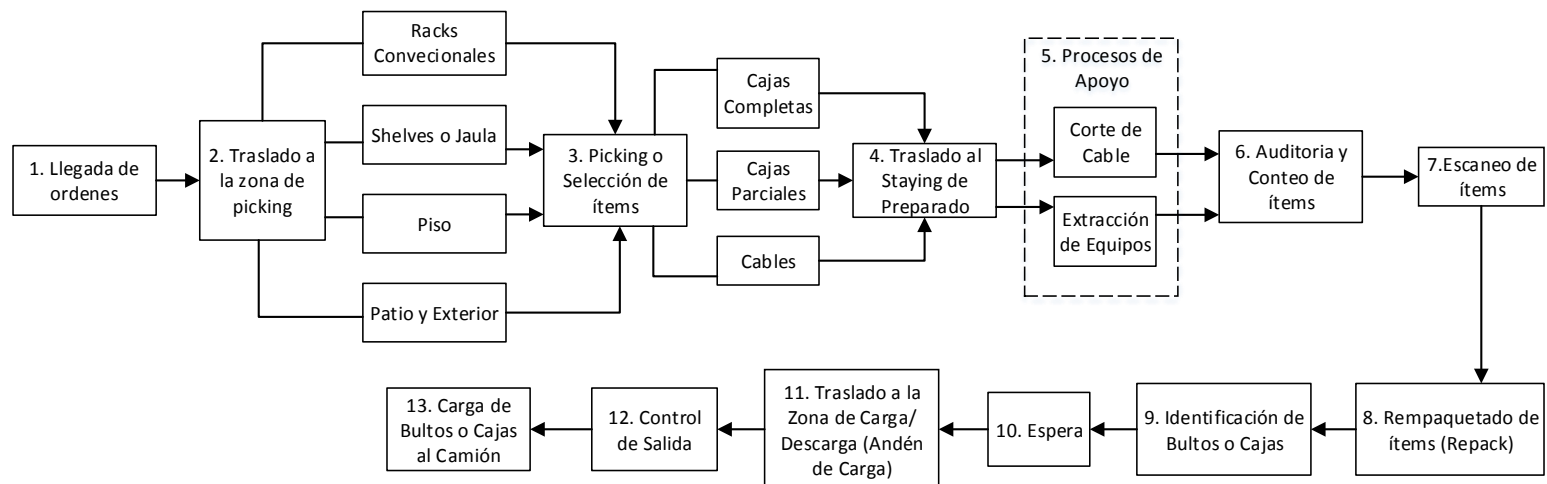


Figura 4. Esquema de los Procesos de Preparación de Pedidos y Despacho de Mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

Tal como se mencionó anteriormente en los alcances de esta investigación, existen procesos aleatorios dentro del centro logístico que involucran una utilización de recursos importantes y que son necesarios para cumplir con los requerimientos de Huawei Technologies Co., éstos se presentan a continuación:

PROCESO AUXILIAR	TIPOS	DESCRIPCIÓN
Auditorias	Auditorías a las Recepciones llamadas "Importaciones" (Control Perceptivo)	Existe un tipo de recepción denominado "Importaciones", en el que es necesario que los clientes de Huawei Technologies Co. (Movistar, Cantv, Molvinet, etc.) verifiquen la mercancía entrante al almacén y la declaren como activos fijos propios del cliente. Requiere el despliegue de mercancía en un lugar amplio como la zona de almacenamiento a piso y la identificación de la mercancía con etiquetas que señalen "activos fijos del cliente". Este proceso ocurre cada vez que se reciba una recepción del tipo mencionado y puede ocurrir al llegar la mercancía al almacén o después, en el momento de la recepción o una vez que la misma se encuentre almacenada.
	Auditorias Programadas de Clientes de Huawei Technologies Co.	Con una determinada frecuencia, los clientes de Huawei Technologies Co. Programan visitas al almacén para verificar la existencia de una cierta cantidad de equipos. Este proceso requiere la movilización y recorrido de los representantes del cliente en las zonas de almacenamiento en donde se encuentre ubicados sus equipos.
	Auditoria de Despachos llamados "Transferencias"	Existe un tipo de despacho denominado "Transferencias de mercancía", las cuales involucran una numerosa cantidad de líneas de pickeo o ítems, se diferencian de los demás despachos porque en ésta se despacha una gran cantidad de mercancía. Este proceso requiere que los clientes de Huawei Technologies Co. visiten el almacén antes del despacho, con el fin de verificar el estado de la mercancía que será trasladada a sus instalaciones. Ocurren cada vez que se solicita una transferencia y luego de que el pedido ha sido preparado; por lo general se desarrolla en el Staying de preparado o en la zona de almacenamiento a piso, y el tiempo que tarde en visitar el cliente el almacén, es una de las razones de espera en la que la mercancía preparada se detiene en las zonas mencionadas.
Despachos de material de Desecho (SCRAP)	Único	Debido a que el despacho de mercancía se realiza por proyectos de telecomunicaciones para clientes de Huawei Technologies Co., existe material sobrante que se convierte en desecho para el cliente y que no tiene utilidad para proyectos futuros. Con una determinada frecuencia, Huawei Technologies Co. solicita al operador logístico que recolecte los ítems considerados "obsoletos", los desglose o separe, los pese y los prepare para ser desechados para la empresa (Huawei). Este proceso ocurre durante varios días y ocupa áreas como la zona de preparado y la zona de carga/descarga de mercancía. Requiere, además, que se escaneen los ítems "obsoletos" para actualizar el sistema.

Tabla 7. Descripción los procesos auxiliares desarrollados en el Centro de Distribución "Transbel" para prestar servicios a Huawei Technologies Co. **Fuente:** Elaboración Propia

Tipo de Actividades

Por otro lado, es importante señalar que 3PL PANAMERICANA C.A. organiza los procesos operativos (recepción, preparación de pedidos y despacho) en documentos serializados con letras diferentes dependiendo del tipo de proceso que se esté realizando. Un documento es un registro de la mercancía que se está manipulando en un proceso determinado; en el caso de una preparación de pedidos, el documento es la llamada “Picking List” o “Lista de Pickeo”, la cual está conformada por “Localizadores” o ubicaciones en las zonas de almacenamiento en donde se encuentra la mercancía a recolectar. Cabe destacar que un localizador puede estar conformado por una “línea de pickeo” o más, la cual refleja el ítem específico a recolectar en esa ubicación.

A continuación, se presenta una tabla con todos los tipos de actividades o transacciones que se llevan a cabo en el Transbel para prestar servicios logísticos a Huawei Technologies Co.:

PROCESO	TIPOS			SIMBOLO DOCUMENTO	DESCRIPCION
Recepción de Mercancía	Importaciones (Paletizadas)	Externas	Direct to Customer	IHVE	Recepción de material de proveedores externos. Este material puede ser entregado directamente a los clientes de Huawei, o puede ser utilizado para preparar pedidos en forma de proyectos
			Inboud		
		Locales	Local PO	ILVE	Recepción de material de proveedores locales o nacionales.
			Local PL		
	Devoluciones (A granel)	RN		RVE	Son un tipo de recepción en la que los clientes de Huawei, devuelve la mercancía
		Miss In		MIVE	
Preparación y Despacho de Mercancía	Proyectos	DN	Proyectos	DVE	Son un tipo de despacho constituido por una determinada cantidad de ítems que engloban un proyecto.
			Prestamos	CVE	
	Transferencias	Único		TVE	Son un tipo de despacho en el que el cliente de Huawei desea trasladar una gran cantidad de mercancía a sus instalaciones, la cantidad de localizadores y líneas de pickeo es superior en comparación a los despachos normales
	Movilizaciones	Miss Out	Return to China	MOVE	Consisten en un tipo de despacho dedicado a liberar el almacén de mercancía que no se utilizará para formar otros proyectos de telecomunicaciones
			Ajuste de Inventario		
			SCRAP		

Tabla 8. Tipos de Actividades desarrolladas. **Fuente:** Elaboración Propia

Flujograma de Procesos

Una vez descritos los procesos operativos del centro de distribución, en el Anexo A-2, se pueden observar los flujogramas de procesos de “Recepción y Almacenamiento de Mercancía” y “Preparación de Pedidos y Despacho de Mercancía”. Cabe destacar, que cada una de las actividades colocadas se le clasificó de acuerdo a: Operaciones, Inspecciones, Traslados, Demoras y Almacenamientos. A continuación, se puede observar la cantidad de cada tipo de actividad presente en los procesos mencionados:




PROCESO OPERATIVO LOGÍSTICO	CLASIFICACIÓN				
					
1. Recepción y Almacenamiento de Mercancía	7	41	6	14	1
2. Preparación de Pedidos y Despacho de Mercancía	10	37	5	11	0
TOTAL	17	78	11	25	1

Tabla 9. Clasificación de las actividades desarrolladas en el Centro de Distribución “Transbel”. **Fuente:** Elaboración Propia

Estándares de Capacidades Efectivas Actuales

Actualmente, 3PL utiliza los siguientes parámetros para dimensionar y determinar los recursos que son necesarios en la operación de almacenaje y distribución, que se lleva a cabo en el centro de distribución de Transbel:

Proceso Operativo	Operación	Recursos Necesarios		Capacidad Efectiva	Unidades
		Personal	Equipo MM		
Recepción y Almacenamiento de Mercancía	Descarga a Granel - Paletizado	Almacenista I	S/E	150	Cajas/HH
	Descarga Paletizada	Montacarguista	Montacargas	15	Paletas/H
	Chequeo - Recepción	Almacenista II	S/E	1.000	Cajas/HH
	Almacenaje - Montacargas	Montacarguista	Montacargas	15	Paletas/H
Preparación de Pedidos	Selección en Cajas	Almacenista I	S/E	200	Cajas/H
	Movilización en Paletas	Montacarguista	Montacargas	15	Paletas/H
	Transporte a Staying	Almacenista I	Montacargas	15	Paletas/H
Despacho de Mercancía	Chequeo - Despacho	Almacenista II	S/E	1.000	Cajas/HH
	Carga Granel	Almacenista I	S/E	250	Cajas/HH
	Carga Paletizada - Montacargas	Montacarguista	Montacargas	16	Paletas/H

Tabla 10. Capacidades Efectivas utilizadas por la empresa para dimensionar. **Fuente:** 3PL PANAMERICANA C.A.

Recursos y Plantilla de Personal Actual

Asimismo, 3PL PANAMERICANA C.A utiliza los siguientes recursos para prestar los servicios logísticos requeridos por Huawei Technologies Co:

Recurso/Personal	Cantidad	Condición	Descripción
Gerente de Almacén	1	General	Se encarga de supervisar que todas las operaciones logísticas y administrativas del centro logístico se lleven a cabo correctamente
Especialista	1	Compartido	Es un personal compartido ya que, dependiendo del proceso, puede ser especialista de recepción o especialista de despacho. Se encarga de manejar el sistema informático que controla el almacén.
Supervisor de Almacén	2	Compartido	Es un personal compartido que se encarga de garantizar el buen funcionamiento de la parte operativa del almacén, puede estar presente en la recepción o despacho de mercancía. Uno de los Supervisores es "General" y otro puede ser de "Recepción" o "Despacho", dependiendo del proceso que se lleve a cabo.
Operador de Montacargas (Conductor)	2	Compartido (Operativo)	Es un personal compartido que se encarga de conducir el montacargas para movilizar mercancía dentro del almacén. Puede ser utilizado en: (a) la recepción, (b) en el almacenamiento, (c) en la preparación de pedidos, (d) en el despacho y (e) en las auditorías
Almacenista I (Pickeador)	2	Compartido (Operativo)	Es un personal compartido que se encarga de: (a) pickear la mercancía en la preparación de pedidos, (b) Cortar cables, (c) Extraer equipos, y (d) descargar o cargar la mercancía en los procesos de recepción o despacho.
Almacenista II	2	Compartido (Operativo)	Es un personal compartido que se encarga de: (a) Auditar y contar la mercancía para la recepción o despacho, y (b) Identificar y Escanear la mercancía (recepción y despacho)
Montacargas	4 (E) 2 (G)	Compartido (Operativo)	Equipo de manejo de materiales utilizado en: (a) la preparación de pedidos, (b) el almacenamiento de mercancía y (c) en la descarga/carga de mercancía.
Herramientas de Apoyo		Compartido	Son herramientas de apoyo: (a) los equipos RF para el escaneo, (b) Piquetas para abrir cajones, precintos o cortar cables, (c) Cinta adhesiva para sellar cajas, (d) Equipos de Protección Personal, (e) Bolígrafos, (f) Computadores, (g) Cintas métricas y cualquier otra herramienta que sirva de apoyo

Tabla 11. Recursos y Plantilla de personal actual utilizada por GRUPO 3PL, para prestar servicios logísticos en Transbel. **Fuente:** 3PL Panamericana

Cabe destacar que los recursos descritos en la tabla anterior, fueron y son utilizados para cubrir los límites operativos solicitados por Huawei Technologies Co., desde los meses de diciembre 2016 hasta el presente. En el presente estudio, el personal operativo, es el que se estudiará para dar una respuesta a la mejor configuración de estos recursos, según la cantidad de recepciones y despachos requeridos.

IV.2 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS

Por otro lado, actualmente 3PL PANAMERICANA presenta unos indicadores de gestión (KPI's) a Huawei Technologies Co., con el fin de mensualmente reportar los resultados del servicio que presta. Cabe destacar que los registros son tomados semanalmente con el fin de luego poder hacer reportes mensuales más específicos. Los Indicadores que actualmente presentan se muestran a continuación en la siguiente tabla:

PROCESO	INDICADOR		DESCRIPCIÓN
Recepción de Mercancía	N° de Localizadores Asignados a Recepciones de:	* Importaciones (IHVE) * Devoluciones (RVE-RN) * Miss -In (MIVE) * Local PO (ILVE) * Local PL (ILVE)	Indicador que contabiliza la cantidad de "Localizadores" (semanales) o ubicaciones en las zonas de almacenamiento, asignadas a un determinado tipo de recepción
	Cantidad de Camiones Recibidos	Particulares, F350, NPR, F750, Gandolas, Container.	Indicador que contabiliza la cantidad de vehículos recibidos semanalmente de acuerdo a su tipo. (Debe estar dentro de los límites operativos)
	N° de Recepción con Ítems sobrantes		Indicador de Contabiliza la cantidad de Recepciones semanales con ítems sobrantes y faltantes
	N° de Recepción con Ítems faltantes		
	N° de Recepciones "no recibidas" o no planificadas al cierre del día.		Indicador que contabiliza la cantidad de recepciones semanales no recibidas según la planificación
Despacho de Mercancía	N° de Localizadores Asignados a Despachos de:	* Prestamos y Proyectos (CVE-DVE-DN) * Transferencias (TVE-TR) * Miss –Out (MOVE)	Indicador que contabiliza la cantidad de "Localizadores" (semanales) o ubicaciones en las zonas de almacenamiento, en las que se tuvo que buscar algún producto para realizar un determinado tipo de despacho
	Cantidad de Camiones Despachados	Particulares, F350, NPR, F750, Gandolas, Container.	Indicador que contabiliza la cantidad de vehículos despachados semanalmente de acuerdo a su tipo. (Debe estar dentro de los límites operativos)
	N° de Retrasos causados por	* El Transportista * Chequeo de Cable * Despachos de "Minishelter" * Despachos "express" * El Personal.	Indicador que contabiliza la cantidad de retrasos semanales ocasionados por: (a) El transportista, (b) Chequeos de Cables, (c) Despachos de Minishelter (equipo de gran tamaño), (d) Despachos express (urgentes sin ser planificados), y (e) el Personal.
	N° de Despachos realizados antes del medio día de trabajo		Indicador que contabiliza la cantidad de despachos semanales realizados antes del medio día de trabajo
	N° de Despachos "no realizados" al cierre del día de trabajo.		Indicador que contabiliza la cantidad de despachos semanales no enviados según la planificación
	Generales	N° de Horas Hombre	
N° de Accidentes Críticos			
N° de Quejas del Cliente			
N° de ítems dañados			
N° de ítems perdidos			
N° de Personal (Plantilla)			

Tabla 12. Indicadores de Gestión Actuales. **Fuente:** 3PL Panamericana

CAPÍTULO V. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Luego de describir y caracterizar la situación actual de los procesos operativos llevados a cabo en el Centro de Distribución “Transbel”, para satisfacer las necesidades logísticas de Huawei Technologies Co., se presentará a continuación un diagnóstico de la situación actual de la recepción y despacho de mercancía en dicho almacén. Este diagnóstico refiere los siguientes resultados:

1. Tiempos operativos actuales con suplementos aplicados.
2. Capacidades Operativas actuales de cada uno de los procesos y operaciones.
3. Operaciones que demoran, retrasan o son cuellos de botella en la operación.
4. Impacto de las demoras, retrasos o cuellos de botella en los procesos operativos.
5. Causas de los retrasos o cuellos de botella
6. Valores promedio de Utilización de los recursos operativos actuales, frente a escenarios de mucha, media y poca cantidad de despachos y recepciones.
7. Análisis de la utilización promedio actual del personal operativo.

V.1 RECOLECCIÓN DE DATOS Y ESTUDIO DE TIEMPOS

V.1.1 Separación y Clasificación de la Data Estudiada

Recepción y Almacenamiento de Mercancía

Con el fin de reducir la variabilidad de la data histórica estudiada durante los meses de diciembre 2016 hasta marzo 2017, se separó y clasificó la información recolectada para el proceso de recepción, mediante el uso de diagramas de Pareto, los cuales pueden observarse en el anexo A-3. A continuación, se presenta la clasificación de la data y su criterio de separación soportado en los diagramas del anexo mencionado:

- A nivel operativo, existen dos tipos de recepciones, las importaciones que involucran los documentos “IH-VE/IL-VE”, y las devoluciones que refieren los documentos “RVE/MIVE”, por lo que se decidió seccionar y estudiar la data de acuerdo al tipo de recepción que se puede presentar, ya que entre ellas, las operaciones aplicadas para procesarlas son diferentes.

- Por otro lado según el estudio de Pareto, las importaciones que tenían 54 o más cajas se consideraron como importaciones críticas, ya que la cantidad de cajas recibidas en este tipo de recepción, representa más del 80% de cajas recibidas en todas las importaciones. El resto de importaciones con menos de 54 cajas, fueron consideradas como importaciones normales

Despacho y Preparación de Mercancía

Del mismo modo, para reducir la variabilidad de la data estudiada durante los meses de diciembre 2016 hasta marzo 2017, se realizó un estudio de Pareto para cada mes con el fin de clasificar los despachos. Estos diagramas se pueden observar en el anexo A-4. A continuación, se presenta la clasificación de la data y su criterio de separación soportado en los diagramas del anexo mencionado:

Según el Tipo de Documento (Ver Anexo A-4.1)

- En Diciembre, se consideró como documento “normal”, aquellas ordenes de preparación y despacho que tuvieran a lo sumo 11 localizadores o ubicaciones diferentes para ir a recolectar la mercancía en las distintas zonas de almacenamiento. Los documentos con más de 11 localizadores se consideraron como documentos “críticos”.
- En Enero, se consideró como documento “normal”, aquellos documentos que tuvieran como máximo 3 localizadores, de lo contrario, las órdenes con más de 3 localizadores fueron consideradas como documentos “críticos”.
- En Febrero, se consideró un documento “normal” aquel que tuviera como máximo 6 localizadores, y como documento “crítico” aquel que tuviera más de 6.
- Igualmente, en Marzo se consideró un documento “normal” aquel que tuviera como máximo 11 localizadores, y como documento “crítico” aquel que tuviera más de 11.

Según el Tipo de Localizador (Ver Anexo A-4.2)

De la misma manera, para reducir aún más la variabilidad de la data recolectada, se separaron los localizadores en simples y complejos de acuerdo a la cantidad de líneas de pickeo que tuvieran, a continuación se muestran los resultados obtenidos mes a mes:

- En Diciembre, se consideró como localizador “simple” aquel que tuviera a lo sumo dos líneas de pickeo (ítems a recoger), de resto, los localizadores con más de dos líneas fueron considerados como “complejos”.
- En Enero, los localizadores “simples” fueron aquellos que solo tuvieran una línea de pickeo, los localizadores con más de una línea fueron considerados como “complejos”.
- En Febrero, los localizadores “simples” fueron aquellos que tenían como máximo dos líneas de pickeo, los localizadores con más de dos líneas fueron considerados como “complejos”.
- En Marzo, se consideró como localizador “simple” aquel que tuviera a lo sumo 5 líneas de pickeo, de resto, los localizadores con más de dos líneas fueron considerados como “complejos”.

V.1.2 Selección y Metodología de Recolección de la Data Estudiada

Para realizar un diagnóstico que se acerque a la realidad, es necesario recolectar, medir, estudiar y analizar datos actualizados referentes a la operación, por lo que en la siguiente tabla se pueden observar los datos recogidos por proceso operativo y la metodología de recolección de los mismos durante los meses de diciembre 2016 hasta marzo 2017. Caber destacar, que la data de las actividades recolectadas utilizando el histórico de la empresa, fue clasificada según la separación de data realizada en el apartado anterior.

PROCESO LOGÍSTICO	ACTIVIDAD	INFORMACIÓN REQUERIDA	RECOLECCIÓN DE DATOS
Recepción y Almacenamiento de Mercancía	1. Llegada de camiones con mercancía según el tipo de Recepción (En Días)	Tiempo entre llegadas de cada tipo de recepción. Frecuencia de llegadas de cada tipo de recepción.	Análisis del Histórico de la empresa
	2. Identificar la cantidad de cajas recibidas por recepción	Frecuencia de la cantidad de cajas recibidas por tipo de recepción	
	3. Identificar la cantidad de cajas que caben por paletas	Frecuencia de cantidad de cajas por paletas (por tipo de recepción)	
	4. Identificar la cantidad de localizadores por tipo de recepción	Frecuencia de localizadores o ubicaciones asignadas por recepción	
	5. Identificar el tipo de zona de almacenamiento (Por tipo de recepción)	Proporción de la cantidad de veces que se almacena en una zona distinta (racks, shelves/jaula, piso o patio)	

Recepción y Almacenamiento de Mercancía	6. Verificación de Vehículos		Tiempo de Verificación por camión	Estudio de Tiempos
	7. Descarga de Mercancía	7.1 Descarga Paletizada (Solo Importaciones)	Tiempo de descarga y traslado a la zona de chequeo por paleta	
		7.2 Descarga a Granel (Solo Devoluciones)	Tiempo de Paletizado por cajas	
	8. Traslado a la zona de chequeo (Solo Devoluciones)		Tiempo de traslado a la zona de chequeo por paleta	
	9. Desglose de cajas abiertas (Solo Devoluciones)		Tiempo de clasificación y separación de mercancía por cajas abiertas	
	10. Conteo y Auditoria de Cajas		Tiempo de Conteo por cajas	
			Tiempo de Fotografía por cajas	
	11. Tratado de Cajas abiertas (Solo Devoluciones)		Tiempo de Validación de ítems por caja	
			Tiempo de Sellado de cajas por caja	
	12. Asignación de Localizadores		Tiempo de espera para la asignación de localizadores por Recepción	
	13. Escaneo e Identificación de Cajas		Tiempo de escaneo por caja	
			Tiempo de identificación por caja	
	14. Traslado al Staying de Preparado		Tiempo de traslado al Staying de preparado por paleta	
	15. Espera en Staying (En Días) (Por tipo de recepción)		Tiempo de espera en el Staying por recepción	Análisis del Histórico de la empresa
	16. Demora por trasladarse hasta la zona de almacenamiento		Demora por ir a racks por traslado	Estudio de Tiempos
			Demora por ir a Shelving por traslado	
			Demora por ir a Piso por localizador	
	17. Traslado en la zona de almacenamiento por localizador		Traslado en Racks por localizador	
			Traslado en Shelving por localizador	
			Traslado en Piso por localizador	

Tabla 13. Data Recolectada para estudiar la Recepción. **Fuente:** Elaboración Propia

PROCESO LOGÍSTICO	ACTIVIDAD	INFORMACIÓN REQUERIDA	RECOLECCIÓN DE DATOS
Preparación de Pedidos y Despacho de Mercancía	1. Generación de órdenes (Por tipo de documento)	Tiempo entre llegadas de documentos	Análisis del Histórico de la empresa
		Frecuencia de llegadas de documentos por día	
	2. Identificar la cantidad de localizadores por documento	Frecuencia de localizadores por tipo de documento	
	3. Identificar el tipo de localizador	Proporción de cada tipo de localizador según la cantidad de líneas que tiene (simple o complejo)	
		Proporción de cada tipo de localizador según su ubicación (racks, shelves/jaula, piso, patio)	
	4. Identificar la cantidad de líneas por localizador	Frecuencia de la líneas por tipo de localizador	
	5. Identificar el tipo de líneas de pickeo (ítems) por localizador	Proporción de cada tipo de línea de pickeo en el localizador (completa, parcial, cable) (por tipo de localizador)	
	6. Identificar los localizadores y líneas que requieren procesos de apoyo	Proporción de localizadores que necesitan extracción de equipos	
		Proporción de líneas de cable que tienen corte	

Preparación de Pedidos y Despacho de Mercancía	7. Identificar el número de bultos por documento	Frecuencia de la cantidad de bultos por tipo de documento	Análisis del Histórico de la empresa
	8. Identificar el número de bultos por paleta	Frecuencia de la cantidad de bultos por paleta	
	9. Planificación de ruta	Tiempo de espera para la planificación de ruta por localizador	Estudio de Tiempos
	10. Demoras por ir a las zonas de almacenamiento	Demora por ir a Shelving	
		Demora por ir a Piso	
		Demora por ir a Patio	
	11. Traslado para picking en las zonas de almacenamiento	Tiempos de traslado en los racks por localizador	
		Tiempo de traslado en shelves por localizador	
		Tiempo de traslado en piso por localizador	
		Tiempo de traslado en patio por localizador	
	12. Picking	Tiempo de picking de cajas completas por línea	
		Tiempo de picking de cajas parciales por línea	
		Tiempo de picking de cables por línea	
	13. Traslado al Staying de Preparado por paleta	Tiempo de traslado al Staying de preparado	
	14. Corte de cable (ítem)	Tiempo de corte de cable por línea de cable	
	15. Extracción de equipos	Tiempo para la extracción de equipos por localizador	
	16. Auditoria	Tiempo de fotografía por línea (ítem)	
		Tiempo de conteo por línea (ítem)	
	17. Escaneo	Tiempo de Escaneo por línea (ítem)	
	18. Reempaquetado e Identificación (por bultos)	Tiempo de Reempaquetado de Mercancía	
		Tiempo de Identificación de Mercancía por bulto	
	19. Espera en el Staying de preparado	Tiempo de Espera de PEDIDOS (paletas) en el Staying de preparado	
	20. Traslado al andén de carga por paleta	Tiempo de Traslado desde el Staying de preparado al andén de carga por documento	
	21. Control de Salida	Tiempo de conteo de mercancía por bulto	
	22. Carga	Tiempo de carga de mercancía por bulto	

Tabla 14. Data Recolectada para estudiar el Despacho. **Fuente:** Elaboración Propia

V.1.3 Información Obtenida y Estudio de Tiempos

En las tablas 13 y 14, la información obtenida de las actividades que se estudiaron y recolectaron mediante el “análisis del histórico de la empresa”, se puede observar en el archivo de Microsoft Excel anexo al presente informe, denominado “Data Histórica de Recepción” o “Despacho”, dependiendo del proceso operativo a revisar. En dicho archivo, se encuentran identificadas por pestañas cada una de las actividades mencionadas. Cabe destacar, que esta data se utilizó para obtener las distribuciones probabilísticas que alimentan el modelo de simulación que se explicará posteriormente.

Por otro lado, las actividades que se recolectaron mediante un estudio de tiempo, son consideradas como las “Operaciones Logísticas” que agregan valor a los procesos operativos, y por consiguiente su análisis y estudio permitirán conocer los “Tiempos Operativos actuales” de cada proceso. Para obtener estos resultados se realizó un estudio de tiempos, siguiendo el siguiente procedimiento, el cual se puede observar detalladamente en el anexo A-5.

1. Estudio de una prueba piloto de 10 muestras para cada operación.
2. Determinación del tamaño de muestra necesario según la ecuación 1.
3. Medición de las muestras faltantes para completar el tamaño de muestra.
4. Calculo del promedio y desviación de las muestras para eliminar datos atípicos
5. Calculo del promedio y desviación de las muestras sin datos atípicos
6. Calculo del coeficiente de variación de las muestras.
7. Determinación de suplementos de acuerdo a cada tipo de operación.
8. Aplicación de suplementos al promedio de las muestras del punto 5, para determinar los “Tiempos Operativos Actuales” por unidad manejada.

OPERACIÓN LOGÍSTICA		RECURSO NECESARIO	SUPLENTOS DE TRABAJO	\bar{X} (MIN)	S (MIN)	S/X	TIEMPO OPERATIVO	UNIDADES
Verificación del Vehículo		Almacenista II	22.00%	9.19	0.52	0.06	11.21	min/camión
Descarga Mercancía	Paletizada	Conductor M	20.00%	1.13	0.17	0.15	1.35	min/paleta
	A Granel	Almacenista I	30.00%	0.20	0.04	0.18	0.26	min/caja
Traslado a la Zona de Chequeo		Conductor M	21.00%	0.04	0.004	0.11	0.05	min/paleta
Desglose de Mercancía		Almacenista II	27.00%	0.30	0.05	0.15	0.38	min/caja
Auditoria y Conteo	Fotografía	Almacenista II	24.00%	0.29	0.06	0.22	0.36	min/caja
	Conteo		26.00%	0.05	0.01	0.26	0.07	min/caja
Tratado de Cajas Abiertas	Validación	Almacenista II	28.00%	1.57	0.30	0.19	2.00	min/caja
	Sellado		24.00%	0.47	0.11	0.24	0.58	min/caja
Asignar Localizadores		Almacenista II	24.00%	5.68	0.67	0.12	7.04	min/recepción
Escaneo e Identificación	Escaneo	Almacenistas II	22.00%	0.20	0.01	0.05	0.24	min/caja
	Identific.		22.00%	0.51	0.05	0.09	0.62	min/caja
Traslado al Staying		Conductor M	21.00%	0.35	0.02	0.06	0.43	min/paleta
Demoras para Almacenar	Racks	Conductor M	21.00%	0.13	0.03	0.24	0.15	min/traslado
	Shelving		21.00%	1.30	0.09	0.07	1.57	
	Piso		21.00%	0.26	0.05	0.20	0.32	

Traslado para Almacenado	Racks H	Conductor M	21.00%	0.11	0.03	0.24	0.13	min/localizador
	Racks V		21.00%	0.44	0.11	0.25	0.54	
	Shelving		33.00%	0.62	0.07	0.12	0.82	
	Piso		21.00%	0.29	0.03	0.11	0.35	

Tabla 15. Tiempos Operativos Actuales de la Recepción y Almacenamiento de Mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

Preparación y Despacho de Mercancía

OPERACIÓN LOGÍSTICA		RECURSO NECESARIO	SUPLENTOS DE TRABAJO	\bar{X} (MIN)	S (MIN)	S/X	TIEMPO OPERATIVO	UNIDADES
Demora por planificación de ruta		Almacenista I	28.00%	0.47	0.09	0.19	0.60	min/localizador
Demora por ir a la Zona de Picking	Ir Shelving	Conductor M	21.00%	0.98	0.11	0.11	1.19	min/traslado
	Ir a Piso		21.00%	0.23	-	-	0.28	
	Ir a Patio		21.00%	2.85	0.09	0.03	3.45	
Traslado en la zona de piceo	Racks (H)	Conductor M	21.00%	0.11	0.03	0.24	0.13	min/localizador
	Racks (V)		21.00%	0.44	0.11	0.25	0.54	
	Shelving	Almacenista I	33.00%	0.62	0.07	0.12	0.82	
	Piso	Conductor M	21.00%	0.29	0.03	0.11	0.35	
	Patio		21.00%	0.06	0.01	0.24	0.07	
Picking	Completa	Almacenista I	27.00%	0.66	0.16	0.24	0.84	min/línea
	Parcial		27.00%	1.85	0.15	0.08	2.34	
	Cable		27.00%	2.62	0.30	0.12	3.33	
Traslado al Staying de Preparado		Conductor M	21.00%	0.13	0.03	0.24	0.15	min/paleta
Procesos de Apoyo	Cable	Almacenista I	33.00%	5.43	0.41	0.07	7.22	min/línea
	Extracción		36.00%	11.25	1.91	0.17	15.30	min/localizador
Auditoría y Conteo	Fotografiado	Almacenista II	22.00%	0.29	0.06	0.22	0.35	min/línea
	Conteo		28.00%	1.57	0.30	0.19	2.00	
Escaneo de ítems		Almacenista II	22.00%	0.20	0.01	0.05	0.24	min/línea
Repack e Identificación	Repack	Almacenista II	33.00%	1.61	0.14	0.09	2.14	min/bulto
	Identific.		22.00%	0.51	0.05	0.09	0.62	
Traslado al andén		Conductor M	21.00%	0.35	0.02	0.06	0.43	min/paleta
Control de Salida		Almacenista II	26.00%	0.05	0.01	0.26	0.07	min/bulto
Carga de Mercancía		Almacenista I	30.00%	0.18	0.04	0.24	0.23	min/bulto

Tabla 16. Tiempos Operativos Actuales de la Preparación y Despacho de Mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

Cabe destacar, que el cálculo de los valores de suplementos se puede observar detalladamente en el anexo A-5.2

V.2 CÁLCULO DE LAS CAPACIDADES OPERATIVAS REALES

Una vez calculados los tiempos operativos actuales de cada uno de los procesos operativos, se procedió a determinar la capacidad o cantidad de volumen máximo manejado en el almacén por unidad de tiempo; para ello se calculó primero la tasa de producción operativa de cada una de las actividades que se llevan a cabo en el centro de distribución. Cabe destacar, que los coeficientes de variación de los tiempos operativos calculados, son todos menores al 30% (ver tablas 15 y 16), lo que quiere decir que no existe mucha variabilidad en las muestras recolectadas y por consiguiente, los siguientes resultados obtenidos son bastantes próximos a la realidad:

V.2.1 Tasa de Producción Operativa, Capacidad Instalada y Teórica

Recordando que la tasa de producción operativa es la cantidad de unidades manejadas por unidad de tiempo, en la siguiente tabla se pueden observar estos valores, que representan el inverso del tiempo promedio (en horas) de cada operación, el cual se obtuvo en las tablas 17 y 18.

Así mismo, en la misma tabla se puede observar la cantidad máxima de unidades que puede manejar un solo operario tanto en un día ideal de trabajo, en el cual se labore ininterrumpidamente por 24 horas; como en un día en donde solo se labore durante la jornada diaria permitida de 8 horas; estos resultados representan la capacidad instalada y teórica por operación logística que se tiene actualmente en el almacén de estudio:

Operación Logística	Tipos	Recursos Necesarios	Tasa De Producción Operativa	Unidades	Capacidad Instalada	Capacidad Teórica	Unidades
Verificación del Vehículo	Único	Almacenista II	6,53	Vehículos/HH	157	52	Vehículos/Día
Descarga de Mercancía	Paletizada	Conductor M	53,27	Paletas/H	1.278	426	Paletas/Día
	A Granel	Almacenista I	294,72	Cajas/HH	7.073	2.358	Cajas/Día
Traslado a la Zona de Chequeo	Único	Conductor M	1497,28	Paletas/H	35.935	11.978	Paletas/Día
Desglose de Mercancía	Solo para devoluciones	Almacenista II	202,97	Cajas/HH	4.871	1.624	Cajas/Día
Auditoria y Conteo	Fotografía	Almacenista II	209,35	Cajas/HH	5.024	1.675	Cajas/Día
	Conteo		1.150,21		27.605	9.202	

Tratado de Cajas Abiertas	Validación	Almacenista II	38,31	Cajas/HH	919	306	Cajas/Día
	Sellado		128,18		3.076	1.025	
Asignar Localizadores	Único	Almacenista II	10,57	Recepción/HH	254	85	Recepción/Día
Escaneo e Identificación	Escaneo	Almacenista II	307,07	Cajas/HH	7.370	2.457	Cajas/Día
	Identificación		117,21		2.813	938	
Traslado al Staying	Único	Conductor M	169,45	Paletas/H	4.067	1.356	Paletas/Día
Demoras por ir a la Zona Almacenada	Ir a Racks	Conductor M	479,89	Traslados/H	11.517	3.839	Traslados/Día
	Ir a Shelving		46,29		1.111	370	
	Ir a Piso		229,69	Localizador/HH	5.513	1.838	Localizador/Día
Traslado en la Zona de Almacenado	Racks (H)	Conductor M	251,99	Localizador/HH	6.048	2.016	Localizador/Día
	Racks (V)		238,24		5.718	1.906	
	Shelving		97,48		2.340	780	
	Piso		205,62		4.935	1.645	

Tabla 17. Tasa de Producción Operativa, Capacidades Instaladas y Teóricas de la Recepción y Almacenamiento de Mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

Operación Logística	Tipos	Recursos Necesarios	Tasa De Producción Operativa	Unidades	Capacidad Instalada	Capacidad Teórica	Unidades
Demora por Planificación	Único	Almacenista I	127,64	Localizador/HH	3.063	1.021	Localizador/Día
Demora por ir a la Zona de Pickeo	Ir a Shelving	Conductor M	61,02	Traslados/H	1.464	488	Traslados/Día
	Ir a Piso		259,26		6.222	2.074	
	Ir a Patio		21,04		505	168	
Traslado en la Zona de Pickeo	Racks (H)	Conductor M	251,99	Localizador/HH	6,048	2,016	Localizador/Día
	Racks (V)		238,24		5,718	1,906	
	Shelving	Almacenista I	97,48		2,340	780	
	Piso	Conductor M	205,62		4,935	1,645	
	Patio		1002,17		24,052	8,017	
Picking	Completas	Almacenista I	91,09	Líneas/HH	2,186	729	Líneas/Día
	Parciales		32,51		780	260	
	Cable		22,88		549	183	
Traslado al Staying	Único	Conductor M	479,89	Paletas/H	11,517	3,839	Paletas/Día
Procesos de Apoyo	Corte	Almacenista I	11,05	Líneas/HH	265	88	Líneas/Día
	Extracción		5,33	Localizador/HH	128	43	Localizador/Día
Auditoria y Conteo	Fotografiado	Almacenista II	209,35	Líneas/HH	5,024	1,675	Líneas/Día
	Conteo		38,31		919	306	
Escaneo	Único	Almacenista II	307,07	Líneas/HH	7,370	2,457	

Repack e Identificación	Repack	Almacenista II	37,23	Bultos/HH	894	298	Bultos/Día
	Identificación		117,21		2,813	938	
Traslado al andén	Único	Conductor M	169,45	Paletas/H	4,067	1,356	Paletas/Día
Control de Salidas	Único	Almacenista II	1150,21	Bultos/HH	27,605	9,202	Bultos/Día
Carga a Granel	Único	Almacenista I	335,12	Bultos/HH	8,043	2,681	Bultos/Día

Tabla 18. Tasas de Producción Operativa, Capacidades Instaladas y Teóricas de la Preparación y Despacho de Mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

V.2.3 Capacidad Efectiva

Finalmente, a continuación se presentan unas tablas con valores que refieren el volumen máximo de unidades que un solo trabajador puede manejar en una jornada de trabajo de 8 horas, considerando un porcentaje de tiempo de descanso asociado al tipo de trabajo de cada operación logística (factor de suplemento).

Así mismo, en las siguientes tablas se encuentran los resultados de la cantidad de unidades que un operario puede manipular por hora en cada actividad, considerando igualmente el porcentaje de tiempo de descanso correspondiente; esta información conlleva a proponer nuevos indicadores de gestión que permitan medir la eficiencia de cada una de las operaciones según los parámetros de capacidad efectiva calculados.

Operación Logística	Tipos	Recurso Necesario	Suplemento De Trabajo	Capacidad Efectiva	Unidades (Por Día)	Capacidad Efectiva	Unidades (Por Hora)
Verificación del Vehículo	Único	Almacenista II	22,00%	41	Vehículos/Día	5	Vehículos/HH
Descarga de Mercancía	Paletizada	Conductor M	20,00%	341	Paletas/Día	43	Paletas/H
	A Granel	Almacenista I	30,00%	1.650	Cajas/Día	206	Cajas/HH
Traslado a la Zona de Chequeo	Único	Conductor M	21,00%	9.463	Paletas/Día	1.183	Paletas/H
Desglose de Mercancía	Solo para devoluciones	Almacenista II	27,00%	1.185	Cajas/Día	148	Cajas/HH
Auditoria y Conteo	Fotografía	Almacenista II	24,00%	1.273	Cajas/Día	159	Cajas/HH
	Conteo		26,00%	6.809		851	
Tratado de Cajas Abiertas	Validación	Almacenista II	28,00%	221	Cajas/Día	28	Cajas/HH
	Sellado		24,00%	779		97	
Asignar Localizadores	Único	Almacenista II	24,00%	64	Recepción/Día	8	Recepción/HH
Escaneo e Identificación	Escaneo	Almacenista II	22,00%	1.916	Cajas/Día	240	Cajas/HH
	Identificación		22,00%	731		91	

Traslado al Staying de Preparado	Único	Conductor M	21,00%	1.071	Paletas/Día	134	Paletas/H
Demoras por ir a la Zona de Almacenado	Ir a Racks	Conductor M	21,00%	3.033	Traslados /Día	379	Traslados/ H
	Ir a Shelving		21,00%	293		37	
	Ir a Piso		21,00%	1.452		181	
Traslado para Almacenado	Racks (H)	Conductor M	21,00%	1.593	Localizador /Día	199	Localizador /HH
	Racks (V)		21,00%	1.506		188	
	Shelving		33,00%	523		65	
	Piso		21,00%	1.300		162	

Tabla 19. Capacidades Efectivas de la Recepción y Almacenamiento de Mercancía.
Fuente: Elaboración Propia

Operación Logística	Tipos	Recurso Necesario	Suplemento De Trabajo	Capacidad Efectiva	Unidades (Por Día)	Capacidad Efectiva	Unidades (Por Hora)
Demora por planificación	Único	Almacenista I	28,00%	735	Localizador /Día	92	Localizador /HH
Demora por ir a la Zona de Pickeo	Ir a Shelving	Conductor M	21,00%	386	Traslados/ Día	48	Traslados/ H
	Ir a Piso		21,00%	1.639		205	
	Ir a Patio		21,00%	133		17	
Traslado en la Zona de Pickeo	Racks (H)	Conductor M	21,00%	1.593	Localizador /Día	199	Localizador /HH
	Racks (V)		21,00%	1.506		188	
	Shelving	Almacenista I	33,00%	523		65	
	Piso	Conductor M	21,00%	1.300		162	
	Patio		21,00%	6.334		792	
Picking	Completas	Almacenista I	27,00%	532	Líneas/Día	66	Líneas/HH
	Parciales		27,00%	190		24	
	Cable		27,00%	134		17	
Traslado al Staying de Preparado	Único	Conductor M	21,00%	3.033	Paletas/Día	379	Paletas/H
Procesos de Apoyo	Corte	Almacenista I	33,00%	59	Líneas/Día	7	Líneas/HH
	Extracción		36,00%	27	Localizador /Día	3	Localizador /HH
Auditoria y Conteo	Fotografiado	Almacenista II	22,00%	1.306	Líneas/Día	163	Líneas/HH
	Conteo		28,00%	221		28	
Escaneo	Único	Almacenista II	22,00%	1.916		240	
Repack e Identificación	Repack	Almacenista II	33,00%	200	Bultos/Día	25	Bultos/HH
	Identificación		22,00%	731		91	
Traslado al andén	Único	Conductor M	21,00%	1.071	Paletas/Día	134	Paletas/H
Control de Salidas	Único	Almacenista II	26,00%	6.809	Bultos/Día	851	Bultos/HH
Carga de Mercancía	Único	Almacenista I	30,00%	1.877	Bultos/Día	235	Bultos/HH

Tabla 20. . Capacidades Efectivas de la Preparación y Despacho de Mercancía.
Fuente: Elaboración Propia

V.3 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES IMPRODUCTIVOS

V.3.1 Cuellos de Botellas o Retrasos Presentes

En el orden de continuar con el diagnóstico de la situación actual, se presentará ahora un estudio de trabajo de los procesos operativos que se llevan a cabo en el almacén de estudio. A continuación se mostraran las RED PERT asociadas a los procesos operativos estudiados y que permitirán identificar retrasos en las operaciones:

Recepción y Almacenamiento de Mercancía

Para identificar los cuellos de botellas presentes en la recepción del Centro de Distribución “Transbel”, se estudiaron los Tiempos Operativos Actuales (Ver tabla 15) de: (a) una importación crítica y (b) de una devolución, ambas recibidas en el mes de enero y con las siguientes características:

Características	Importación Crítica	Devolución
Cantidad Cajas	216	32
Cantidad Paletas	70	11
Cantidad Localizadores	31	33
Loc. en Racks	23	8
Loc. en Shelving	6	18
Loc. en Piso	2	7
Loc. en Patio	0	0

Tabla 21. Características de las recepciones estudiadas con las RED PERT. *Fuente:* Elaboración Propia.

A continuación se presentan las listas que definen las RED PERT elaboradas para identificar los retrasos en las recepciones mencionadas:

TIPO DE RECEPCIÓN	OPERACIÓN		PREDECESOR	TIEMPO OPERATIVO (MIN)
Importación Crítica	A	Verificación de Vehículo	-	11,21
	B	Descarga Paletizada	A	94,62
	C	Auditoria (Foto)	B	76,76
	D	Auditoria (Conteo)	C	14,20
	E	Asignar Localizadores	D	7,04
	F	Escaneo	E	51,49
	G	Identificación	E	134,90
	H	Traslado al Staying	G	29,99

TIPO DE RECEPCIÓN	OPERACIÓN		PREDECESOR	TIEMPO OPERATIVO (MIN)
Importación Crítica	I	Demora por ir a Racks	H	0,15
	J	Demora por ir a Shelves	H	1,57
	K	Demora por ir a Piso	H	0,63
	L	Almacenamiento en Racks	I	15,44
	M	Almacenamiento en Shelves	J	4,91
	N	Almacenamiento en Piso	K	0,71

Tabla 22. Lista de Operaciones realizadas para llevar a cabo una Importación (Crítica).

Fuente: Elaboración Propia

TIPO DE RECEPCIÓN	OPERACIÓN		PREDECESOR	TIEMPO OPERATIVO (MIN)
Devolución	A	Verificación de Vehículo	-	11,21
	B	Descarga a Granel	A	8,47
	C	Traslado a la zona de Chequeo	B	0,53
	D	Desglose de Mercancía	C	12,01
	E	Auditoria (Foto)	D	11,37
	F	Auditoria (Conteo)	E	2,10
	G	Tratado de C. Abiertas (Validación)	F	64,16
	H	Tratado C. Abiertas (Sellado)	G	18,57
	I	Asignar Localizadores	H	7,04
	J	Escaneo	I	7,63
	K	Identificación	I	19,99
	L	Traslado al Staying de Preparado	K	4,71
	M	Demora por ir a Racks	L	0,15
	N	Demora por ir a Shelves	L	1,57
	Ñ	Demora por ir a Piso	L	2,21
	O	Almacenamiento en Racks	M	5,37
	P	Almacenamiento en Shelves	N	14,73
	Q	Almacenamiento en Piso	Ñ	2,47

Tabla 23. Lista de Operaciones realizadas para llevar a cabo una Devolución **Fuente:**

Elaboración Propia

Cabe destacar, que los tiempos utilizados consideran suplementos de trabajo que permiten suavizar el tiempo total de cada operación. Finalmente, se muestran a continuación las RED PERT elaboradas para la importación crítica y la devolución:

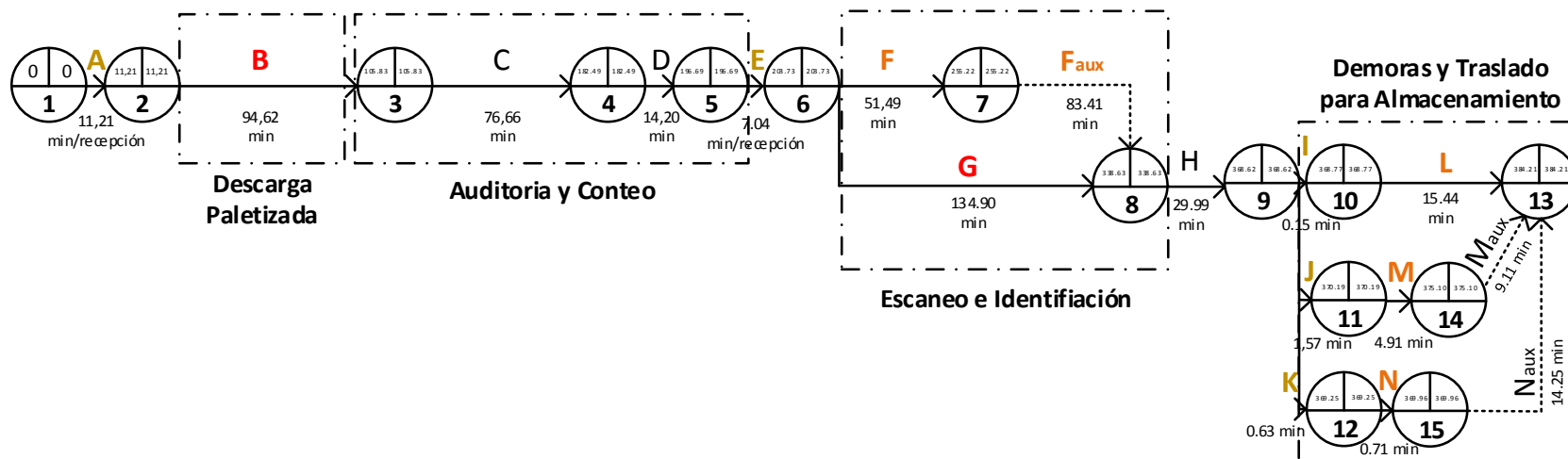


Figura 5. RED PERT de una Importación Crítica. *Fuente:* Elaboración propia

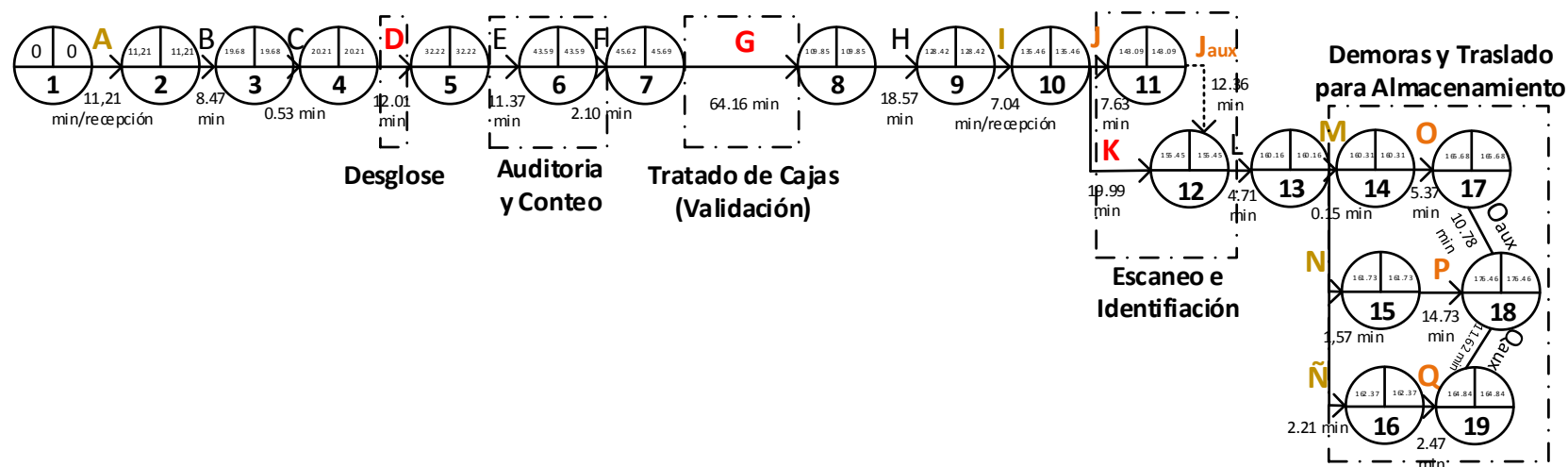


Figura 6. RED PERT de una Devolución. *Fuente:* Elaboración propia

De las figuras 5 y 6 se puede concluir lo siguiente:

- Las operaciones de “Verificación de Vehículo” y “Demoras para almacenamiento”, son consideradas como demoras necesarias del proceso, ya que para poder descargar el camión, éste debe ser primero revisado para validar que la mercancía llegue en buen estado. Así mismo, para poder almacenar la mercancía, se debe considerar un tiempo de traslado para que el equipo de almacenamiento pueda dirigirse a las zonas de almacenamiento correspondientes.
- Las operaciones de “Escaneo” y “Almacenamiento”, son consideradas como demoras circunstanciales del proceso, ya que las mismas pueden o no ser retrasos en el proceso, dependiendo del volumen de mercancía que se maneje, por ejemplo en el caso del escaneo, éste es una demora que depende de la culminación de la actividad de “identificación”, ya que ambas son operaciones que se realizan paralelamente. En el caso del almacenamiento, cualquiera de los tipos de éste, puede o no ser un retraso, esto depende de la cantidad de localizadores que se ubiquen en las distintas zonas de almacenamiento (racks, shelves, piso o patio); como se puede ver en la figura 5, el almacenamiento en racks es considerado el retraso de esta operación porque existen más localizadores ubicados en esta zona.
- Las operaciones de “Descarga Paletizada”, “Identificación”, “Desglose de Cajas” y “Validación de Cajas Abiertas”, son consideradas como retrasos o cuellos de botella del proceso, ya que sus tiempos operativos son mayores a los tiempos de sus actividades predecesoras, lo que implica una demora en el flujo del proceso.

Debido a que las demoras circunstanciales “Traslado para almacenamiento”, dependen de la cantidad de localizadores que se tengan de cada zona, se realizó la siguiente RED PERT que representa solo la operación de almacenamiento, y que considera tiempos operativos unitarios, es decir, por localizador, con el fin de poder visualizar cuál de los tipos de almacenamiento es en realidad el retraso en esta operación:

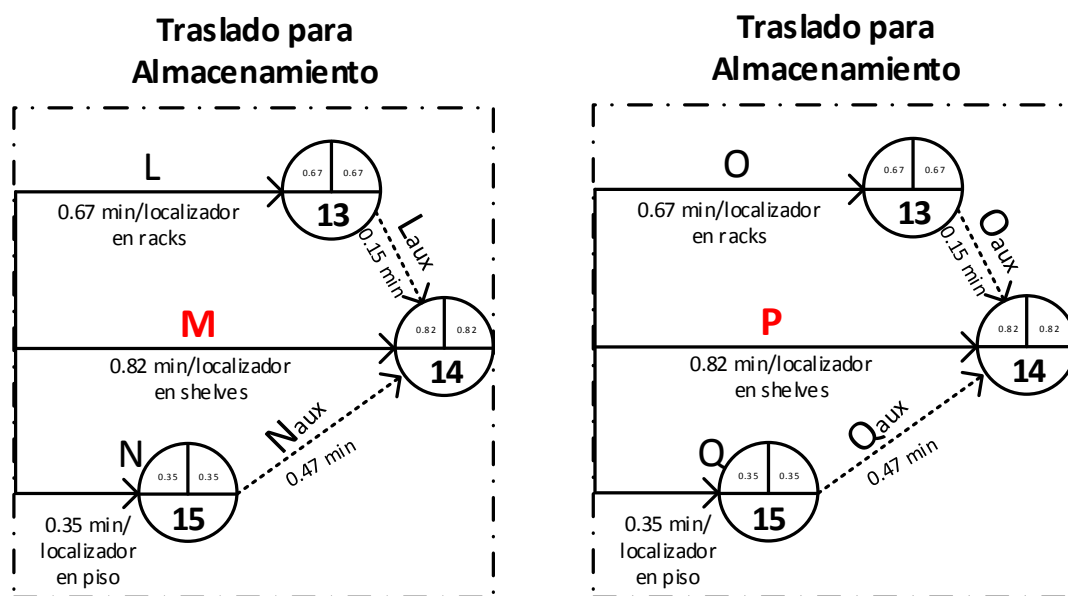


Figura 7. RED PERT del Traslado para Almacenamiento. **Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 7, el traslado para almacenamiento en shelves es realmente el retraso o cuello de botella en esta operación y en el proceso de recepción.

Preparación y Despacho de Mercancía

De igual forma, para identificar los retrasos presentes en el despacho del almacén, se estudiaron los Tiempos Operativos Actuales (Ver tabla 16) de un despacho crítico realizado en el mes de marzo con las siguientes características:

Total de Localizadores		45
Según su Ubicación	En Racks	35
	En Shelves/Jaula	7
	En Piso	2
	En Patio	1
Total de Líneas		207
Según el Picking	Líneas de Cajas Completas	84
	Líneas de Cajas Parciales	100
	Líneas de Cables	23
Procesos de Apoyo	Líneas de Cable que requieren Corte	20
	Loc. que requieren Extracción de Equipo	8
Total de Bultos		26
Total de Paletas		18

Tabla 24. Características del despacho estudiado con la RED PERT. **Fuente:** Elaboración Propia.

Así mismo, la siguiente lista de actividades define la RED PERT elaborada para identificar los retrasos en el despacho mencionado:

	OPERACIÓN	PREDECESOR	TIEMPO OPERATIVO (MIN)
A	Demora por Planificación de Ruta	-	27.08
B	Demora por ir a Shelves	A	1.19
C	Demora por ir a Piso	A	0.28
D	Demora por ir a Patio	A	3.45
E	Traslado en Racks para Pickeo	A	23.50
F	Traslado en Shelves para Pickeo	B	5.88
G	Traslado en Piso para Pickeo	C	0.35
H	Traslado Patio para Pickeo	D	0.07
I	Picking de Cajas Completas	E,F,G,H	70.41
J	Picking de Cajas Parciales	E,F,G,H	233.29
K	Picking de Cables	E,F,G,H	78.27
L	Traslado al Staying	I,J,K	2.79
M	Corte de Cable	L	141.92
N	Extracción de Equipo	L	123.50
Ñ	Auditoria (Foto)	M,N	72.45
O	Auditoria (Conteo)	Ñ	415.41
P	Escaneo	O	49.39
Q	Reempaquetado	P	55.73
R	Identificación	Q	16.24
S	Traslado al andén de Carga	R	7.91
T	Control de Salida (Conteo)	S	1.71
V	Carga de Mercancía	T	6.05

Tabla 25. Lista de Operaciones realizadas para llevar a cabo un despacho crítico. **Fuente:** Elaboración Propia

De la siguiente RED PERT (figura 8), se puede concluir lo siguiente:

- Las operaciones “Demora por Planificación de Ruta” y “Demoras para ir a la zona de pickeo”, son consideradas como demoras necesarias del proceso, ya que para que el equipo de pickeo realice una labor eficiente, debe dedicar un tiempo en la planificación de su ruta dentro de las zonas de pickeo para recorrer la distancia que según ellos es la más corta.
- Las operaciones de “Auditoria (conteo)” y “Reempaquetado de Mercancía”, son consideradas como retrasos o cuellos de botella del proceso.

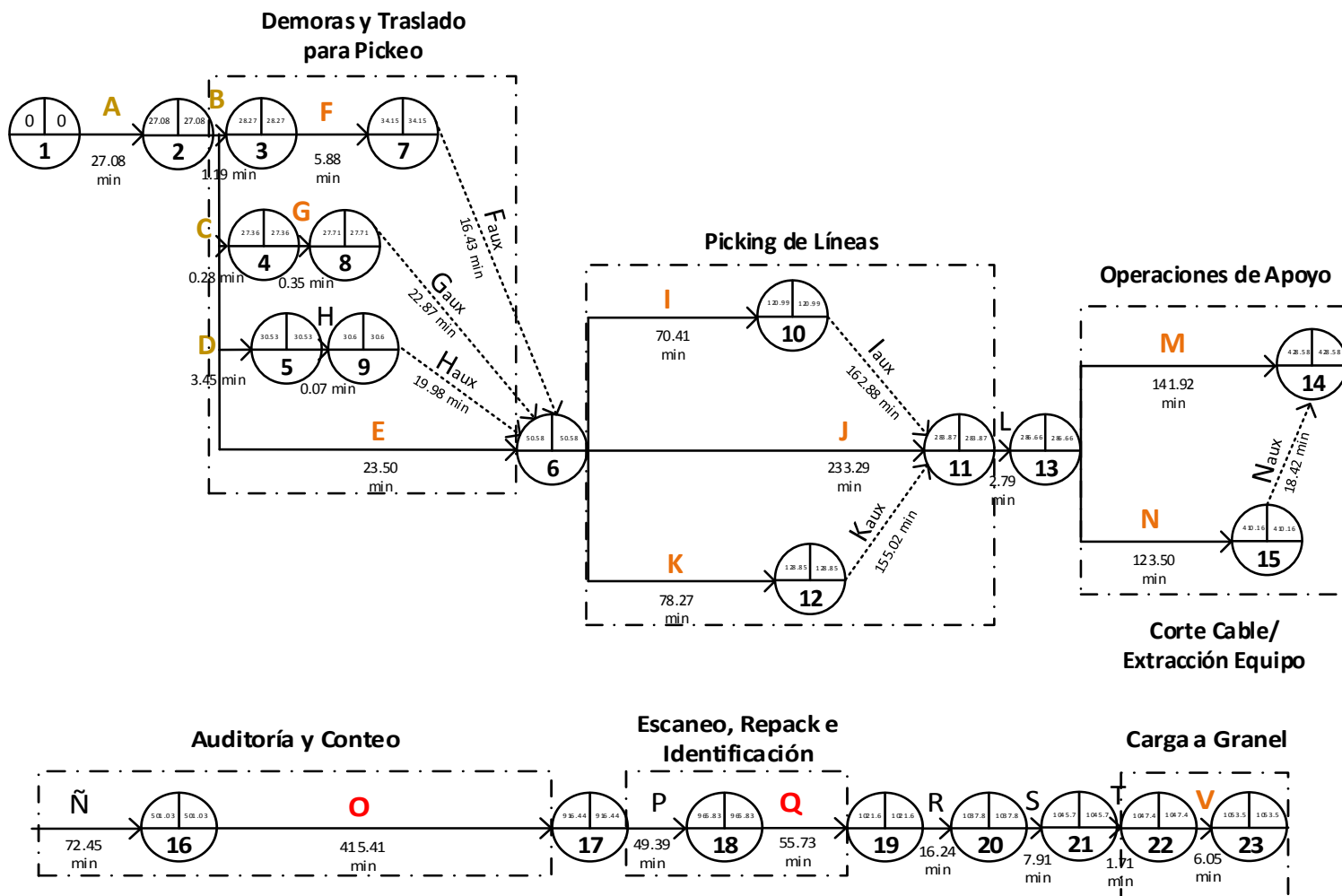


Figura 8. RED PERT de un Despacho Crítico. *Fuente:* Elaboración Propia

- Las operaciones de “Traslado para pickeo”, “Picking de líneas”, “Operaciones de Apoyo” y “Carga a Granel”, son consideradas como demoras circunstanciales del proceso, ya que las mismas dependen del volumen de mercancía que se maneje en cada uno de los tipos de estas operaciones. Debido a esto, se realizaron las siguientes REDES PERT que representan solo las demoras circunstanciales, y que consideran tiempos operativos unitarios, es decir, por unidad de manejo, con el fin de conocer cuáles son realmente los retrasos en estas actividades:

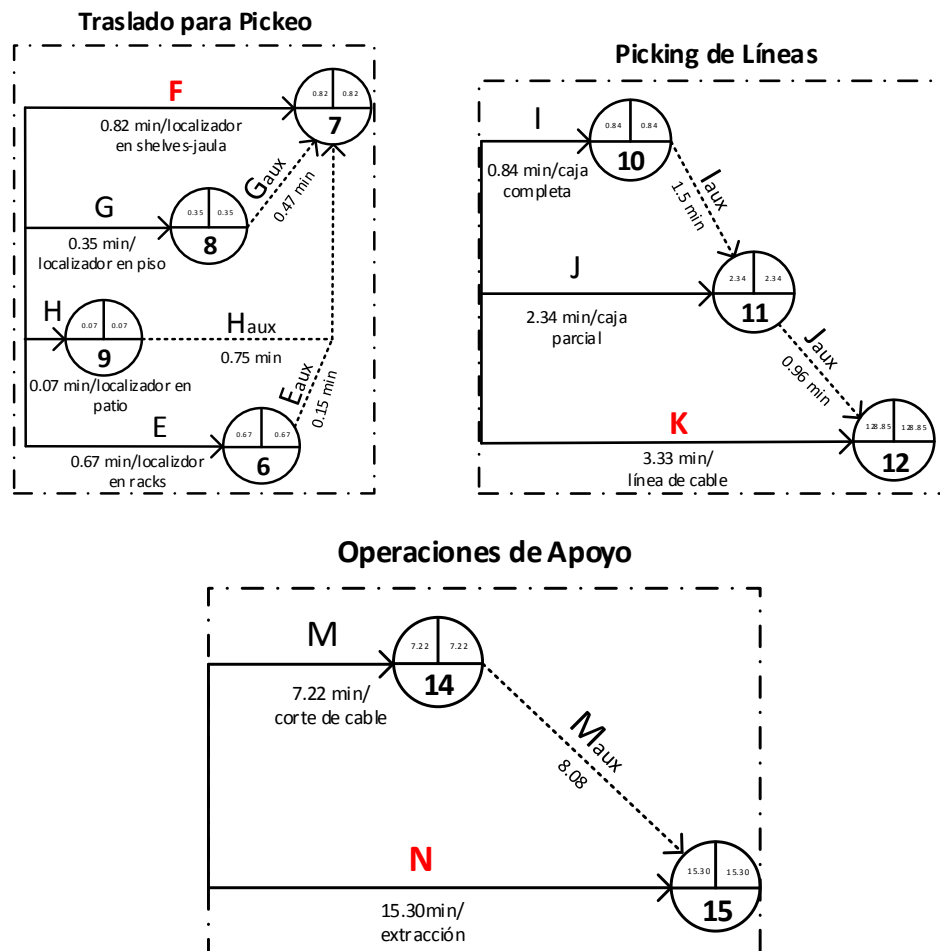


Figura 9. REDES PERT de las demoras circunstanciales en el despacho. **Fuente:** Elaboración Propia.

De acuerdo a la figura 9, se puede concluir que el “Traslado para pickeo en shelves”, el “Picking de Cable”, y la “Extracción de Equipos” son operaciones consideradas como cuellos de botellas en el proceso de despacho.

V.3.2 Impacto de los Retrasos en los Procesos Operativos

Luego de determinar y clasificar las demoras presentes en los procesos operativos del almacén, se mostrará a continuación el porcentaje de impacto que tienen estas demoras sobre los tiempos totales de cada proceso (recepción y despacho), con el fin de saber qué tanto mejoraría cada operación en caso de mitigar los factores influyentes que provocan estos retrasos.

Según la clasificación y agrupación de demoras realizadas, (Ver Anexo A-6) se obtuvieron los siguientes gráficos para los casos estudiados en el apartado anterior:

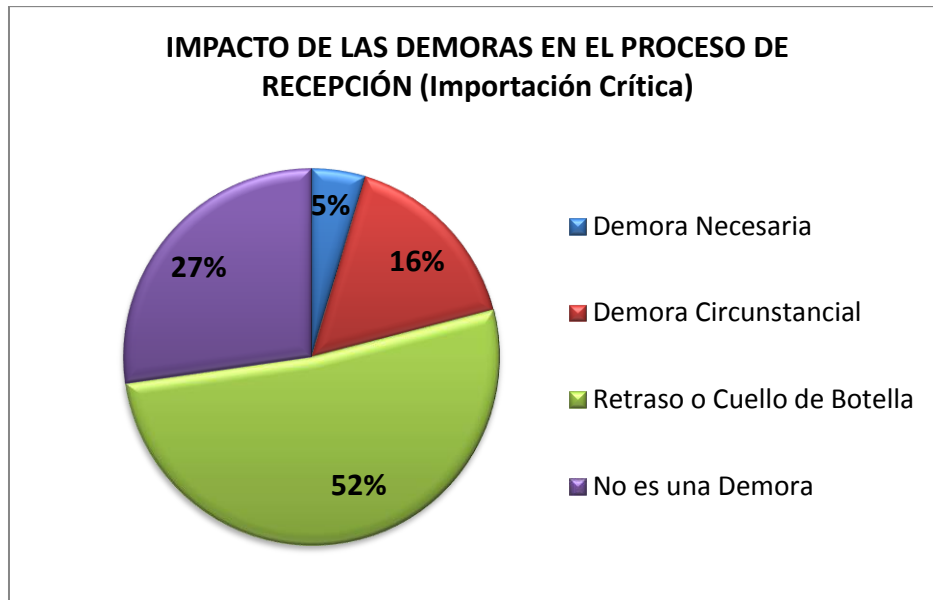


Gráfico 1. Impacto de las demoras en la recepción de la Importación Crítica estudiada.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al gráfico 1, se puede concluir que:

- El 73% del tiempo de recepción de la importación crítica estudiada, es considerado como un tiempo de demora. Sin embargo el 5% y 16% son demoras propias de la operación que dependen del volumen manejado.
- El 52% del tiempo de recepción está constituido por retrasos o cuellos de botella que afectan al proceso; lo que significa que de ser mitigados estos retrasos, se mejoraría el proceso de recepción en el porcentaje mencionado.

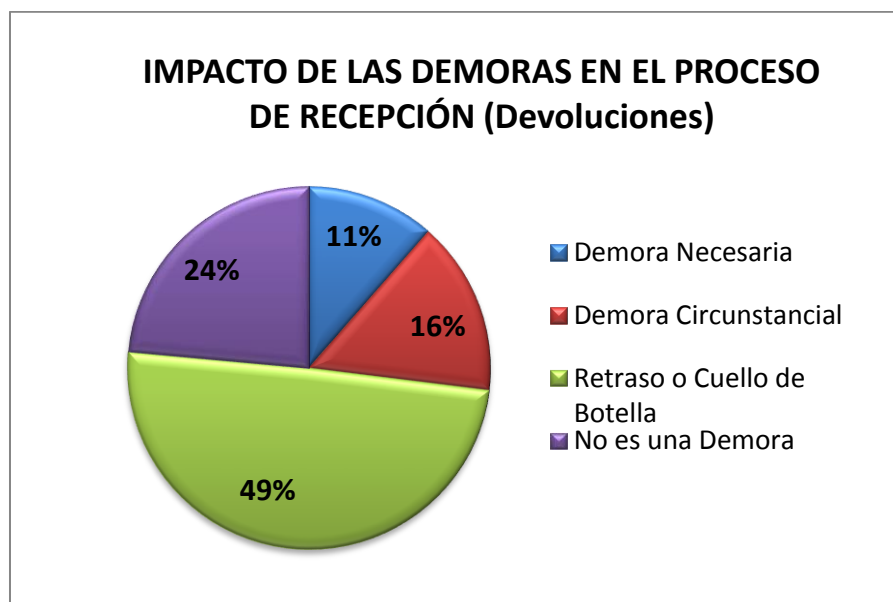


Gráfico 2. Impacto de las demoras en la recepción de la Devolución estudiada.
Fuente: Elaboración Propia.

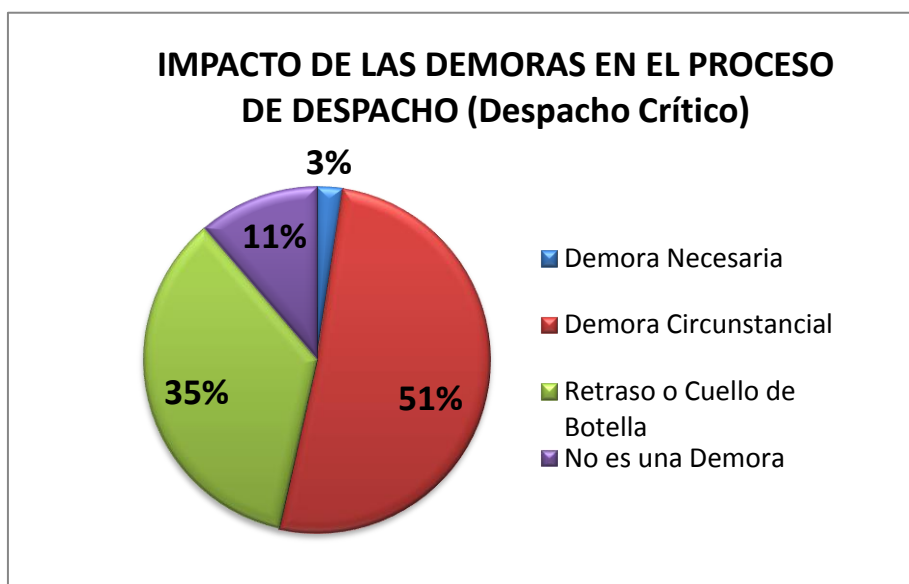


Gráfico 3. Impacto de las demoras en el despacho crítico estudiado.
Fuente: Elaboración Propia.

Igualmente, según el gráfico 2, se puede concluir que:

- El 74% del tiempo de recepción de la devolución estudiada, es considerado como un tiempo de demora. Sin embargo el 5% y 11% son demoras propias de la operación que dependen del volumen manejado.

- El 49% del tiempo de recepción está constituido por retrasos o cuellos de botella que afectan al proceso; lo que significa que de ser mitigados estos retrasos, se mejoraría el proceso de recepción en el porcentaje mencionado.

Del mismo modo, al observar el gráfico 3 se puede concluir que:

- El 89% del tiempo de despacho estudiado, es considerado como un tiempo de demora. Sin embargo el 3% y 51% son demoras propias de la operación que dependen del volumen manejado.
- El 35% del tiempo de despacho está constituido por retrasos o cuellos de botella que afectan al proceso; lo que significa que de ser mitigados estos retrasos, se mejoraría el proceso de despacho en el porcentaje mencionado

V.3.3 Causas de los Retrasos o Cuellos de Botella

Una vez identificados los retrasos o cuellos de botella y su impacto en los procesos operativos del almacén, se realizó el siguiente procedimiento (Ver Anexo A-7) para determinar las causas raíces o factores improductivos que ocasionan estas demoras y están afectando considerablemente el proceso logístico:

1. Se realizó un diagrama causa – efecto por retraso o cuello de botella identificado en el apartado anterior. (Ver anexo A-7.1)
2. Seguidamente, una vez identificadas las causas de los retrasos, se realizó una matriz de jerarquización por cuello de botella identificado, con el fin de determinar las causas raíces o factores improductivos que afectan las operaciones. (Ver anexo A-7.2). Cabe destacar, que cada una de las causas encontradas con el diagrama causa-efecto, fueron ponderadas bajo la opinión de Gerentes, Supervisores, Jefes y los autores de esta investigación, de manera de encontrar y seleccionar solo aquellas que tuvieran el resultado más alto, ya que las mismas serían las causas raíces de los cuellos de botella identificados.
3. Finalmente, se extrajeron las causas raíces determinadas y se realizó la siguiente tabla resumen, con el fin de conocer el diagnóstico final a nivel operativo de los procesos logístico del almacén en estudio, y así proponer mejoras en los mismos.

DEMORA	CAUSA RAÍZ (FACTOR IMPRODUCTIVO)	TIPO DE CAUSA
1. Descarga Paletizada (Importaciones)	Falta de espacio (holguras) para maniobra de montacargas	MÉTODO
	Paletas en mal estado que soportan inestablemente la mercancía	MATERIALES
	Recargas de baterías NO programadas	MÁQUINA
	Reparaciones NO programadas	
2. Desglose de Mercancía (Devoluciones)	No existe un lugar o método específico para la operación	MÉTODO
	No existen herramientas destinadas para la separación y clasificación de mercancía	MATERIALES
	Mercancía viene desordenada	MÉTODO
	Cajas rotas, dañadas o en mal estado	MATERIALES
3. Validación de Mercancía (Devoluciones)	Metodología de conteo y chequeo obsoleta	MÉTODO
	Errores en la cantidad de mercancía teórica de la etiqueta	
	Herramientas para la validación no adecuadas para la operación	MATERIALES
4. Identificación de Cajas	Metodología de etiquetado obsoleta	MÉTODO
	Falta de herramientas para el etiquetado (papel o tirro)	MATERIALES
	No están ubicados en un mismo sitio y hay que buscarlos	
5. Traslados en Shelves/Jaula	Retornos al punto de inicio para dejar la mercancía recolectada y seguir pickeando	MÉTODO
	Insuficiente cantidad de escaleras en el área para la cantidad de pasillos	MATERIALES

Tabla 26. Factores Improductivos que ocasionan los retrasos o cuellos de botellas en la recepción de mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

DEMORA	CAUSA RAÍZ (FACTOR IMPRODUCTIVO)	TIPO DE CAUSA
1. Planificación de Ruta	Ausencia de un sistema que organice los localizadores para recorrer la distancia más corta	MÉTODO
2. Picking de Cables	Falta de metodología que facilite y simplifique el chequeo	MÉTODO
	Método tedioso para verificar las medidas del cable	
	No existen herramientas determinadas para facilitar la operación	MATERIALES
3. Extracción de Equipos	Herramientas para la extracción no adecuadas	MATERIALES
	Falta de conocimiento de la forma o utilidad del equipo a extraer	MANO DE OBRA
	Herramientas para la extracción no están al alcance y hay que buscarlas	MATERIALES
4. Auditoría (Conteo de líneas)	Falta de metodología que simplifique y facilite el conteo	MÉTODO
	Metodología de conteo obsoleta y no planificada	
	Herramientas para el conteo no adecuadas para la operación	MATERIALES
5. Repack de Cajas	No existe un lugar o método específico para la operación	MÉTODO
	Cajas y cinta adhesiva no disponibles en un solo lugar, hay que buscarlas	MATERIALES

Tabla 27. Factores Improductivos que ocasionan los retrasos o cuellos de botellas en el despacho de mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

V.4 ANÁLISIS DE LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS

De manera de finalizar el diagnóstico de la situación actual, se realizó un análisis de la utilización de los recursos operativos actuales que se emplean en los distintos procesos logísticos del almacén (ver tabla 13). El objetivo de este análisis es conocer si la cantidad de recursos que se tienen planificados para cada operación, es el más adecuado para satisfacer la demanda de despachos y recepciones que solicita mensualmente Huawei Technologies Co., por lo que a continuación se enumera el procedimiento realizado para llevar a cabo el análisis mencionado:

1. Diseño de un Modelo de Simulación que represente la situación actual y que este basado en la caracterización de los procesos realizada en el capítulo anterior.
2. Selección de los escenarios de estudio para evaluar el comportamiento de la utilización de recurso frente a situaciones de mucha, poca y media demanda de despachos y recepciones.
3. Análisis de los resultados de la simulación, enmarcado en solo la utilización mensual de recursos.

V.4.1 Representación de la situación actual

Como se dijo anteriormente, se utilizó la simulación como herramienta para realizar el análisis de la utilización de los recursos operativos, por lo que se diseño un modelo de simulación siguiendo los pasos recomendados por Altiok y Melamed (2007) en el marco teórico del presente trabajo:

- **Planteamiento del Problema:** Necesidad de evaluar el comportamiento de la utilización mensual de los recursos operativos actuales, para poder determinar si se está llevando a cabo o no, la configuración adecuada de recursos.

- **Objetivos de la Simulación:**

- ✓ Representar la situación actual de los procesos operativos del almacén.
- ✓ Determinar si la configuración actual de recursos operativos es la más adecuada para satisfacer la demanda mensual de despachos y recepciones.
- ✓ Proponer alternativas de mejora en la configuración actual de recursos

- **Conceptualización del modelo:** para representar la situación actual del almacén, se siguió la caracterización de los procesos realizada en el capítulo anterior. El modelo de simulación diseñado está basado en la siguiente conceptualización:

Recepción y Almacenamiento

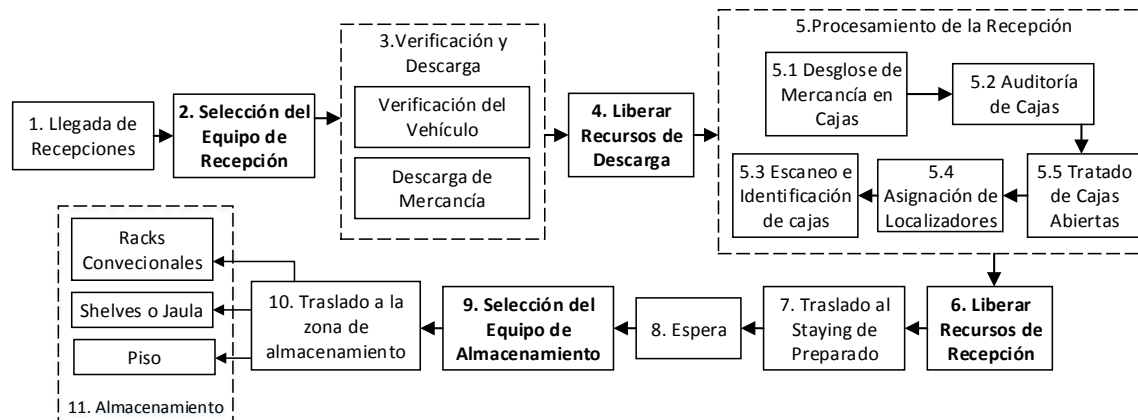


Figura 10. Conceptualización del Proceso de Recepción para el Modelo de Simulación.

Fuente: Elaboración Propia

El comportamiento del modelo de simulación en el proceso de recepción sigue el flujo observado en la figura 10. Para poder representarlo se determinaron los siguientes parámetros y variables:

- Tiempo entre llegadas y Frecuencia de llegadas de todos los tipos de recepciones, importaciones (normales y críticas) y devoluciones.
- Parámetro de recursos necesarios para:
 - ✓ La “Selección del Equipo de Recepción”, el cual está conformado por: (a) Un Almacenista I, (b) Un Almacenista II, (c) Un Conductor de Montacargas, (d) Un Montacargas Eléctrico y (e) Un Andén de Descarga.
 - ✓ La “Selección del Equipo de Almacenamiento”, el cual está conformado por: (a) Un Almacenista I, (b) Un Conductor de Montacargas y (c) Un Montacargas Eléctrico
- Distribución de: (a) La cantidad de Cajas recibidas por tipo de recepción, (b) La cantidad de cajas por paleta, (c) La cantidad de localizadores asignados por tipo de recepción, y (d) El Tiempo de espera en el Staving de preparado.

- La proporción de: (a) Las importaciones críticas y normales recibidas, y (b) Los localizadores según su ubicación para almacenamiento (Racks, Shelving o Piso).
- Tiempos Operativos de: (a) La verificación del vehículo y descarga de mercancía, (b) El procesamiento de recepción, (c) El traslado al Staying de Preparado, y (d) El traslado y almacenamiento de mercancía.

Preparación y Despacho de Mercancía

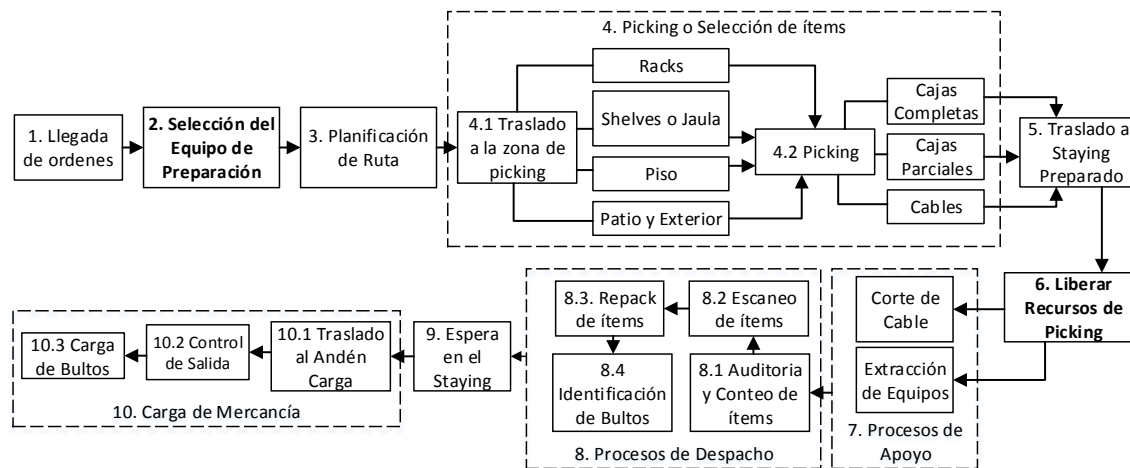


Figura 11. Conceptualización del Proceso de Despacho para el Modelo de Simulación.

Fuente: Elaboración Propia

El comportamiento del modelo de simulación en el proceso de despacho sigue el flujo observado en la figura 11. Para poder representarlo se determinaron los siguientes parámetros y variables:

- Tiempo entre llegadas y Frecuencia de llegadas de todos los tipos de órdenes de despachos o documentos (normales y críticos)
- Parámetro de recursos necesarios para la “Selección del Equipo de Preparación”, el cual está conformado por: (a) Un Almacenista I, (b) Un Conductor de Montacargas, (c) Un Montacargas Eléctrico para las zonas de racks, shelving y piso, y (d) Un Montacargas a Gas para la zona de patio.
- Distribución de: (a) La cantidad de localizadores por tipo de documento, (b) La cantidad de bultos por tipo de documento, (c) La cantidad de bultos por paleta,

- (d) La cantidad de líneas de pickeo por tipo de localizador (simple o complejo) ,
- y (e) El Tiempo de espera en el Staying de preparado.
- La proporción de:
 - ✓ Tipo de localizadores según las líneas que posea (simples o complejos)
 - ✓ Tipo de localizadores según su ubicación para el picking (Racks, Shelving, Piso o Patio) y según el tipo de documento al que pertenece (normal/crítico)
 - ✓ Tipo de líneas según el picking (completas, parciales o cables) y según al tipo de localizador al que pertenece (simple o complejo).
- Tiempos Operativos de: (a) La planificación de ruta (b) El Picking o Selección de ítems, (c) El traslado al Staying de preparado, (d) Los procesos de apoyo, (e) Los procesos de despacho, y (f) La carga de mercancía.

Auditorias y Control Perceptivo: para representar los procesos aleatorios explicados en el apartado de caracterización, se necesitó conocer sobre:

- La frecuencia y tiempo entre llegadas de estos procesos,
 - La cantidad de recursos que se necesitan para llevar a cabo las operaciones, los cuales en la situación actual son: (a) Dos Almacenistas I, (b) Un Almacenista II, (c) Un Conductor de Montacargas, y (d) Un Montacargas eléctrico.
 - El Tiempo necesario para realizar estos procesos aleatorios.
- **Obtención y Recolección de Datos:** todos los parámetros y variables de entrada planteadas en la conceptualización del modelo, son distribuciones probabilísticas determinadas con la herramienta del software Arena V14 llamada “Input Analyzer” y alimentadas con los datos recolectados en el apartado de “Recolección de Datos y Estudio de Tiempos” del presente capítulo. En el anexo A-8.1 se pueden visualizar los resultados de las distribuciones probabilísticas mencionadas.

Cabe destacar, que el período de estudio del presente trabajo fue desde el mes de Diciembre 2016 hasta el mes de Marzo 2017, y debido a que mensualmente la variabilidad en la demanda de recepciones y despachos es tan grande, los datos referidos a frecuencias y proporciones se recolectaron mensualmente, ya que no se pudo establecer una estacionalidad o tendencia en la demanda mencionada.

- **Traducción, Diseño y Construcción del Modelo:** como se mencionó en apartados anteriores, el software utilizado para desarrollar la simulación del presente estudio fue el Arena V14, el diseño, construcción y parametrización del modelo, se encuentran explicados detalladamente en el Anexo A-8.2. En la siguiente figura se puede observar la estructura del modelo en el software y los procesos operativo del almacén:

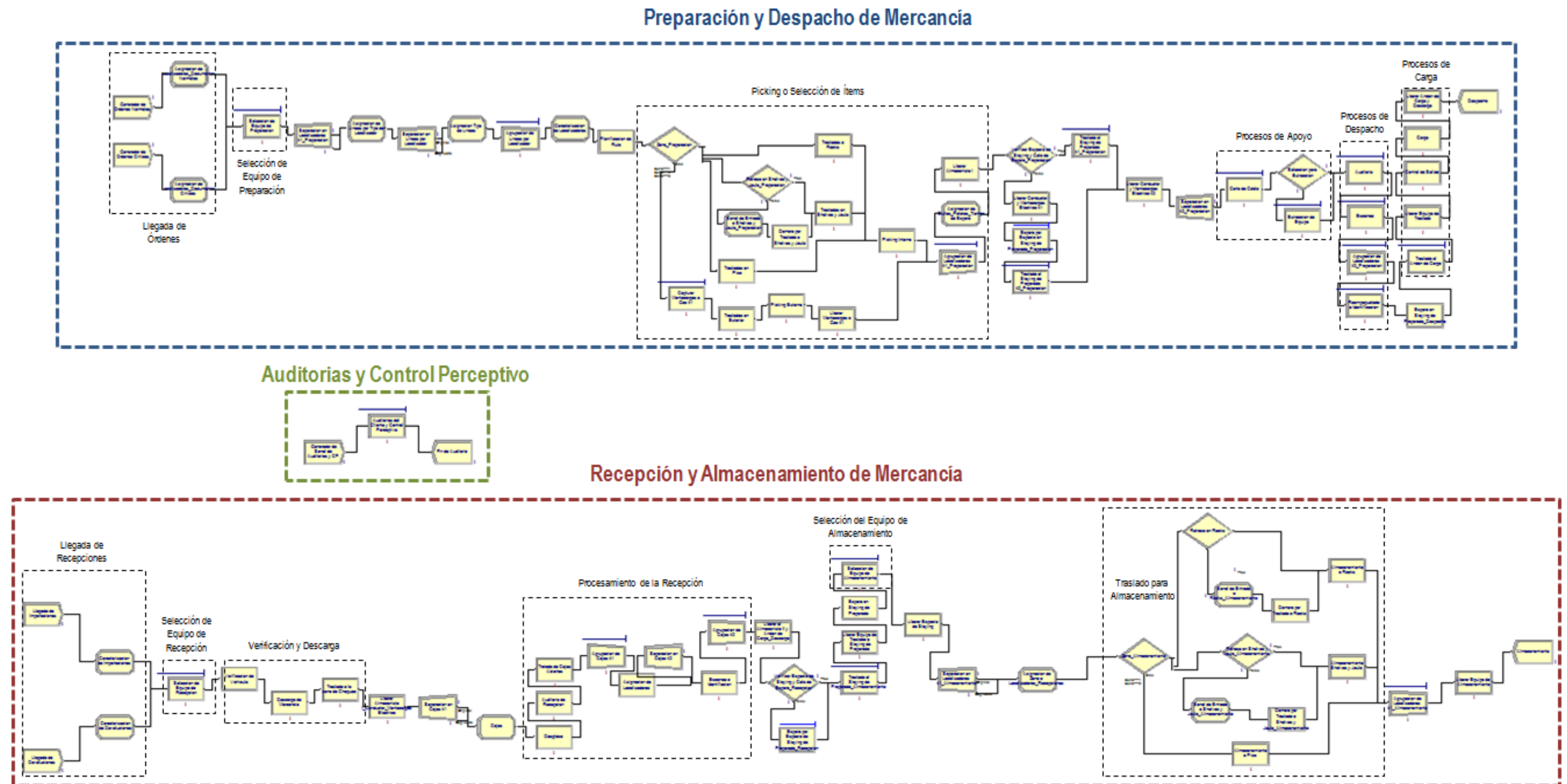


Figura 12. Representación de la situación actual de los procesos operativos mediante un modelo de simulación.

Fuente: Elaboración Propia

- **Verificación del modelo:** se realizó una verificación del modelo de tipo cualitativa, en la cual se verificó que las entidades del modelo seguían los procesos de acuerdo de a la realidad y la caracterización de procesos realizada. En el anexo A-8.2 en el apartado de Diseño del Modelo, se puede observar la descripción del flujo de entidades a través del modelo diseñado y su comparación con el sistema real.
- **Cálculo del número de replicaciones:** se utilizó la ecuación 6 para determinar el número de replicaciones necesarias. Debido a que se representó el modelo descrito para los meses de Diciembre 2016, Enero, Febrero y Marzo 2017, se calculó un número de replicaciones para cada mes, ya que cada uno posee parámetros y variables de entrada diferentes. En el anexo A-8.3, apartado Número de Replicaciones, se puede observar detalladamente el procedimiento seguido. Los resultados obtenidos fueron:

MES	NÚMERO DE REPLICACIONES
Diciembre	26
Enero	84
Febrero	96
Marzo	325

Tabla 28. Número de Replicaciones calculadas por mes. **Fuente:** Elaboración propia.

- **Validación del Modelo:** se realizó una validación por contraste de los indicadores reales (datos históricos no utilizados para la elaboración del modelo) contra los obtenidos por la simulación, en donde se compararon mediante pruebas estadísticas de hipótesis los valores simulados y reales de los siguientes indicadores o variables:
 - Número de entidades procesadas en el despacho, recepción y auditorías.
 - Tiempos de Picking o Selección de ítems.
 - Tiempos de recepción.

En el anexo A-8.4, en el apartado Validación del Modelo, se puede observar de manera más detallada la descripción del procedimiento realizado y los resultados obtenidos, los cuales señalan la conclusión de que los valores generados por la simulación, de acuerdo a los indicadores mencionados, coinciden con sus equivalentes en el sistema real, lo que refiere un modelo de simulación totalmente validado.

V.4.2 Escenarios estudiados

Tal como se mencionó en apartados anteriores, la variabilidad de la demanda de recepciones y despachos mes a mes es bastante alta, por lo que se pueden obtener meses con mucha, poca o media demanda a lo largo de un período de tiempo sin seguir una tendencia o estacionalidad. Dado que el volumen de documentos a despachar y la cantidad de recepciones a recibir mes a mes, son variables que afectan directamente la utilización mensual de los recursos operativos disponibles en el almacén, se decidió utilizar el modelo de simulación desarrollado para estudiar el comportamiento de la utilización de recursos en los meses de estudio del presente trabajo, en donde:

- Diciembre 2016 y Marzo 2017 fueron los meses con mayor demanda de recepciones y despachos (escenario crítico).
- Febrero 2017, fue el mes con menor demanda de recepciones y despachos (escenario ligero).
- Enero 2017, fue el mes de demanda media con respecto a los anteriores (escenario normal).

Cabe destacar, que todos los escenarios fueron alimentados con parámetros de entradas propios de cada mes estudiado. Una vez corrida la simulación de los escenarios mencionados, se obtuvieron los resultados observados en la tabla 33.

V.4.3 Análisis de Resultados

Sabiendo que todos los resultados mostrados en la tabla 33, son resultados promedios de las replicaciones realizadas en cada mes, se puede concluir lo siguiente:

1. Evidentemente, diciembre y marzo fueron los meses con mayor demanda mensual promedio de recepciones y despachos. (Ver gráfico 4)
2. A pesar que marzo fue el mes con mayor demanda de documentos, se puede observar en los resultados de “Number Out”, que la cantidad promedio de entidades procesadas en este mes, fue mucho menor la cantidad de entidades promedio que entraron al sistema, esto se debe a que marzo tiene los tiempos promedios de espera en el Staying más elevados. Por lo que se puede decir, que un gran número de entidades quedaron esperando en esta zona a ser despachadas.

			MARZO	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
TIPO DE RESULTADO	RESULTADO		ESCENARIO CRÍTICO		ESCENARIO NORMAL	ESCENARIO LIGERO
PROCESS	Number IN	Selección de Equipo de Preparación	303	280	167	83
		Selección de Equipo de Recepción	6	12	11	10
	Time per Entity (Days)	Espera en el Staying (Despacho)	6.016	1.964	1.992	1.578
		Espera en el Staying (Recepción)	0.955	1.310	0.065	0.515
SYSTEM	Number Out		72	221	142	82
QUEUE	Waiting Time per Entity (Hours)	Selección de Equipo de Preparación	23.95	8.71	4.44	1.15
		Selección de Equipo de Recepción	40.47	7.30	1.75	0.55
		Selección de Equipo de Almacenamiento	15.77	7.21	1.88	0.93
	Number Waiting	Selección de Equipo de Preparación	57.55	13.76	5.42	0.68
		Selección de Equipo de Recepción	1.47	0.47	0.15	0.04
		Selección de Equipo de Almacenamiento	0.49	0.38	0.12	0.07
RESOURCE	Instantaneous Utilization	Almacenista I	85.11%	80.20%	42.90%	29.00%
		Almacenista II	67.01%	45.80%	14.10%	14.40%
		Conductor	57.58%	51.00%	30.20%	20.20%
		Montacargas a Gas	0.07%	3.20%	0.30%	0.10%
		Montacargas Eléctrico	28.65%	25.00%	14.90%	9.90%
	Number Busy	Almacenista I	1.70	1.60	0.86	0.58
		Almacenista II	1.34	0.92	0.28	0.29
		Conductor	1.15	1.02	0.61	0.41
		Montacargas a Gas	0.00	0.06	0.01	0.00
		Montacargas Eléctrico	1.15	1.00	0.59	0.40
		Anden Carga-Descarga	0.03	0.08	0.05	0.04
		Área de Staying	419.49	204.11	37.63	31.37
		Compuerta	0.01	0.03	0.01	0.01
	Total Number Seized	Almacenista I	1769.92	2218.35	807.95	550.48
		Almacenista II	2621.81	3375.19	1143.68	801.01
		Conductor	328.34	502.39	313.54	181.89
		Montacargas a Gas	1.68	122.62	12.17	2.89
		Montacargas Eléctrico	328.34	502.39	313.54	181.89
		Anden Carga-Descarga	72.66	219.73	142.41	80.57
		Área de Staying	1057.50	1437.64	546.98	335.34
		Compuerta	72.29	219.62	142.29	80.55
	Scheduled Utilization	Almacenista I	85.11%	80.20%	42.90%	29.00%
		Almacenista II	67.01%	45.80%	14.10%	14.40%
		Conductor	57.58%	51.00%	30.20%	20.20%
		Montacargas a Gas	0.08%	3.20%	0.30%	0.10%
		Montacargas Eléctrico	28.65%	25.00%	14.90%	9.90%
		Anden Carga-Descarga	1.49%	3.90%	2.30%	2.10%
		Área de Staying	63.56%	30.90%	5.70%	4.80%
		Compuerta	0.94%	2.80%	0.80%	0.80%
	Number Scheduled	Almacenista I	2	2	2	2
		Almacenista II	2	2	2	2
		Conductor	2	2	2	2
		Montacargas a Gas	2	2	2	2
		Montacargas Eléctrico	4	4	4	4
		Anden Carga-Descarga	2	2	2	2
		Área de Staying (mts^2)	660	660	660	660
		Compuerta	1	1	1	1
ENTITY	Number In	Señal, Auditorias y CP	2	3	2	1
	Number Out	Señal, Auditorias y CP	0.8	2.81	1.36	1

Tabla 29. Resultados de la simulación de la situación actual frente a distintos escenarios.

Fuente: Elaboración Actual

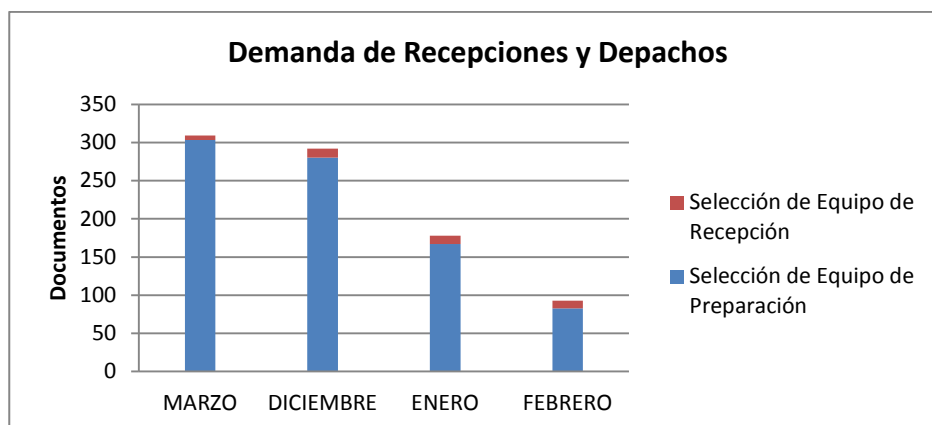


Gráfico 4. Demanda Mensual Promedio de Documentos. *Fuente:* Elaboración Propia.

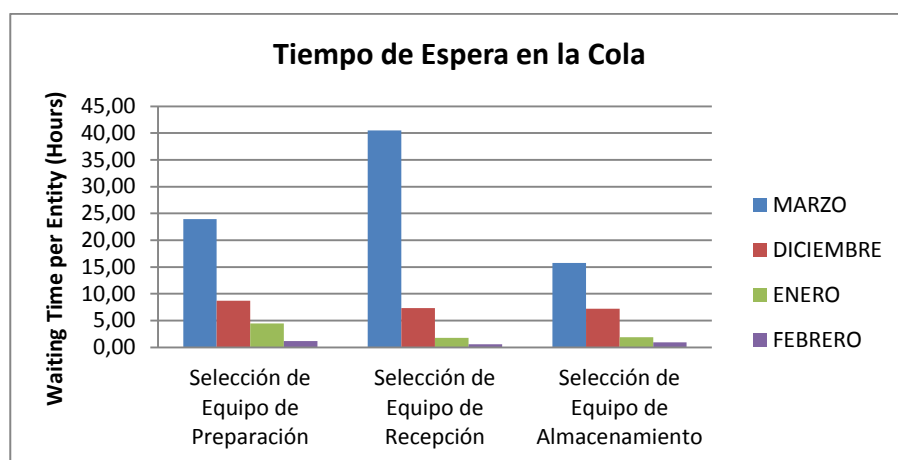


Gráfico 5. Tiempo promedio mensual de espera en la cola. *Fuente:* Elaboración propia.

- Con la configuración actual de recursos, a mayor demanda mensual de documentos a procesar, mayor será el tiempo de espera en la cola que un documento tendrá que esperar, para poder ser procesado por un equipo de preparación o recepción, esto se puede observar en el gráfico 5.
- Así mismo, los resultados de “Number Waiting” (Tamaño de Cola), expresan que a mayor demanda, existirá mayor tamaño de cola para poder seleccionar un equipo de recepción o despacho. Sin embargo, los tamaños de cola para la selección de equipos de preparación son mayores que los tamaños de cola para la selección de equipos de recepción o almacenamiento, esto se debe a que en todos los meses, la cantidad de despachos a realizar es mayor que la cantidad de recepciones a recibir.

5. Los resultados de “Instantaneous Utilization” refleja que tanto estuvieron los recursos ocupados durante toda la ejecución, es decir, durante todo el mes; por lo que su complemento refleja la porción de tiempo de ocio de los mismos. De acuerdo a la configuración actual de recursos y a los resultados obtenidos se puede decir lo siguiente:
- A mayor demanda de documentos, mayor será la utilización instantánea de los recursos y por consiguiente menor será el tiempo de ocio de los mismos.
 - En todos los escenarios, el Almacenista I es el recurso con mayor porcentaje de tiempo ocupado y menor tiempo de ocio.
 - En el escenario crítico, el Almacenista I no alcanza ni una cuarta parte de tiempo de ocio, lo que significa que durante casi todo el mes está ocupado.
 - En el escenario ligero y normal, ninguno de los recursos llega a estar ocupado ni la mitad del tiempo total del mes; por lo que en enero y febrero, todos los recursos tienen más de un 50% de tiempo de ocio.
 - En todos los escenarios, los recursos de montacargas eléctrico y gas, tienen más de un 50% de tiempo de ocio, por lo que podría decirse que este recurso está sobredimensionado de acuerdo a la demanda mensual de despachos y recepciones que solicita Huawei Technologies Co.
 - En el escenario crítico, los recursos de almacenista II y conductor tiene un tiempo de ocio de casi el 50%, por lo que podría decirse que la cantidad de recursos está sobredimensionada para la demanda mensual que solicita Huawei Technologies.
6. Los resultados de “Number Busy”, refieren las unidades de recurso promedio utilizadas durante toda la ejecución, es decir durante todo el mes; por lo que observando los resultados obtenidos se puede decir lo siguiente:
- A mayor demanda de documentos, mayor serán las unidades utilizadas por recurso durante toda el mes.
 - En todos los escenarios, de todos los recursos operativos, el recurso que tiene más unidades utilizadas es el almacenista I.

- En el escenario ligero y normal, las unidades de recurso utilizadas de todos los recursos, no son ni la mitad de las unidades totales de recursos disponibles, por lo que se puede decir que para los meses de enero y febrero, la cantidad de recursos está sobredimensionada con respecto a la demanda de documentos.
 - En todos los escenarios la cantidad de andenes de carga y descarga es el adecuado para la demanda de despachos a realizar y recepciones a recibir que solicita Huawei Technologies.
 - El hecho de que solo exista una compuerta que separe la zona de carga/descarga y el Staying de preparado, no es mayor problema, ya que la unidades de recursos utilizadas de la compuerta durante toda la ejecución, son muy bajas en todos los escenarios; por lo que para la demanda actual que solicita el cliente, no hay una frecuencia de despachos y recepciones que cogestione la compuerta de gran manera en el todo el tiempo de estudio
 - La cantidad de Montacargas a Gas disponibles para la operación está sobredimensionada, ya que las unidades utilizadas de este recurso son muy bajas en todos los escenarios.
 - La cantidad de Montacargas Eléctricos disponibles para la operación está sobredimensionada
 - La capacidad del área de Staying de Preparado es la adecuada para demanda actual del cliente, ya que en ningún escenario la cantidad de unidades utilizadas (m^2), son mayores que cantidad unidades disponibles ($660 m^2$)
 - En el escenario crítico, los recursos de Almacenista I, Almacenista II y Conductor, parecen estar bien dimensionados para la demanda que solicita el cliente, ya que la cantidad de unidades de recurso utilizadas son más de la mitad de la cantidad total de unidades de recursos disponibles.
7. Los resultados de “Total Number Seized”, representan la cantidad de veces que fue utilizado el recurso durante toda la ejecución, por lo que de acuerdo a los resultados se puede decir lo siguiente:

- En todos los escenarios, el almacenista II a pesar de no ser el recurso que más se ocupa en toda la ejecución, es el recurso que más se solicita para realizar las operaciones.
 - El Número de veces que se utiliza el andén de carga/descarga y la compuerta, corresponde al “Number Out” de unidades que salen del sistema; esto se debe a que todos los documentos recibidos o despachados tienen que pasar por la compuerta y utilizar el andén de carga/descarga.
 - En todos los escenarios, el Montacargas a Gas es el recurso que menos veces se utiliza en la operación.
 - A mayor demanda de documentos, mayor número de veces serán utilizados los recursos a lo largo de la ejecución.
8. Los resultados de “Scheduled Utilization”, representan que tan ocupado estuvo el recurso en el tiempo en el que se encontrada disponible o programado; dado que el tiempo total disponible por recurso es igual al tiempo total de la ejecución, los valores de este resultado son idénticos a los de “Instantaneous Utilization”. Sin embargo, se pueden resaltar los siguientes resultados:
- A mayor demanda de documentos, mayor utilización tendrá es área de Staying de preparado.
 - Como se dijo anteriormente, la cantidad de andenes de carga y descarga disponibles son suficientes para suplir la demanda del cliente, ya que la utilización de éstos a lo largo del período de estudio es bastante baja.
9. Finalmente, los resultados de “Number Scheduled” representan las unidades de recurso programadas o disponibles para llevar a cabo toda la operación. Se puede observar que en la situación actual, sin importar el escenario de demanda, los recursos disponibles para suplir la demanda mensual de documentos son:
- 2 Almacenistas I; 2 Almacenistas II
 - 2 Conductores
 - 4 Montacargas Eléctricos; 2 Montacargas A Gas
 - 1 Compuerta; 2 Andén de Carga/Descarga; 660 m² de Staying de preparado.

CAPÍTULO VI. DISEÑO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA

VI.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual, se puede concluir que la operación logística llevada a cabo en el Centro de Distribución “Transbel”, tiene oportunidades de mejora en cuando a:

- La parte operativa del almacén, si se logran mitigar los cuellos de botellas o retrasos encontrados en el diagnóstico.
- La configuración de recursos operativos actual, si se logra determinar un plantilla que funcione frente a distintos escenarios de demanda, sin que produzca tantos tiempos de ocio en los recursos.
- Los criterios que utilizan actualmente para medir los procesos operativos, si se formulan indicadores de desempeño que permitan medir la eficiencia real de las operaciones.

VI.1.1 Propuestas de Mejoras Operativas en el Almacén

Siguiendo las causas raíces que ocasionan los retrasos o cuellos de botella en los procesos operativos, se proponen las siguientes mejoras para mitigar los factores improductivos determinados en el diagnóstico de la situación actual:

1. Generar un calendario de mantenimiento de montacargas, que permita establecer horarios y fechas programadas para las recargas de baterías y el mantenimiento de los mismos.
2. Designar y establecer un área dentro del almacén que permita realizar la operación de desglose de mercancía de una manera más ordenada. Esta zona de debe estar acondicionada con todas las herramientas e implementos necesarios en buen estado y en un mismo sitio, para que se realice de manera más sencilla y eficiente, la separación y clasificación de mercancía.
3. Utilizar papel autoadhesivo para imprimir etiquetas o habladores que identifiquen los bultos, esto agilizaría y facilitaría esta operación.

4. Utilizar cestas plásticas para realizar la selección de productos dentro del Shelving, esto evitaría retornos a la puerta de la zona para dejar la mercancía recolectada.
5. Dotar de más escaleras a la zona de shelving para facilitar el traslado vertical entre los niveles de las estanterías.
6. Invertir en la licencia de un sistema que calcule el recorrido o distancia más corta para cada orden de despacho, con el fin de que en la lista de picking estén ordenados los localizadores para que el equipo preparación, genere el menor tiempo de recorrido y evite demoras por planificación de ruta.
7. Utilizar calcomanías de identificación en los cables que señalen la cantidad de metraje restante en los mismos, con el fin de facilitar su chequeo y medida para próximas operaciones.
8. Utilizar una especie de rodillo, que tenga un diámetro determinado y que permita facilitar la medición del cable para establecer el corte del mismo.
9. Realizar charlas de capacitación e información al personal operativo, con el fin de que conozcan la utilidad, función y apariencia de todos los posibles equipos que hayan en el almacén, con el fin de facilitar la manipulación y cuidado de los mismos en las operaciones.
10. Establecer en el almacén, una zona de herramientas y suministros que este dotada con todos los implementos, herramientas, suministros y cualquier otro objeto que sirva como apoyo para facilitar las operaciones.
11. Designar en el almacén, una zona exclusiva para el Reempaquetado de mercancía, con el fin de que se tenga el espacio y las herramientas necesarias para realizar esta operación de manera más eficiente y ordenada.
12. Implementar una metodología de conteo de ítems o piezas que facilite la manipulación de las mismas. Esta metodología puede estar constituida por aparatos y sensores de conteo que permitan llevar la cuenta de los ítems de forma digital y automática para minimizar los errores de conteo y facilitar el mismo.
13. Designar herramientas para facilitar y organizar el conteo de ítems, con el fin de realizar esta actividad de una forma más eficiente.

VI.1.2 Propuestas de Mejoras en la Configuración de Recursos

Tomando en cuenta el análisis de utilización de recursos realizado en el diagnóstico de la situación actual, se presentan a continuación las propuestas en cuanto a la configuración de recursos que se debe seguir en el almacén. Cabe destacar, que la cantidad de recursos de (a) El Andén de Carga/Descarga, (b) La Compuerta, y (c) El Área de Staying de Preparado (m^2) se mantuvieron iguales que las cantidades de la situación actual.

- Propuesta N°1: Reducción de todos los recursos sin incluir el almacenista I
- Propuesta N°2: Reducción de todos los recursos incluyendo al almacenista I
- Propuesta N°3: Unificación de los cargos en los recursos operativos, es decir en vez de diferenciar a los operarios por sus funciones, tener un personal multifuncional que esté capacitado para realizar cualquier tipo de operación.
- Propuesta N°4: Unificación y Reducción de los cargos en los recursos operativos con cinco (5) operarios.
- Propuesta N°5: Unificación y Reducción de los cargos en los recursos operativos con cuatro (4) operarios.
- Propuesta N°6: Unificación y Reducción de los cargos en los recursos operativos con tres (3) operarios.

En la siguiente tabla se puede observar mejor la configuración de recursos recomendada por cada propuesta:

	Cantidad de Recursos					
	Propuestas					
Recurso Operativo	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Almacenista I	2	1	6	5	4	3
Almacenista II	1	1				
Conductor	1	1				
Montacargas a Gas	1	1	1	1	1	1
Montacargas Eléctrico	2	2	2	2	2	2

Tabla 30. Configuraciones de Recursos propuestas.

Fuente: Elaboración Propia

Un punto importante en las propuestas en las que se unifican los cargos, es la oportunidad de mejora al reducir el número de personas empleadas en distintas operaciones. En la siguiente tabla se pueden observar las operaciones específicas que se ven impactadas por dichas propuestas con respecto a la situación actual:

Propuesta	Recursos	Operaciones de despacho	Operaciones de descarga	Control perceptivo
Cargos segregados	Almacenista I	1	1	2
	Almacenista II	1	1	1
	Conductor	1	1	1
Cargos unificados	Operarios	2	2	3

Tabla 31. Configuración interna de recursos. *Fuente:* Elaboración Propia

Siguiendo los escenarios de demanda planteados en el capítulo anterior, y con la herramienta de Arena V14, denominada “Process Analyzer”, se plantearon los escenarios de propuestas mencionados, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Escenario Crítico: (Diciembre y Marzo)

			DICIEMBRE						
			SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTAS					
				Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
RESULTADO									
Number IN	S. Eq. Preparación		280	277	275	281	285	296	276
	S. Eq. Recepción		12	12	12	12	12	12	12
Number Out			221	125	124	245	236	216	151
QUEUE	Waiting Time	S. Eq. Almacenado	7.21	18.59	28.62	4.97	10.50	19.91	45.17
		S. Eq. Preparación	8.71	23.81	27.48	5.24	10.53	20.22	38.93
		S. Eq. Recepción	7.30	22.77	29.68	2.51	7.02	17.04	35.62
	Number Waiting	S. Eq. Almacenado	0.38	0.37	1.04	0.28	0.53	0.93	1.30
		S. Eq. Preparación	13.76	36.02	41.56	8.32	17.58	32.12	58.37
		S. Eq. Recepción	0.47	3.26	1.86	0.16	0.43	1.10	2.14
	RESOURCE	Instantan. Utilization	Almacenista I	80.20%	64.80%	91.90%	58.60%	68.90%	78.80%
Almacenista II			45.80%	71.50%	43.90%				
Conductor			51.00%	80.70%	66.30%				
Montacargas a Gas			3.20%	5.20%	5.00%	3.60%	6.90%	5.80%	4.30%
Montacargas Eléct.			25.00%	39.50%	32.90%	25.80%	50.40%	46.50%	33.90%
Number Busy		Almacenista I	1.60	1.30	0.92	3.52	3.44	3.15	2.34
		Almacenista II	0.92	0.72	0.44				
		Conductor	1.02	0.81	0.66				
		Montacargas a Gas	0.06	0.05	0.05	0.07	0.07	0.06	0.04
		Montacargas Eléct.	1.00	0.79	0.66	1.03	1.01	0.93	0.68

RECURSO	Total Number Seized	Almacenista I	2218.35	1694.15	1316.89	6250.42	6165.39	5451.54	3970.81
		Almacenista II	3375.19	2593.27	1926.35				
		Conductor	502.39	344.23	332.69				
		Montacargas a Gas	122.62	100.31	93.31				
		Montacargas Eléct.	502.39	344.23	332.69				
	Scheduled Utilization	Almacenista I	80.20%	64.80%	91.90%	58.60%	68.90%	78.80%	78.10%
		Almacenista II	45.80%	71.50%	43.90%				
		Conductor	51.00%	80.70%	66.30%				
		Montacargas a Gas	3.20%	5.20%	5.00%				
		Montacargas Eléct.	25.00%	39.50%	32.90%				
	Number Scheduled	Almacenista I	2	2	1	6	5	4	3
		Almacenista II	2	1	1				
		Conductor	2	1	1				
		Montacargas a Gas	2	1	1	1	1	1	1
		Montacargas Eléct.	4	2	2	2	2	2	2
		Anden Carga- Descarga	2	2	2	2	2	2	2
		Área de Staying (mts^2)	660	660	660	660	660	660	660
		Compuerta	1	1	1	1	1	1	1
	Num In	Auditorias y CP	3	3	3				
	Num Out	Auditorias y CP	2.81	3	0				

Tabla 32. Resultado de las Propuestas de Mejora en Diciembre.

Fuente: Elaboración Propia

			MARZO						
			SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTAS					
RESULTADO		Nº1		Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6	
Number IN	S. Eq. Preparación	303		297	299	315	305	296	309
	S. Eq. Recepción	6	6	6	6	6	6	6	
Number Out		72	12	26	115	96	76	57	
QUEUE	Waiting Time	S. Eq. Almacenado	15.77	---	0.00	24.23	---	---	25.97
		S. Eq. Preparación	23.95	37.78	45.97	29.18	38.12	43.93	53.70
		S. Eq. Recepción	40.47	9.76	51.80	23.01	31.48	39.65	49.27
	Number Waiting	S. Eq. Almacenado	0.49	0.09	0.48	0.70	0.96	1.00	1.00
		S. Eq. Preparación	57.55	74.88	90.84	63.58	76.14	80.78	105.60
		S. Eq. Recepción	1.47	3.11	2.57	0.82	1.19	1.55	2.15
RESOURCE	Instantan. Utilization	Almacenista I	85.11%	61.30%	90.30%	79.40%	82.20%	82.90%	81.60%
		Almacenista II	67.01%	85.80%	63.70%				
		Conductor	57.58%	80.90%	65.70%				
		Montacargas a Gas	0.07%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
		Montacargas Eléct.	28.65%	40.30%	32.80%	27.10%	46.10%	36.70%	27.40%

RECURSO	Number Busy	Almacenista I	1.70	1.23	0.90	4.77	4.11	3.32	2.45
		Almacenista II	1.34	0.86	0.64				
		Conductor	1.15	0.81	0.66				
		Montacargas a Gas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Montacargas Eléct.	1.15	0.81	0.66	1.09	0.92	0.73	0.55
	Total Number Seized	Almacenista I	1769.92	1271.46	922.66	6155.73	5287.32	4282.81	3107.83
		Almacenista II	2621.81	1541.00	1281.21				
		Conductor	328.34	162.44	156.24				
		Montacargas a Gas	1.68	1.23	1.05	1.47	1.22	1.00	0.67
		Montacargas Eléct.	328.34	162.44	156.24	322.55	265.78	209.36	156.76
	Scheduled Utilization	Almacenista I	85.11%	61.30%	90.30%	79.40%	82.20%	82.90%	81.60%
		Almacenista II	67.01%	85.80%	63.70%				
		Conductor	57.58%	80.90%	65.70%				
		Montacargas a Gas	0.08%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
		Montacargas Eléct.	28.65%	40.30%	32.80%	27.10%	46.10%	36.70%	27.40%
	Number Scheduled	Almacenista I	2	2	1	6	5	4	3
		Almacenista II	2	1	1				
		Conductor	2	1	1				
		Montacargas a Gas	2	1	1	1	1	1	1
		Montacargas Eléct.	4	2	2	2	2	2	2
		Anden Carga-Descarga	2	2	2	2	2	2	2
		Área de Staying (mts^2)	660	660	660	660	660	660	660
		Compuerta	1	1	1	1	1	1	1
	Num In	Auditorias y CP	2	2	2				
	Num Out	Auditorias y CP	0.8	0.51	0				

Tabla 33. Resultado de las Propuestas de Mejora en Marzo.

Fuente: Elaboración Propia

Escenario Normal: (Enero)

			ENERO						
			SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTAS					
RESULTADO				Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
Number IN	S. Eq. Preparación			167	178	162	179	170	175
	S. Eq. Recepción		11	11	11	11	11	10	10
Number Out			142	128	125	166	149	148	128
QUEUE	Waiting Time	S. Eq. Almacenado	1.88	3.89	6.47	1.65	2.28	2.95	---
		S. Eq. Preparación	4.44	11.90	13.32	3.97	4.77	6.63	11.40
		S. Eq. Recepción	1.75	9.01	12.10	1.00	1.83	3.04	8.18
	Number Waiting	S. Eq. Almacenado	0.12	0.19	0.25	0.10	0.13	0.19	0.29
		S. Eq. Preparación	5.42	16.85	15.15	5.15	6.20	8.26	16.81
		S. Eq. Recepción	0.15	0.69	0.71	0.07	0.15	0.23	0.57

RESOURCE	Instantan. Utilization	Almacenista I	42.90%	39.90%	66.10%	30.50%	33.70%	42.60%	48.90%				
		Almacenista II	14.10%	27.20%	19.30%								
		Conductor	30.20%	55.60%	49.10%								
		Montacargas a Gas	0.30%	0.60%	0.60%					0.40%	0.60%	0.70%	0.60%
		Montacargas Eléct.	14.90%	27.10%	24.30%					16.70%	30.80%	30.70%	26.30%
	Number Busy	Almacenista I	0.86	0.80	0.66	1.83	1.69	1.70	1.47				
		Almacenista II	0.28	0.27	0.19								
		Conductor	0.61	0.56	0.49								
		Montacargas a Gas	0.01	0.01	0.01					0.01	0.01	0.01	0.01
		Montacargas Eléct.	0.59	0.54	0.49					0.67	0.62	0.61	0.53
	Total Number Seized	Almacenista I	807.95	715.66	717.24	2352.50	2125.51	2158.55	1907.38				
		Almacenista II	1143.68	1008.23	1013.86								
		Conductor	313.54	279.36	279.68								
		Montacargas a Gas	12.17	10.68	11.08					13.24	12.36	13.04	11.64
		Montacargas Eléct.	313.54	279.36	279.68					358.51	324.71	325.13	279.67
	Scheduled Utilization	Almacenista I	42.90%	39.90%	66.10%	30.50%	33.70%	42.60%	48.90%				
		Almacenista II	14.10%	27.20%	19.30%								
		Conductor	30.20%	55.60%	49.10%								
		Montacargas a Gas	0.30%	0.60%	0.60%					0.40%	0.60%	0.70%	0.60%
		Montacargas Eléct.	14.90%	27.10%	24.30%					16.70%	30.80%	30.70%	26.30%
	Number Scheduled	Almacenista I	2	2	1	6	5	4	3				
		Almacenista II	2	1	1								
		Conductor	2	1	1								
		Montacargas a Gas	2	1	1					1	1	1	1
		Montacargas Eléct.	4	2	2					2	2	2	2
		Anden C-D	2	2	2					2	2	2	2
		Área de Staying	660	660	660					660	660	660	660
		Compuerta	1	1	1					1	1	1	1
	Num In	Auditorias y CP	2	2	2								
	Num Out	Auditorias y CP	1.36	1.54	0								

Tabla 34. Resultado de las Propuestas de Mejora en Enero.

Fuente: Elaboración Propia

Escenario Ligero: (Febrero)

			FEBRERO							
			SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTAS						
RESULTADO				Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6	
Number IN	S. Eq. Preparación			83	78	78	80	78	76	77
	S. Eq. Recepción		10	10	10	10	10	10	10	
Number Out			82	79	75	77	77	76	76	
QUEUE	Waiting Time	S. Eq. Almacenado		0.93	1.32	1.63	0.64	0.84	1.30	2.88
		S. Eq. Preparación		1.15	3.00	2.67	0.75	1.20	1.42	3.16
		S. Eq. Recepción		0.55	2.25	1.93	0.25	0.38	0.54	1.26

RECURSO	Number Waiting	S. Eq. Almacenado	0.07	0.09	0.11	0.05	0.06	0.09	0.21
		S. Eq. Preparación	0.68	1.68	1.45	0.43	0.66	0.77	1.72
		S. Eq. Recepción	0.04	0.16	0.14	0.02	0.03	0.04	0.09
	Instantan. Utilization	Almacenista I	29.00%	28.30%	46.00%	19.00%	22.50%	27.60%	38.70%
		Almacenista II	14.40%	28.50%	23.20%				
		Conductor	20.20%	39.10%	33.80%				
		Montacargas a Gas	0.10%	0.20%	0.20%	0.10%	0.20%	0.10%	0.20%
		Montacargas Eléct	9.90%	19.10%	16.80%	9.50%	18.80%	18.40%	18.90%
	Number Busy	Almacenista I	0.58	0.57	0.46	1.14	1.13	1.11	1.16
		Almacenista II	0.29	0.29	0.23				
		Conductor	0.41	0.39	0.34				
		Montacargas a Gas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Montacargas Eléct	0.40	0.38	0.34	0.38	0.38	0.37	0.38
	Total Number Seized	Almacenista I	550.48	539.60	523.59	1377.84	1371.92	1317.71	1407.46
		Almacenista II	801.01	784.12	764.01				
		Conductor	181.89	175.30	169.51				
		Montacargas a Gas	2.89	3.06	2.62	2.96	2.84	2.49	2.67
		Montacargas Eléct	181.89	175.30	169.51	174.35	172.89	169.76	170.96
	Scheduled Utilization	Almacenista I	29.00%	28.30%	46.00%	19.00%	22.50%	27.60%	38.70%
		Almacenista II	14.40%	28.50%	23.20%				
		Conductor	20.20%	39.10%	33.80%				
		Montacargas a Gas	0.10%	0.20%	0.20%	0.10%	0.20%	0.10%	0.20%
		Montacargas Eléct	9.90%	19.10%	16.80%	9.50%	18.80%	18.40%	18.90%
	Number Scheduled	Almacenista I	2	2	1	6	5	4	3
		Almacenista II	2	1	1				
		Conductor	2	1	1				
		Montacargas a Gas	2	1	1	1	1	1	1
		Montacargas Eléct	4	2	2	2	2	2	2
		Anden C-D	2	2	2	2	2	2	2
		Área de Staying	660	660	660	660	660	660	660
		Compuerta	1	1	1	1	1	1	1
	Num In	Auditorias y CP	1	1	1				
	Num Out	Auditorias y CP	1	1	0				

Tabla 35. Resultado de las Propuestas de Mejora en Febrero.

Fuente: Elaboración Propia

VI.1.3 Propuestas de Mejora en los Criterios de Evaluación Actuales

Utilizando los valores de capacidad efectiva determinados en el diagnóstico de la situación actual, se recomienda a la GRUPO 3PL medir la eficiencia de sus procesos con los siguientes indicadores:

Preparación de Pedidos: Para medir la eficiencia en la preparación de pedidos de cada documento, se recomienda utilizar el tiempo de picking como variable a comparar, tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia del Tiempo de Pickeo (\%)} = \frac{\text{Tiempo Teórico de Pickeo}}{\text{Tiempo Real de Pickeo}} * 100$$

En donde, el tiempo teórico de pickeo es el tiempo en horas determinado con las capacidades efectivas de la tabla 20; y el tiempo real de pickeo es el tiempo que se medirá en el centro de distribución al momento de preparar un documento.

Despacho de Mercancía: Para medir la eficiencia en el despacho de pedidos, se recomienda utilizar el tiempo de despacho como variable a comparar, tal y como se muestra en a siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia del Tiempo de Despacho (\%)} = \frac{\text{Tiempo Teórico de Despacho}}{\text{Tiempo Real de Despacho}} * 100$$

En donde, el tiempo teórico de despacho es el tiempo en horas determinado con las capacidades efectivas de la tabla 20; y el tiempo real de despacho, es el tiempo que se medirá al momento realizar el control de salidas y la carga de mercancía.

Recepción de Mercancía: Para medir la eficiencia en la recepción de mercancía, se recomienda utilizar el tiempo de recepción como variable a comparar, tal y como se muestra a continuación:

$$\text{Eficiencia del Tiempo Recepción (\%)} = \frac{\text{Tiempo Teórico de Recepción}}{\text{Tiempo Real de Recepción}} * 100$$

En donde, el tiempo teórico de recepción es el tiempo en horas determinado con las capacidades efectivas de la tabla 19; y el tiempo real de recepción, es el tiempo que se medirá desde la descarga de mercancía, hasta su escaneo e identificación.

CAPÍTULO VII. EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA

VII.1 ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA

VII.1.1 Análisis Técnico.

Luego de realizar un diagnóstico de la situación actual y haber desarrollado diferentes escenarios, se debe evaluar cada alternativa para escoger aquella que ofrezca una mejor combinación de los siguientes indicadores:

- “Number Out” de la selección de equipo de preparación y recepción: refleja el número promedio de entidades que lograron entrar al sistema, por lo tanto, si este valor aumenta en alguno de los escenarios con respecto a la situación actual, éste representa una mejora en el procesamiento de las entidades (documentos, recepciones y/o controles perceptivos). Es importante contrastar su valor con los indicadores de tiempo promedio de en cola ("Waiting Time") y número promedio de entidades en cola ("Number Waiting") para ser procesadas.
- “Number Out” del sistema: muestra el número promedio de entidades totales (documentos, recepciones y auditorías) procesadas. Un incremento en este indicador refleja un aumento en la velocidad de procesamiento de las entidades, y como la variable independiente del modelo de simulación son las capacidades de los recursos, puede asumirse que dicha mejora se debe a la configuración de los mismos.
- “Waiting Time” de la selección de equipo de preparación y recepción: refleja el tiempo promedio en cola de las entidades para ser procesadas. Una disminución en este indicador, en contraste con el número promedio de entidades que lograron entrar al sistema y el número promedio de entidades en cola, representa una mejora del proceso.
- “Number Waiting” de la selección de equipo de preparación y recepción: arroja el número promedio de entidades en cola. A un menor valor de este indicador en relación con la situación actual, mejor será el escenario evaluado

- “Instantaneous Utilization” o “Scheduled Utilization”: reflejan el porcentaje de utilización de los recursos (en éste caso los dos indicadores son siempre iguales). Para poder comparar éste porcentaje entre escenarios que emplean cargos segregados y los que unifican dichos cargos en “operarios”, es necesario tomar en cuenta los indicadores “Number Busy” y “Number Scheduled”. Un aumento en la utilización representa una disminución del tiempo de ocio de los recursos y por lo tanto, un empleo más eficiente de los mismos.
- “Total Number Seized”: muestra el número de veces que se capturó un recurso.

Da do que se estudiaron cuatro períodos diferentes (diciembre, enero, febrero y marzo), fue necesario evaluar los mejores resultados de cada mes con respecto a la situación actual, tal como se muestra a continuación:

Diciembre (Escenario Crítico):

- De acuerdo con los datos obtenidos para el mes de diciembre (ver tabla 32), las propuestas que presentan una mejor combinación de indicadores son las alternativas 3 y 4. El resto de las propuestas se descartaron, ya que no generan una mejora en los resultados.
- De acuerdo a los indicadores “Number Out” de la selección de equipos, “Number Out” del sistema, tiempo promedio en cola y número promedio en cola; las dos alternativas ofrecen un aumento en las unidades procesadas; a pesar que en la propuesta N° 4, algunos indicadores se encuentren desfavorables con respecto a la situación actual (256 documentos promedio que entraron al sistema, 10,53 horas promedio de tiempo en cola y 17,58 documentos promedio en cola)
- Para poder comparar los indicadores de utilización de recursos operativos entre las propuestas de cargos segregados y las propuestas los de cargos unificados, se debe realizar el siguiente cálculo para la situación actual:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (Number\ Busy)_i}{\sum_{i=1}^n (Number\ Scheduled)_i} = \frac{1,60 + 0,92 + 1,02}{2 + 2 + 2} = 0,59 \text{ ó } 58,98\%$$

- De acuerdo al cálculo previo, los indicadores de utilización de personal (“Instantaneous Utilization” y “Scheduled Utilization”) de las dos propuestas (3 y 4), reflejan un empleo igual (58,60% para el alternativa 3) o mayor (68,90% para el alternativa 4) del recurso en el tiempo, es decir, hay menos tiempo de ocio al unificar los cargos. Esto se puede corroborar por el indicador “Total Number Seized”, en el cual se observa un mayor número de capturas del personal en las diferentes operaciones.
- La utilización de equipos (montacargas a gas y eléctricos) de la propuesta 3 (3,60% y 25,80%) es ligeramente mayor a la situación actual (3,20% y 25,00%); mientras que dicha utilización aumenta considerablemente en la alternativa 4 (6,90% y 50,40%).

Enero (Escenario Normal):

- Para el caso de enero, de acuerdo a los resultados de la tabla 34, las alternativas 3, 4 y 5 presentan indicadores favorables. El resto, al igual que en el mes de diciembre, se descartaron por no ofrecer una combinación de resultados mejor que la situación actual.
- En relación a los indicadores “Number Out”, se observa un aumento del número de entidades que logran ser procesadas (166, 149 y 148 entidades con respecto a 142 de la situación actual).
- Por otra parte, el tiempo promedio en cola (“Waiting Time”) y el número promedio de entidades en cola (“Number Waiting”) disminuye para la propuesta 3 y aumenta levemente para la alternativa 4 (de 4,44 horas y 5,42 entidades promedio en la situación actual, a 4,77 horas y 6,20 entidades promedio). En la propuesta N° 5 éstos indicadores si aumentan considerablemente.
- Para los indicadores de utilización del personal, los tres escenarios muestran valores superiores a los obtenidos en la situación actual. Sin embargo, el máximo valor se observa en a alternativa N° 5 (42,60% en relación a 29,17% de la situación actual).

Febrero (Escenario Ligero):

- En los resultados de la tabla 35, se observa que febrero es el mes menos exigente en cuanto a la utilización de recursos. Por lo tanto, este mes no restringe la selección de una propuesta de mejora.
- Debido a que el número de entidades procesadas y que entraron al sistema, es menor que la situación actual, se seleccionaron las propuestas que tuviesen una utilización de recursos más alta que el presente, un tiempo promedio en cola bajo y un número promedio de entidades en cola bajo. De acuerdo a éste criterio, solo se tomaron en cuenta las alternativas 4 y 5 con porcentajes de utilización de personal de 22,50% y 27,60% respectivamente, por encima del 21,33% de la situación actual.
- La utilización de equipos para el escenario 4 es el doble de la situación actual (0,20% de montacargas a gas y 18,80% de montacargas eléctrico con respecto a 0,10% y 9,50% del presente) y se mantiene en el escenario 5.

Marzo (Escenario Crítico):

- De acuerdo con la tabla 33, el mes de Marzo es un período crítico por el número de entidades (específicamente documentos de despacho) que llegan al sistema, por lo tanto, el número de entidades procesadas es un indicador a tomar en cuenta en los escenarios de este período. Según este criterio, las alternativas 3 y 4 arrojan un mayor número de entidades procesadas, a pesar de tener un menor número de documentos que ingresaron al sistema (191 y 159 documentos promedio con respecto a 210 documentos promedio). Sin embargo, la utilización de recursos de las dos propuestas es mayor que en la situación actual (79,40% y 82,20% con respecto a 69,83%).
- Por otra parte, el número promedio de captura de personal en el mes (“Total Number Seized”) es considerablemente mayor en los dos escenarios con respecto a la situación actual (6155,73 y 5287,32 capturas promedio de recursos con respecto a 4720,07 capturas promedio).

Por otro lado, observando otros indicadores de los resultados obtenidos, se puede afirmar que no es posible optar por la propuesta N° 2, ya que para cualquier período, el número de auditorías y controles perceptivos completados es igual a cero (0). Esto se debe a la falta del personal necesario para llevar a cabo dicho proceso, el cual requiere dos (2) almacenistas I.

En conclusión, en la siguiente tabla se muestra la frecuencia de selección de las mejores propuestas por mes. Según dicha tabla, es posible descartar la alternativa 5 y realizar el análisis técnico cuantitativo (% de mejoras) y el análisis económico, sobre las propuestas restantes (3 y 4) para evaluar su factibilidad.

	Propuestas seleccionadas		
Diciembre	3	4	
Enero	3	4	5
Febrero		4	5
Marzo	3	4	
Frecuencia de selección por mes	3	4	2

Tabla 36. Propuestas seleccionadas por mes.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en las siguientes tablas, se pueden observar las mejoras cuantitativas de las propuestas 3 y 4 con respecto a la situación actual:

Análisis Cuantitativo de Mejoras – Diciembre (Escenario Crítico)						
Indicador		Situación actual	Propuesta N° 3	% de mejora	Propuesta N° 4	% de mejora
Number Out	S. Equipo Preparación	259	264,846	2,24%	256	-1,08%
	S. Equipo de Recepción	11	11,769	8,12%	11	3,53%
	Sistema	221	245,038	10,70%	236	6,50%
Waiting Time	S. Equipo Preparación	8,709	5,244	39,79%	10,532	-20,93%
	S. Equipo de Recepción	7,303	2,505	65,70%	7,023	3,83%
Number Waiting	S. Equipo Preparación	14	8	39,53%	18	-27,76%
	S. Equipo de Recepción	0	0	66,17%	0	7,66%
Instantaneous Utilization	Personal	58,98%	58,6%	-0,65%	69%	16,81%
	Montacargas Eléctrico	25,00%	25,8%	3,20%	50%	101,60%
	Montacargas a Gas	3,20%	3,6%	12,50%	7%	115,63%

Total Number Seized	Personal	6096	6250	2,53%	6165	1,14%
	Montacargas Eléctrico	502	533	6,15%	514	2,40%
	Montacargas a Gas	123	134	9,07%	131	6,62%

Tabla 37. Análisis cuantitativo de mejoras para el mes de diciembre.

Fuente: Elaboración propia

Análisis Cuantitativo de Mejoras – Enero (Escenario Normal)						
Indicador		Situación actual	Propuesta N° 3	% de mejora	Propuesta N° 4	% de mejora
Number Out	S. Equipo Preparación	151	171	13,66%	155	2,69%
	S. Equipo de Recepción	10	10	4,90%	10	3,60%
	Sistema	142	166	16,61%	149	4,77%
Waiting Time	S. Equipo Preparación	4,44	3,972	10,54%	4,77	-7,41%
	S. Equipo de Recepción	1,75	0,995	43,08%	1,83	-4,46%
Number Waiting	S. Equipo Preparación	5	5	4,86%	6	-14,44%
	S. Equipo de Recepción	0	0	54,30%	0	3,97%
Instantaneous Utilization	Personal	29,08%	30,5%	4,87%	33,70%	15,87%
	Montacargas Eléctrico	14,90%	16,7%	12,08%	30,80%	106,71%
	Montacargas a Gas	0,30%	0,4%	33,33%	0,60%	100,00%
Total Number Seized	Personal	2265,167	2352,5	3,86%	2125,512	-6,17%
	Montacargas Eléctrico	313,536	358,512	14,34%	324,714	3,57%
	Montacargas a Gas	12,167	13,238	8,80%	12,357	1,56%

Tabla 38. Análisis cuantitativo de mejoras para el mes de enero.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Cuantitativo de Mejoras – Febrero (Escenario Ligero)						
Indicador		Situación actual	Propuesta N° 3	% de mejora	Propuesta N° 4	% de mejora
Number Out	S. Equipo Preparación	80	77	-4,18%	75	-6,51%
	S. Equipo de Recepción	10	10	0,72%	10	1,53%
	Sistema	82	77	-5,26%	77	-5,02%
Waiting Time	S. Equipo Preparación	1,15	0,748	34,79%	1,20	-4,80%
	S. Equipo de Recepción	0,55	0,246	54,86%	0,38	29,91%
Number Waiting	S. Equipo Preparación	1	0	37,08%	1	2,22%
	S. Equipo de Recepción	0	0	53,85%	0	30,77%

Instantaneous Utilization	Personal	21,23%	19,0%	-10,52%	22,50%	5,97%
	Montacargas Eléctrico	9,90%	9,5%	-4,04%	18,80%	89,90%
	Montacargas a Gas	0,10%	0,1%	0,00%	0,20%	100,00%
Total Number Seized	Personal	1533,374	1377,844	-10,14%	1371,917	-10,53%
	Montacargas Eléctrico	181,885	174,354	-4,14%	172,885	-4,95%
	Montacargas a Gas	2,885	2,958	2,53%	2,844	-1,42%

Tabla 39. Análisis cuantitativo de mejoras para el mes de febrero.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis Cuantitativo de Mejoras – Marzo (Escenario Crítico)						
Indicador		Situación actual	Propuesta N° 3	% de mejora	Propuesta N° 4	% de mejora
Number Out	S. Equipo Preparación	210	191	-8,83%	159	-24,27%
	S. Equipo de Recepción	5	5	-3,81%	5	-3,87%
	Sistema	72	115	59,12%	96	32,67%
Waiting Time	S. Equipo Preparación	23,95	29,178	-21,81%	38,12	-59,12%
	S. Equipo de Recepción	40,47	23,01	43,15%	31,48	22,23%
Number Waiting	S. Equipo Preparación	58	64	-10,48%	76	-32,29%
	S. Equipo de Recepción	1	1	44,04%	1	19,17%
Instantaneous Utilization	Personal	69,83%	79,4%	13,70%	82,20%	17,71%
	Montacargas Eléctrico	28,65%	27,1%	-5,41%	46,10%	60,91%
	Montacargas a Gas	0,07%	0,1%	42,86%	0,10%	42,86%
Total Number Seized	Personal	4720,07	6155,726	30,42%	5287,323	12,02%
	Montacargas Eléctrico	328,34	322,548	-1,76%	265,782	-19,05%
	Montacargas a Gas	1,6769	1,465	-12,64%	1,218	-27,37%

Tabla 40. Análisis cuantitativo de mejoras para el mes de marzo.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las mejoras cuantitativas mostradas en las tablas previas, la alternativa N° 3 representa una mejor elección desde un punto de vista técnico, ya que presenta un equilibrio entre las mejoras de los indicadores y satisface los meses críticos (diciembre y marzo).

VII.1.2 Análisis Económico.

De acuerdo a los costos facilitados por la empresa, es posible conocer: (a) el costo total mensual de la plantilla, y (b) el costo total mensual de alquiler de los equipos, asociados a cada escenario propuesto. Sin embargo, para las propuestas en las cuales se unifican los cargos se desconoce el costo de dicho personal, por lo tanto, se asumirá que el costo de un (1) operario es equivalente al costo del almacenista II por ser el personal más capacitado. Además, cabe resaltar, que los equipos de montacargas usados por GRUPO 3PL no son propios y requieren de un costo mensual asociado a su alquiler. En la siguiente tabla se exponen los costos de cada cargo y equipo.

Recurso	Costo unitario
Montacarguista	365.330,35 Bs. F.
Almacenista I	296.706,80 Bs. F.
Almacenista II	319.570,35 Bs. F.
Operario	319.570,35 Bs. F.
Montacargas Eléctrico	2.100.000,00 Bs. F.
Montacargas a Gas	1.800.000,00 Bs. F.

Tabla 41. Costos unitarios del personal y los equipos en bolívares.

Fuente: Elaboración propia.

Recurso	Situación Actual		Propuesta N° 3		Propuesta N° 4	
	Cantidad	Costo total por partida	Cantidad	Costo total por partida	Cantidad	Costo total por partida
Montacarguista	2	730.660,69 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.
Almacenista I	2	593.413,60 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.
Almacenista II	2	639.140,69 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.
Operario	0	0,00 Bs. F.	6	1.917.422,08 Bs. F.	5	1.597.851,74 Bs. F.
	Total	1.963.214,99 Bs. F.	Total	1.917.422,08 Bs. F.	Total	1.597.851,74 Bs. F.

Tabla 42. Costo total de la plantilla según las propuestas seleccionadas.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 42, se aplicaron estos costos solo al personal para poder observar el costo final de la plantilla de cada una de los escenarios. De acuerdo a este costo, la alternativa N° 4 resulta más atractiva por representar una mayor diferencia entre el costo actual y el costo de la propuesta (365.363,25 Bs. F.). Sin embargo, la alternativa N° 3 permite mantenerse por debajo del costo actual con una diferencia de 45.792,91 Bs. F. y ofrece mejores resultados a nivel técnico. En la tabla 43 se muestra el costo total de los dos escenarios agregando el costo de los equipos (montacargas a gas y eléctrico).

Recurso	Situación Actual		Propuesta N° 3		Propuesta N° 4	
	Cantidad	Costo total por partida	Cantidad	Costo total por partida	Cantidad	Costo total por partida
Montacarguista	2	730.660,69 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.
Almacenista I	2	593.413,60 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.
Almacenista II	2	639.140,69 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.	0	0,00 Bs. F.
Operario	0	0,00 Bs. F.	6	1.917.422,08 Bs. F.	5	1.597.851,74 Bs. F.
Montacargas Eléctrico	2	4.200.000,00 Bs. F.	1	2.100.000,00 Bs. F.	1	2.100.000,00 Bs. F.
Montacargas a Gas	4	7.200.000,00 Bs. F.	2	3.600.000,00 Bs. F.	2	3.600.000,00 Bs. F.
	Total	13.363.214,99 Bs. F.	Total	7.617.422,08 Bs. F.	Total	7.297.851,74 Bs. F.

Tabla 43. Costo total de los recursos según las propuestas seleccionadas.

Fuente: Elaboración propia.

VII.2 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DE MEJORA SELECCIONADA

A partir del análisis técnico-económico realizado, se puede escoger la alternativa que sea económicamente viable y que ofrezca mayor cantidad de mejoras en la configuración de recursos.

La propuesta N° 3 ofrece mejoras considerables en los indicadores establecidos con respecto a la situación actual, principalmente en los meses críticos (diciembre y marzo). Con respecto a la utilización instantánea de los recursos, puede que dicha propuesta arroje resultados parecidos a la situación actual en relación al personal, sin embargo, al unificar los cargos y permitir que cualquier operario realice cualquier operación, los tiempos de espera en cola para procesar tanto documentos como recepciones, disminuyen (también se puede observar en el número promedio de entidades en cola). Además, gracias al aumento de la velocidad del proceso (a causa de la nueva configuración de recursos) el número de entidades procesadas aumenta en casi todos los períodos de estudio.

Tomando la propuesta N° 3 como técnicamente la mejor de todas las expuestas, hay que evaluar su impacto económico para verificar su factibilidad. De acuerdo al análisis económico realizado, dicha propuesta presenta una disminución de los costos, principalmente por la reducción de los equipos contratados. Por otra parte, el costo de la plantilla se mantiene por debajo del costo actual, con el mismo número de personas contratadas.

Luego de haber evaluado las mejoras técnicas y la factibilidad económica de la alternativa N° 3, se propone dicho escenario como la mejor configuración de recursos. Esta configuración se presenta de la siguiente forma:

- a) La segregación de cargos en almacenista I, almacenista II y conductor, desaparece y se unifican los cargos en uno solo llamado operario.
- b) Los operarios cuentan con las habilidades de los tres cargos antes expuestos, por ejemplo, poder manejar un montacargas eléctrico y uno a gas.
- c) El costo por operario debe estar cercano al costo del almacenista II, por ser el personal más capacitado con el cliente Huawei Technologies.
- d) Todos los operarios son compartidos entre los procesos, y no existen grupos de recursos (como la triada del almacenista I, el conductor y el montacargas de la situación actual), por lo tanto, si un recurso se encuentra ocioso, éste puede ser empleado en cualquier otra operación. Este aspecto de la configuración es importante para poder procesar una mayor cantidad de documentos y recepciones del sistema.
- e) La unificación de los cargos permite que se utilicen menos recursos en ciertas operaciones. Por ejemplo, en la situación actual se emplean los 3 cargos originales para recibir mercancía pero, en la propuesta de mejora se emplean solo dos operarios.
- f) El número de montacargas eléctricos contratados es de 2, debido a que tener más implica un gasto innecesario. El tiempo de mantenimiento por descarga de batería se mantiene igual a la situación actual.
- g) El número de montacargas a gas es de 1. Esto se debe a que la utilización de dicho recurso es muy baja y pasa tiempo ocioso,

Finalmente, además de la configuración de recursos seleccionada, las “Propuestas de Mejoras Operativas en el Almacén” y las “Propuestas de Mejora en los Criterios de Evaluación”, descritas en el capítulo anterior, son parte de la estructura de la propuesta que se le hace a Grupo 3PL para mejorar sus operaciones.

SECCIÓN FINAL

CONCLUSIONES

GRUPO 3PL es una empresa que presta servicios logísticos a la compañía multinacional de tecnología en telecomunicaciones Huawei Technologies. En la búsqueda de optimizar el uso del personal y equipos, se ha planteado este Trabajo Especial de Grado para desarrollar propuestas de mejora sobre la configuración de los recursos. Por tal razón se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual y el diseño de un modelo de simulación del sistema real para desarrollar alternativas de dicha configuración.

En vista del gran número de SKU que maneja la empresa (25000) y a la variabilidad de la demanda, se diseñó un modelo de simulación que evaluase mes a mes la configuración de recursos, por lo que se recopiló información mensual para el período diciembre 2016 – marzo 2017, por lo tanto, los resultados son aplicables, con un alto grado de confiabilidad, a volúmenes de mercancía ubicados entre el máximo y el mínimo volumen mensual de dicho período.

De acuerdo con los resultados obtenidos y a un análisis técnico-económico realizado sobre diferentes escenarios propuestos, se encontró una alternativa que mejora tanto la utilización de los recursos como el procesamiento de las unidades de manejo en el sistema. Según el escenario seleccionado, la segregación de cargos limita el uso de los recursos a unas operaciones específicas, lo cual disminuye la utilización y aumenta el tiempo de ocio de los recursos, por lo tanto, para mitigar estas fallas, se propone la unificación de los cargos en uno solo, llamado en este trabajo como “operarios”.

La propuesta de mejora seleccionada es técnica y económicamente factible. El costo total de la plantilla propuesta es menor que el costo de la plantilla vigente y la utilización de los recursos es igual o mayor a la situación actual (entre un 50% y 80% para los meses críticos).

Por otra parte, actualmente los montacargas tienen un alto nivel de ocio, por lo que se propone (de acuerdo a la alternativa seleccionada) aumentar la utilización reduciendo el número de equipos de 6 (eléctricos y a gas) a 3, lo cual disminuye en gran medida el costo total por equipos de manejo de materiales.

Finalmente, otras conclusiones importantes de la presente investigación son:

1. Los tiempos operativos actuales explicados en el diagnóstico de la situación actual, tuvieron un coeficiente de variación menor al 30%, lo que refiere que las muestras tomadas fueron poco variables.
2. Las capacidades efectivas determinadas, son muy diferentes a las utilizadas por la empresa actualmente para dimensionar.
3. Las operaciones que retrasan el proceso de recepción almacenamiento son: (a) La Descarga Paletizada, (b) El desglose de mercancía, (c) La Validación de Mercancía en las cajas abiertas, (d) La identificación de las cajas, y (e) el Traslado en Shelves para almacenamiento.
4. Las operaciones que retrasan el proceso de preparación y despacho son: (a) La Planificación de Ruta, (b) El Picking de Cables, (c) La Extracción de Equipos, (d) El Conteo de Mercancía y (e) El Reempaquetado de Mercancía en bultos.
5. En las importaciones críticas, el 52% del tiempo de recepción está afectado por un retraso o cuello de botella
6. En una devolución, el 49% del tiempo de recepción está afectado por un retraso o cuello de botella.
7. En un despacho crítico, el 35% del tiempo de preparación y despacho está afectado por un retraso o cuello de botella.
8. Los meses de diciembre y marzo fueron los meses con mayor demanda de recepción y despachos.
9. El mes de marzo, tuvo los tiempos de espera en el Staying más largos en el período de tiempo estudiado, lo que provoco menos despachos en este mes.
10. A mayor demanda mensual de documentos a procesar (recibir o despachar), mayor será el tiempo de espera en la cola que un documento tendrá que esperar para poder ser procesado por un equipo de preparación o de recepción.
11. En todos los meses estudiados, el Almacenista I es el recurso con mayor porcentaje de tiempo ocupado y menor tiempo de ocio

12. En los meses de enero y febrero, ninguno de los recursos llega a estar ocupado ni la mitad del tiempo total del mes, es decir, en estos meses los recursos tienen más de un 50% de tiempo de ocio en el almacén.
13. En todos los meses, los recursos de montacargas tienen más del 50% de tiempo de ocio, por lo que podría decirse que para la demanda actual, estos recursos están sobredimensionados.
14. Actualmente, la cantidad de andenes de carga y descarga disponibles son suficientes para suplir la demanda del cliente, ya que la utilización de éstos a lo largo del período de estudio es bastante baja.
15. Actualmente, la cantidad de montacargas disponibles para la operación está sobredimensionada.
16. La capacidad del área de Staying de Preparado es la adecuada para demanda actual del cliente
17. En todos los meses, el almacenista II a pesar de no ser el recurso que más se ocupa en toda la ejecución, es el recurso que más se solicita para realizar las operaciones
18. En todos los meses, el Montacargas a Gas es el recurso que menos veces se utiliza en la operación
19. De manera de: (a) aumentar la utilización mensual de los recursos, (b) disminuir los tiempos de espera en cola para realizar las operaciones, y (c) disminuir los costos mensuales asociados a la plantilla de recursos, se recomienda a GRPO 3PL unificar los cargos operativos de su plantilla a un cargo único que esté capacitado para realizar las diversas operación en el almacén.
20. De manera de mitigar los factores improductivos que ocasionan los retrasos o cuellos de botella en los procesos logísticos, se recomienda la automatización de muchas operaciones para aumentar el flujo de mercancía a través de dichos procesos, tal como se mencionó en las propuestas de mejoras operativas en el almacén.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altiok y Melaned. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Whashington DC: Acedemic Press
2. Aiteco Consultores, S. L. (2016). Qué es un diagrama de flujo – Gestión de procesos. Recuperado el día 25/04/2017 de: <http://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de>.
3. Arias, F (1997). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: Editorial Episteme C.A.
4. Cabrera, A (2014). *Propuestas de Mejora en los Procesos Logísticos de un Centro de Distribución de una empresa de tiendas de conveniencias mediante el uso de Técnicas de Simulación*. Caracas: UCAB
5. Caselli, H. (2009). *Manual de simulación con arena*. Chimbote: Universidad Nacional del Santa.
6. Hurtado, J. (2012). *Metodología de la Investigación Holística (3ra edición)*. Caracas, Venezuela: Editorial Fundación SYPAL.
7. Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo (4ta edición)*. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo.
8. Kelton, D. W., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2008). *Simulación con software Arena*. México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
9. López, C. (2001). El estudio de tiempos y movimientos. Recuperado el día 01/04/2017 de <http://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>
10. Meyers, F. E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos*. México, D. F.: Pearson Educación.
11. Meyers, F. E., & Stephen, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México, D. F.: Pearson Educación.
12. Mujica, A (2016). *Diagnóstico del Desempeño de los Procesos de Gestión y de las Operaciones Logísticas, desarrolladas en los Almacenes del Sector Consumo Masivo*

de Alimentos de una Empresa Outsourcing que presta Servicios Logísticos. Caracas: UCAB.

13. Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
14. Quintero, B (2005). Propuesta de Mejora en la Operación de los Almacenes de un Laboratorio Farmacéutico ubicado en el Sector de Guarenas. Caracas: UCAB
15. Sabino (1992). El Proceso de Investigación. Argentina: Ed. Panamericana.
16. Sampieri, R (2010). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.
17. Sargent, R. G. (1998). A tutorial on validation and verification of simulation models. En M. Abrams, P. Haigh, & J. Comfort, *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference* (págs. 33 - 39). Washington DC: IEEE.
18. Tamayo. (2001). El Proceso de la Investigación Científica (4ta edición). Ciudad de México, México: Limusa Noriega Editores.
19. UPEL (2006). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Venezuela: FEDUPEL
20. Wackerly, D. D., Mendenhall III, W., & Scheaffer, R. L. (2010). *Estadística matemática con aplicaciones*. México, D. F.: Cengage Learning Editores, S.A.
21. Walpole, R., Myers, R., Myers S. (1999). Probabilidad y estadística para ingenieros (6ta edición). Naucalpan de Juárez, México: Prentice – Hall Hispanoamericana, S.A.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN LOS PROCESOS
OPERATIVOS DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA QUE
PRESTA SERVICIOS DE OPERADOR LOGÍSTICO (ANEXOS)**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Realizado por:

Br. Mujica Hernández, Andrea Alexandra

Br. Riera Ramírez, Armando José

Profesor Guía:

Ing. Giovanni Sparacio

Fecha:

Junio de 2017

ÍNDICE GENERAL

ANEXO A-1. SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LOS FLUJOGRAMAS	1
ANEXO A-2. FLUJOGRAMAS DE LOS PROCESOS OPERATIVOS	2
ANEXO A-3. DIAGRAMAS DE PARETO PARA LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE LA DATA DE RECEPCIÓN	4
ANEXO A-4. DIAGRAMAS DE PARETO PARA LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE LA DATA DE DESPACHO	5
ANEXO A-4.1. SEGÚN EL TIPO DE DOCUMENTO DE DESPACHO.....	5
ANEXO A-4.2. SEGÚN EL TIPO DE LOCALIZADOR	10
ANEXO A-5. ESTUDIO DE TIEMPOS DE LOS PROCESOS OPERATIVOS	15
ANEXO A-5.1 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA.....	15
ANEXO A-5.2 CÁLCULO DE LOS SUPLEMENTOS DE TRABAJO	17
ANEXO A-6. CLASIFICACIÓN Y AGRUPACIÓN DE DEMORAS.....	19
ANEXO A-7. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES IMPRODUCTIVOS	21
ANEXO A-7.1 DIAGRAMAS DE CAUSA-EFECTO	21
ANEXO A-7.2 MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN.....	31
ANEXO A-8. EL MODELO DE SIMULACIÓN.....	34
ANEXO A-8.1 OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL MODELO	34
ANEXO A-8.2 DISEÑO DEL MODELO	44
ANEXO A-8.3 NÚMERO DE REPLICACIONES	68
ANEXO A-8.4 VALIDACIÓN DEL MODELO	71
ANEXO A-9. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS TEÓRICOS PARA LA FORMACIÓN DE INDICADORES.....	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Estudio de Pareto para clasificar las importaciones según la cantidad de cajas	4
Gráfico 2. Estudio de Pareto para clasificar los despachos según la cantidad de localizadores por documento (Diciembre)	6
Gráfico 3. Estudio de Pareto para clasificar los despachos según la cantidad de localizadores por documento (Enero).....	7
Gráfico 4. Estudio de Pareto para clasificar los despachos según la cantidad de localizadores por documento (Febrero).....	8
Gráfico 5. Estudio de Pareto para clasificar los despachos según la cantidad de localizadores por documento (Marzo).....	9
Gráfico 6. Estudio de Pareto para clasificar los localizadores según la cantidad de líneas que contienen (Diciembre).	11
Gráfico 7. Estudio de Pareto para clasificar los localizadores según la cantidad de líneas que contienen (Enero).....	12
Gráfico 8. Estudio de Pareto para clasificar los localizadores según la cantidad de líneas que contienen (Febrero).....	13
Gráfico 9. Estudio de Pareto para clasificar los localizadores según la cantidad de líneas que contienen (Marzo).....	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. (a) Símbolos estructurales del diagrama. (b) Símbolos para clasificar las actividades.....	1
Tabla 2. Tamaños de muestra calculados para cada operación de la recepción y despacho de	16
Tabla 3. Suplementos para diferentes tipos de trabajo.	17
Tabla 4. Suplementos de trabajo para las operaciones de recepción y almacenamiento.	18
Tabla 5. Suplementos de trabajo para las operaciones de preparación y despacho de mercancía. ..	18
Tabla 6. Clasificación y Agrupación de demoras de la Importación Crítica estudiada.....	19
Tabla 7. Clasificación y Agrupación de demoras de la Devolución estudiada.	19
Tabla 8. Clasificación y Agrupación de demoras del despacho crítico estudiado.	20
Tabla 9. Ponderación utilizada en la matriz de jerarquización.	31
Tabla 10. Matriz de Jerarquización por retraso identificado en el Proceso de Recepción.	32
Tabla 11. Matriz de Jerarquización por retraso identificado en el Proceso de Despacho.	33
Tabla 12. Distribuciones Probabilísticas de la Recepción de Diciembre	34
Tabla 13. Distribuciones Probabilísticas de la Recepción de Enero	35
Tabla 14. Distribuciones Probabilísticas de la Recepción de Febrero	35
Tabla 15. Distribuciones Probabilísticas de la Recepción de Marzo	36
Tabla 16. Proporción de localizadores según su zona de almacenamiento en Diciembre.....	36
Tabla 17. Proporción de localizadores según su zona de almacenamiento en Enero.....	37
Tabla 18. Proporción de localizadores según su zona de almacenamiento en Febrero.	37
Tabla 19. Proporción de localizadores según su zona de almacenamiento en Marzo.....	38
Tabla 20. Distribuciones probabilísticas de los tiempos de Recepción.....	38

Tabla 21. Distribuciones probabilísticas del Despacho de Diciembre	39
Tabla 22. Distribuciones probabilísticas del Despacho de Enero	39
Tabla 23. Distribuciones probabilísticas del Despacho de Febrero.	40
Tabla 24. Distribuciones probabilísticas del Despacho de Marzo.	40
Tabla 25. Proporción de localizadores en el despacho de diciembre..	41
Tabla 26. Proporción de localizadores en el despacho de enero.....	41
Tabla 27. Proporción de localizadores en el despacho de febrero.	42
Tabla 28. Proporción de localizadores en el despacho de marzo.....	42
Tabla 29. Proporciones de las operaciones de apoyo.	43
Tabla 30. Distribuciones probabilísticas de los tiempos de despacho.....	43
Tabla 31. Horas totales laboradas por mes.	45
Tabla 32. Unidades de manejo representativas por línea de proceso general.....	45
Tabla 33. Parametrización de la “Asignación de Líneas y zonas por localizados”.....	49
Tabla 34. Parametrización de las “Operaciones de Traslado y Picking. “.....	51
Tabla 35. Parametrización de la “Asignación de bultos, paletas y tiempo de espera”	52
Tabla 36. Parametrización de las “Operaciones de Traslado al Staying de preparado”	52
Tabla 37. Parametrización de las “Operaciones de Apoyo”	52
Tabla 38. Parametrización de las “Operaciones de Auditoria, Escaneo, Reempaquetado”.....	56
Tabla 39. Parametrización de la “Espera en el Staying de Preparado”	56
Tabla 40. Parametrización de las “Operaciones de Despacho”.	56
Tabla 41. Parametrización de la “Llegada y Caracterización de Recepciones”.....	59
Tabla 42. Parametrización de las “Operaciones de Recepción”.	62
Tabla 43. Parametrización de la “Operación de Traslado al Staying de Preparado”	63
Tabla 44. Parametrización de la “Espera en el Staying de Preparado”.	64
Tabla 45. Parametrización de la “Selección de Equipo de almacenamiento”	64
Tabla 46. Auditorias Programadas.....	66
Tabla 47. Parametrización de las “Operaciones de Almacenamiento”	67
Tabla 48. Cálculo del Número de Replicaciones para Diciembre	69
Tabla 49. Cálculo del Número de Replicaciones para Enero	69
Tabla 50. Cálculo del Número de Replicaciones para Febrero.....	70
Tabla 51. Cálculo del Número de Replicaciones para Marzo.....	70
Tabla 52. Pruebas de Hipótesis Realizadas.	73
Tabla 53. Resultado de Prueba T para el mes de Diciembre (Numero de entidades Procesadas) ...	74
Tabla 54. . Resultado de Prueba T para el mes de Enero (Numero de entidades Procesadas).	74
Tabla 55. Resultado de Prueba T para el mes de Febrero (Numero de entidades Procesadas).....	75
Tabla 56. Resultado de Prueba T para el mes de Marzo (Numero de entidades Procesadas).	75
Tabla 57. Resultado de Prueba T para los tiempos promedio de picking.....	76






ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma del Proceso de Recepción y Almacenamiento de Huawei Technologies.....	2
Figura 2. Flujograma del Proceso de Preparación de Pedidos y Despacho de Huawei	3
Figura 3. Diagrama Causa-Efecto de la Descarga Paletizada.....	21
Figura 4. Diagrama Causa-Efecto del Desglose de Mercancía.....	22
Figura 5. Diagrama Causa-Efecto del la Validación de Mercancía en el Tratado de Cajas	23
Figura 6. Diagrama Causa-Efecto de la Identificación de Cajas	24
Figura 7. Diagrama Causa-Efecto del traslado en shelves para el picking y el almacenamiento	25
Figura 8. Diagrama Causa-Efecto de la Planificación de Ruta.....	26
Figura 9. Diagrama Causa-Efecto del Picking de Cables	27
Figura 10. Diagrama Causa-Efecto de la Extracción de Equipos	28
Figura 11. Diagrama Causa-Efecto de la Auditoría (Conteo de líneas)	29
Figura 12. Diagrama Causa-Efecto del Reempaquetado de bultos.....	30





INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Generador de órdenes y su caracterización.....	46
Ilustración 2. Programación del módulo “Selección de Equipo de Preparación”.	47
Ilustración 3. Asignación de líneas y zonas por localizador.	48
Ilustración 4. Operaciones de Traslado y Picking.	50
Ilustración 5. Asignación de bultos, paletas y espera.	50
Ilustración 6. Traslado al Staying de Preparado.....	53
Ilustración 7. Operaciones de Apoyo.	54
Ilustración 8. Operaciones de Auditoría, Escaneo, Reempaquetado e Identificación.	55
Ilustración 9. Espera en el Staying de Preparado para el Despacho.	55
Ilustración 10. Operaciones de Despacho.	57
Ilustración 11. Llegada y Caracterización de Recepciones.....	58
Ilustración 12. Programación de la “Selección de Equipo de recepción”.	58
Ilustración 13. Operaciones de Recepción.....	60
Ilustración 14. Traslado al Staying de Preparado.....	61
Ilustración 15. Operaciones de Almacenamiento.....	65
Ilustración 16. Auditorías y Control Perceptivo.....	68
Ilustración 17. Resultados de la Prueba Mann-Whitney para los tiempos de Recepción	77

**ANEXO A-1. SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN LOS FLUJOGRAMAS O
DIAGRAMAS DE FLUJO**

ACTIVIDAD	SÍMBOLO
Inicio o Finalización	
Actividad	
Decisión/Alternativa	
Documento	
Línea de flujo	

(a)

SÍMBOLO	TIPO DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	Operación	Utilizada para aquellas actividades que agregan valor al producto y lo transforman.
	Inspección	Utilizadas para aquellas actividades que involucren control de calidad o inspección.
	Transporte	Utilizada para aquellas actividades que refieran una movilización de materiales, productos o documentos.
	Almacenamiento	Utilizadas para aquellas actividades que derivan a un almacenamiento a largo plazo
	Retraso	Utilizadas para aquellas actividades que representen un retraso dentro del proceso.

(b)

Tabla 1. (a) Símbolos estructurales del diagrama. (b) Símbolos para clasificar las actividades o etapas de los procesos. **Fuente:** Elaboración Propia.

ANEXO A-2. FLUJOGRAMAS DE LOS PROCESOS OPERATIVOS DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO (HUAWEI TECHNOLOGIES CO.)

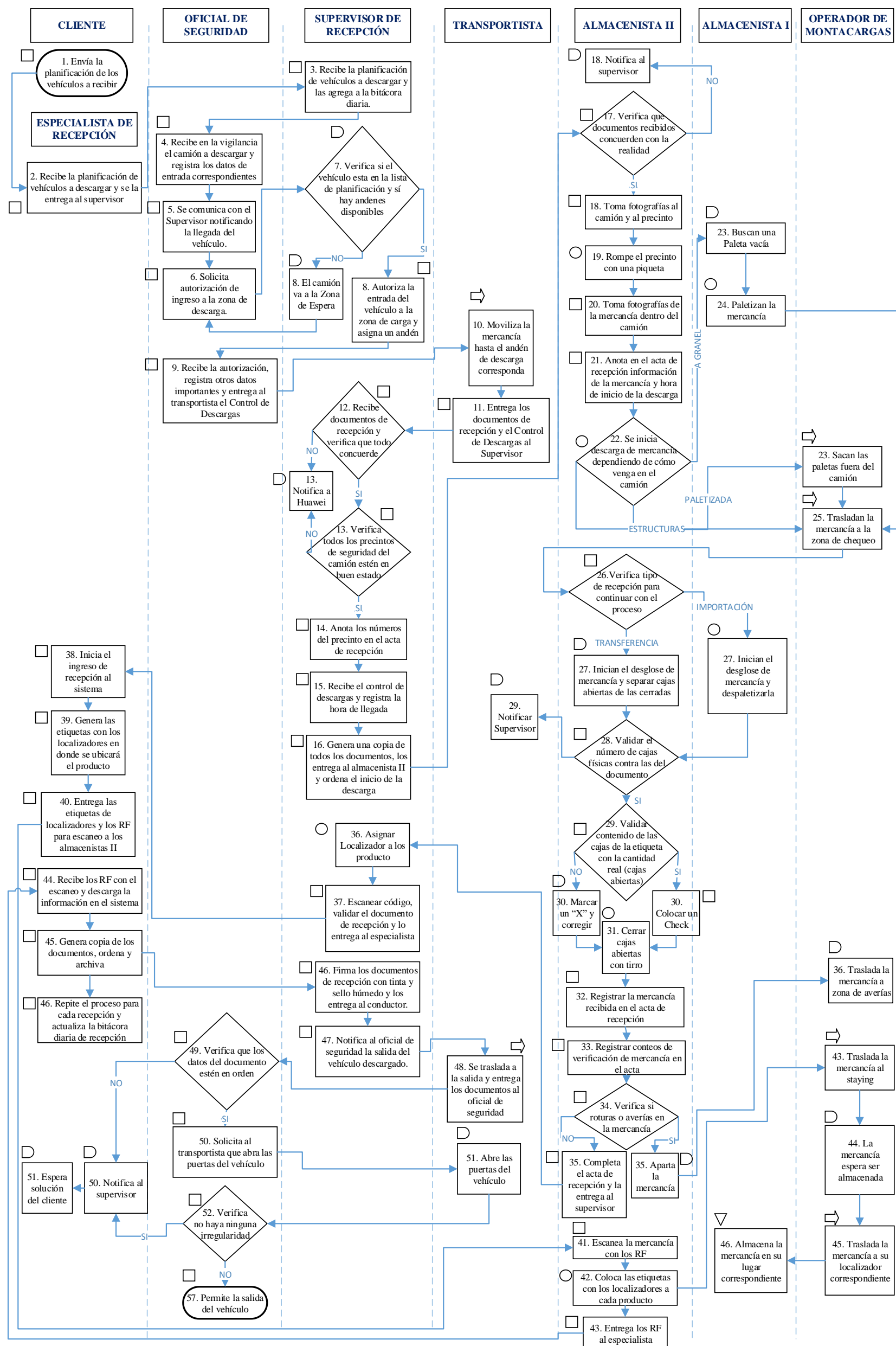


Figura 1. Flujoograma del Proceso de Recepción y Almacenamiento de Huawei Technologies Co. **Fuente:** Elaboración Propia.

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE PEDIDOS Y DESPACHO (HUAWEI TECHNOLOGIES CO.)

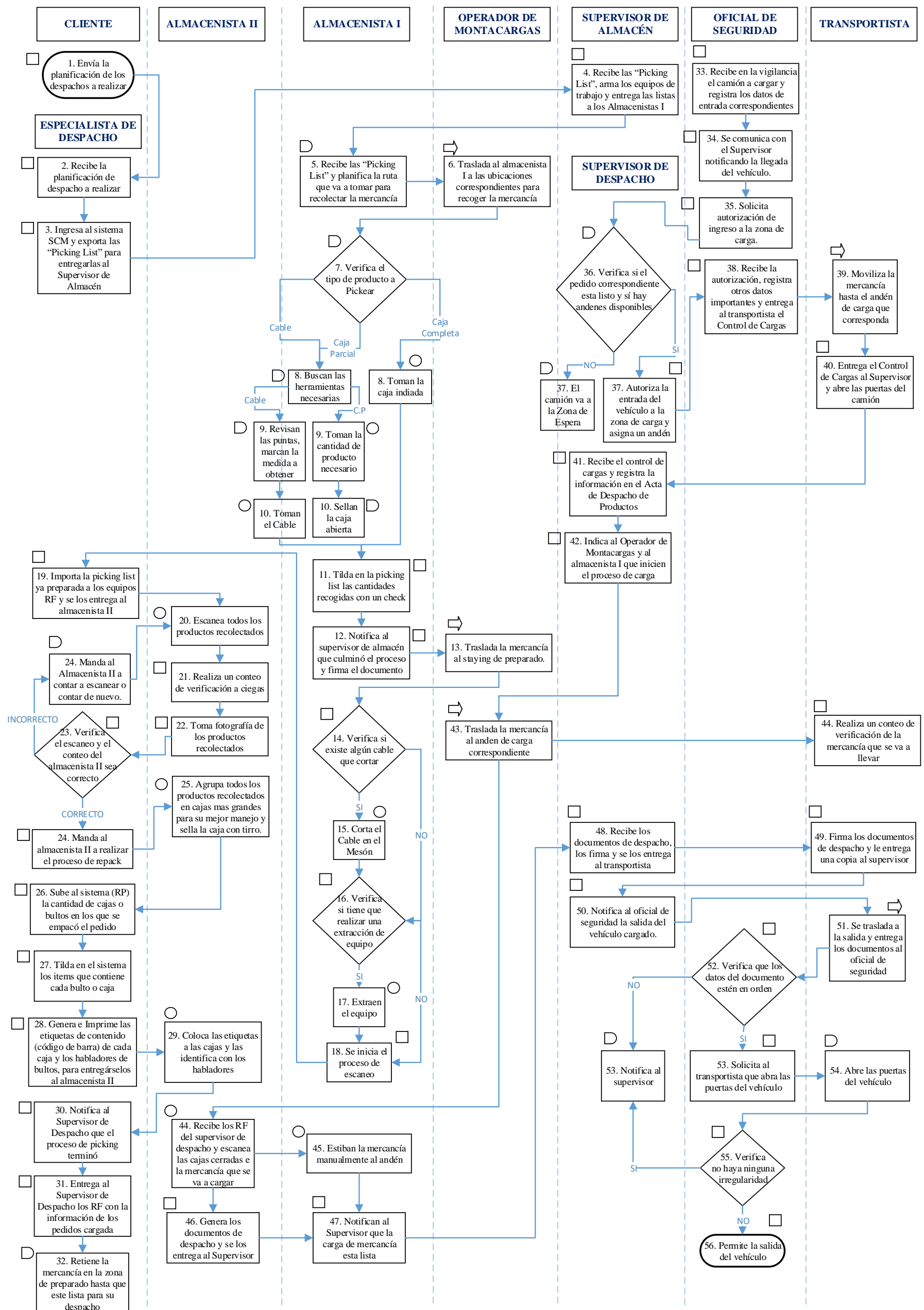


Figura 2. Flujograma del Proceso de Preparación de Pedidos y Despacho de Huawei Technologies Co. **Fuente:** Elaboración Propia.

ANEXO A-3. DIAGRAMAS DE PARETO PARA LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE LA DATA DE RECEPCIÓN

El criterio utilizado para separar y clasificar las importaciones, fue la cantidad de cajas recibidas en cada importación; a continuación se muestra el estudio de Pareto que permitió clasificar las importaciones en críticas y normales:

N° Importación	Cantidad de Cajas Por Importación	Acumulado de Cantidad de Cajas	Frecuencia Relativa Acumulada de Cajas	Condición
1	216	216	33.28%	CRITICA
2	82	298	45.92%	
3	78	376	57.94%	
4	74	450	69.34%	
5	66	516	79.51%	
6	55	571	87.98%	
7	54	625	96.30%	
8	9	634	97.69%	NORMAL
9	5	639	98.46%	
10	3	642	98.92%	
11	2	644	99.23%	
12	2	646	99.54%	
13	1	647	99.69%	
14	1	648	99.85%	
15	1	649	100.00%	

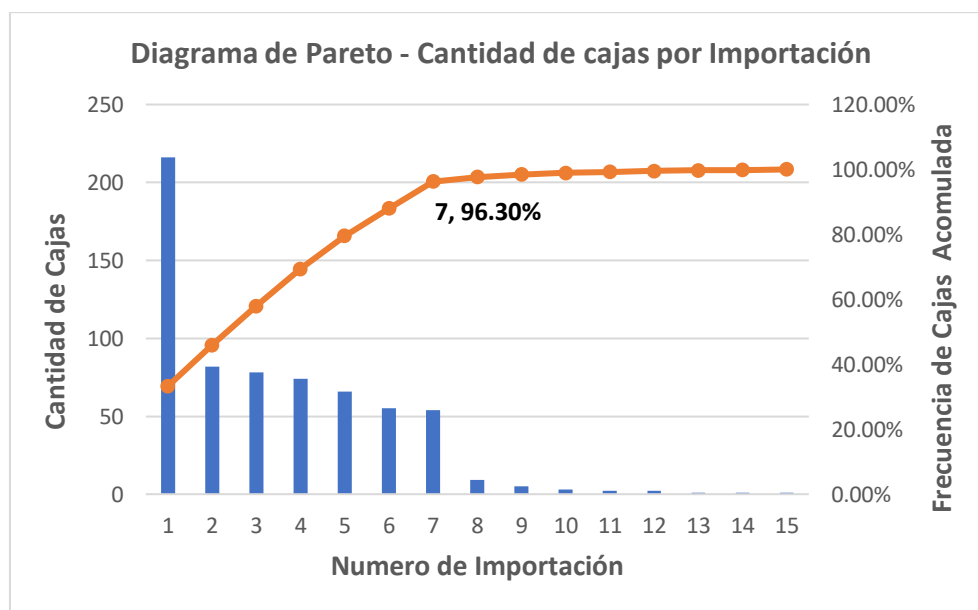


Gráfico 1. Estudio de Pareto para clasificar las importaciones según la cantidad de cajas recibidas. **Fuente:** Elaboración propia

ANEXO A-4. DIAGRAMAS DE PARETO PARA LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE LA DATA DE DESPACHO

ANEXO A-4.1. SEGÚN EL TIPO DE DOCUMENTO DE DESPACHO

El criterio utilizado para separar y clasificar los despachos según el tipo de orden o documento que reciben para hacer la preparación de pedidos, fue la cantidad de localizadores o ubicaciones a las que cada almacenista (pickeador) tiene que trasladarse para completar el pedido; a continuación se muestra el estudio de Pareto por mes, que permitió clasificar los documentos (órdenes) en críticos y normales:

Clasificación para Diciembre:

Número de Localizadores por Documento	Número de Documentos	Numero de Documentos ACUMULADO	Proporción (Documentos/Total Documentos)	
1	75	75	25.00%	DOCUMENTOS NORMALES
2	38	113	37.67%	
3	51	164	54.67%	
4	21	185	61.67%	
5	7	192	64.00%	
6	8	200	66.67%	
7	10	210	70.00%	
8	4	214	71.33%	
9	8	222	74.00%	
10	6	228	76.00%	
11	13	241	80.33%	
12	4	245	81.67%	DOCUMENTOS CRÍTICO
13	11	256	85.33%	
14	9	265	88.33%	
15	11	276	92.00%	
16	5	281	93.67%	
17	5	286	95.33%	
18	3	289	96.33%	
19	2	291	97.00%	
20	1	292	97.33%	
23	1	293	97.67%	
25	2	295	98.33%	
26	1	296	98.67%	
27	2	298	99.33%	
28	1	299	99.67%	
31	1	300	100.00%	

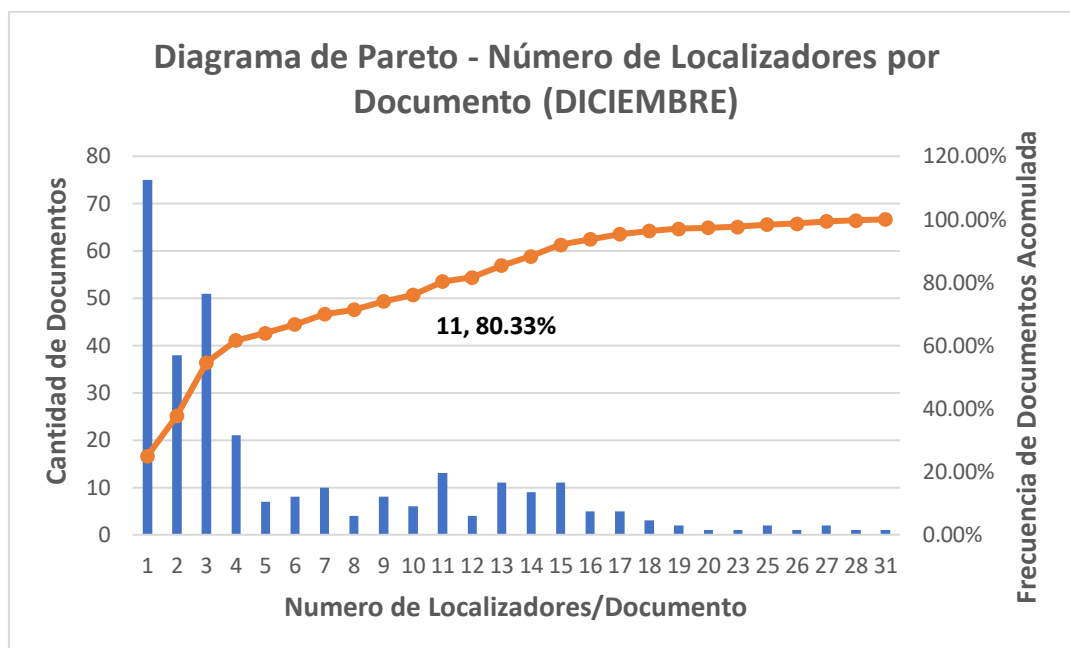


Gráfico 2. Estudio de Pareto para clasificar los despachos según la cantidad de localizadores por documento (diciembre). **Fuente:** Elaboración propia

Clasificación para Enero:

Número de Localizadores por Documento	Número de Documentos	Numero de Documentos ACUMULADO	Proporción (Documentos/Total Documentos)	
1	59	59	42.14%	DOCUMENTOS NORMALES
2	30	89	63.57%	
3	28	117	83.57%	
4	5	122	87.14%	DOCUMENTOS COMPLEJOS
5	3	125	89.29%	
6	4	129	92.14%	
7	4	133	95.00%	
9	1	134	95.71%	
10	1	135	96.43%	
11	2	137	97.86%	
13	1	138	98.57%	
15	1	139	99.29%	
21	1	140	100.00%	

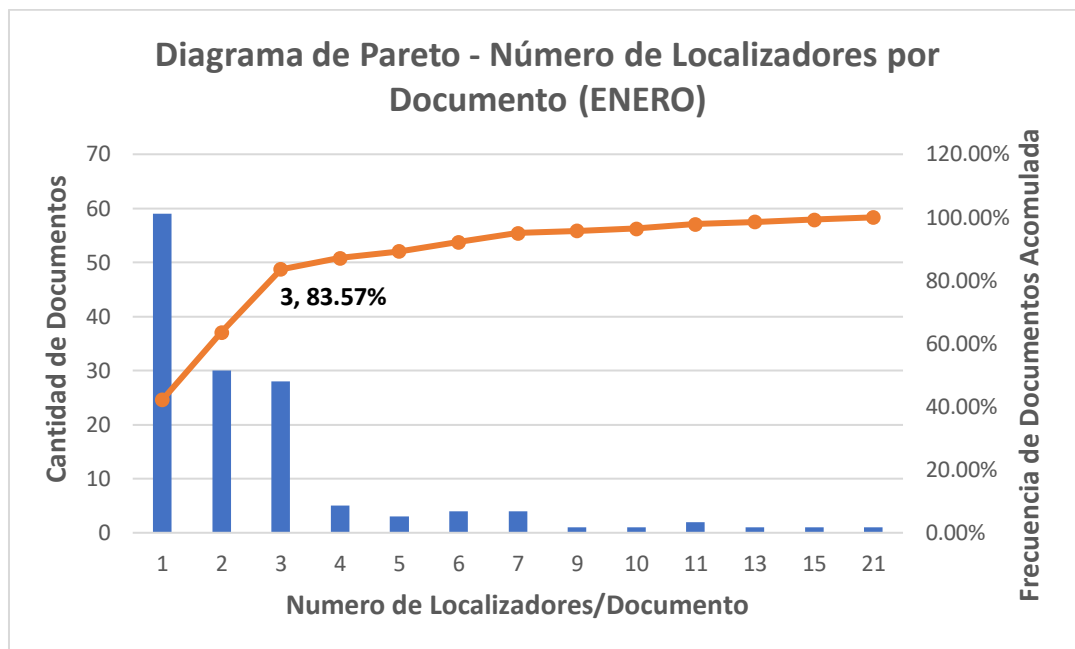


Gráfico 3. Estudio de Pareto para clasificar los despachos según la cantidad de localizadores por documento (enero). **Fuente:** Elaboración propia

Clasificación para Febrero:

Número de Localizadores por Documento	Número de Documentos	Numero de Documentos ACUMULADO	Proporción (Documentos/Total Documentos)	
1	37	37	49.33%	DOCUMENTOS NORMALES
2	10	47	62.67%	
3	4	51	68.00%	
4	1	52	69.33%	
5	3	55	73.33%	
6	5	60	80.00%	
7	3	63	84.00%	DOCUMENTOS CRITICOS
8	1	64	85.33%	
10	1	65	86.67%	
11	2	67	89.33%	
12	1	68	90.67%	
14	2	70	93.33%	
16	1	71	94.67%	
17	1	72	96.00%	
20	1	73	97.33%	
21	1	74	98.67%	
23	1	75	100.00%	

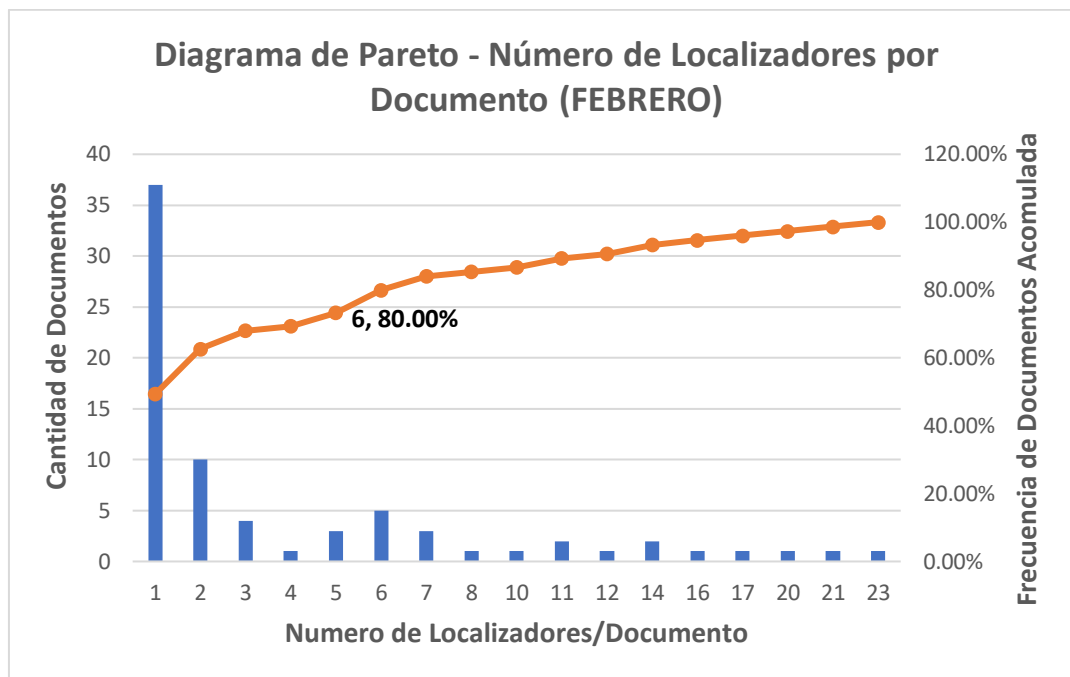


Gráfico 4. Estudio de Pareto para clasificar los despachos según la cantidad de localizadores por documento (febrero). **Fuente:** Elaboración propia

Clasificación para Marzo:

Número de Localizadores por Documento	Número de Documentos	Numero de Documentos ACUMULADO	Proporción (Documentos Total Documentos)	
1	67	67	34.90%	DOCUMENTOS NORMALES
2	17	84	43.75%	
3	21	105	54.69%	
4	10	115	59.90%	
5	5	120	62.50%	
6	12	132	68.75%	
7	12	144	75.00%	
8	6	150	78.13%	
9	2	152	79.17%	
10	1	153	79.69%	
11	3	156	81.25%	
12	3	159	82.81%	DOCUMENTOS CRITICOS
13	4	163	84.90%	
14	3	166	86.46%	
15	3	169	88.02%	
16	1	170	88.54%	
17	2	172	89.58%	

18	2	174	90.63%
20	1	175	91.15%
23	1	176	91.67%
28	1	177	92.19%
29	1	178	92.71%
30	2	180	93.75%
31	1	181	94.27%
33	1	182	94.79%
34	1	183	95.31%
35	1	184	95.83%
36	1	185	96.35%
38	2	187	97.40%
39	1	188	97.92%
40	1	189	98.44%
43	1	190	98.96%
44	1	191	99.48%
45	1	192	100.00%

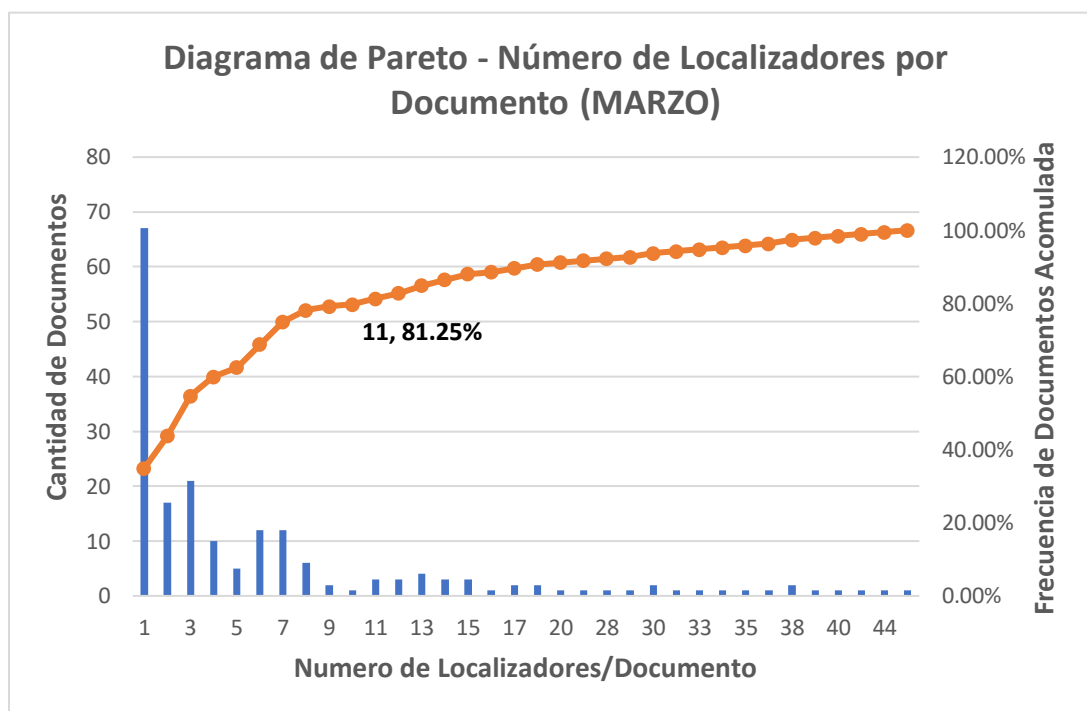


Gráfico 5. Estudio de Pareto para clasificar los despachos según la cantidad de localizadores por documento (marzo). **Fuente:** Elaboración propia

ANEXO A-4.2. SEGÚN EL TIPO DE LOCALIZADOR

Una vez que los documentos se separaron de acuerdo a la cantidad de localizadores que contienen, y sabiendo que un localizador está compuesto por una o más líneas de pickeo (ítems de productos), se volvió a separar la data de acuerdo al tipo de localizador que integra cada tipo de documento (crítico o normal); cabe destacar que este tratamiento se hizo de manera independiente a la separación de la data realizada en el anexo 4.1, por lo que un documentos normal o crítico puede estar conformado tanto por localizadores simples, como por localizadores complejos. El criterio utilizado para separar y clasificar los localizadores, fue la cantidad de líneas que poseen; a continuación se muestra el estudio de Pareto por mes, que permitió clasificar los localizadores en simples y complejos:

Clasificación para Diciembre:

LINEAS POR LOCALIZADOR	Numero de Localizadores	Número de Localizadores (ACUMULADO)	Frecuencia de Localizadores Acumulada	
1	1400	1400	76.97%	LOCALIZADORES SIMPLES
2	178	1578	86.75%	
3	79	1657	91.09%	LOCALIZADORES COMPLEJOS
4	48	1705	93.73%	
5	5	1710	94.01%	
6	18	1728	95.00%	
7	9	1737	95.49%	
8	5	1742	95.77%	
9	14	1756	96.54%	
10	4	1760	96.76%	
11	13	1773	97.47%	
12	8	1781	97.91%	
13	3	1784	98.08%	
14	14	1798	98.85%	
15	2	1800	98.96%	
17	3	1803	99.12%	
19	3	1806	99.29%	
20	1	1807	99.34%	
21	1	1808	99.40%	
22	1	1809	99.45%	
23	1	1810	99.51%	
26	2	1812	99.62%	
28	2	1814	99.73%	

29	1	1815	99.78%
30	1	1816	99.84%
41	1	1817	99.89%
57	1	1818	99.95%
88	1	1819	100.00%

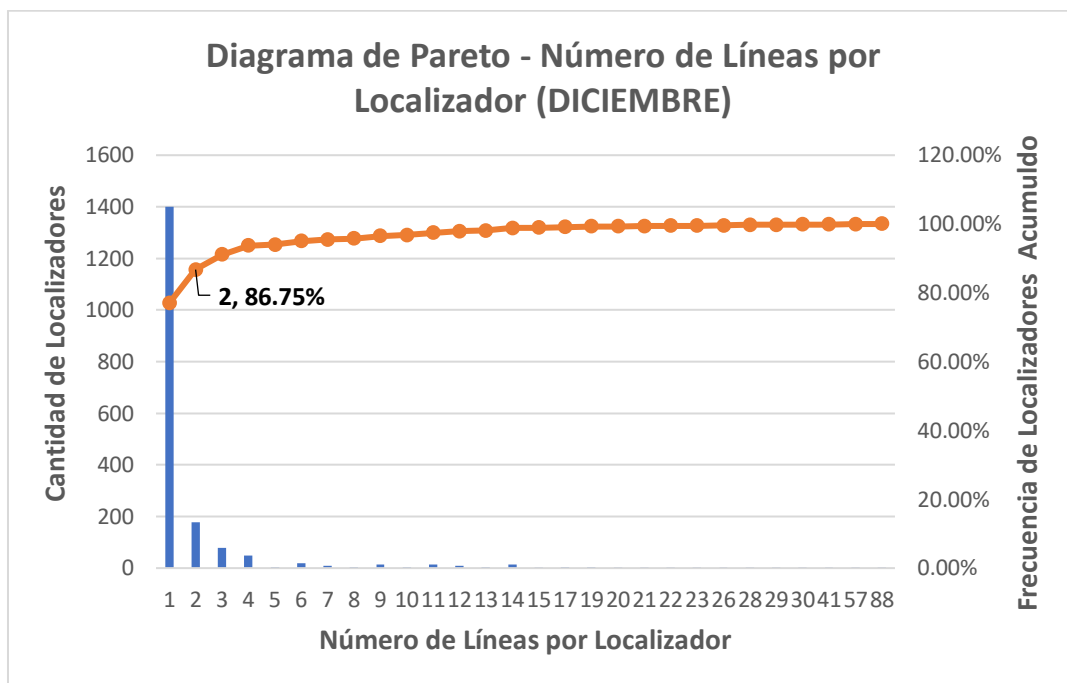


Gráfico 6. Estudio de Pareto para clasificar los localizadores según la cantidad de líneas que contienen (Diciembre). **Fuente:** Elaboración propia

Clasificación para Enero:

LINEAS POR LOCALIZADOR	Numero de Localizadores	Número de Localizadores (ACUMULADO)	Frecuencia de Localizadores Acumulada	
1	333	333	87.63%	LOCALIZADORES SIMPLES
2	27	360	94.74%	LOCALIZADORES COMPLEJOS
3	6	366	96.32%	
4	8	374	98.42%	
7	2	376	98.95%	
9	1	377	99.21%	
12	1	378	99.47%	
23	1	379	99.74%	
28	1	380	100.00%	

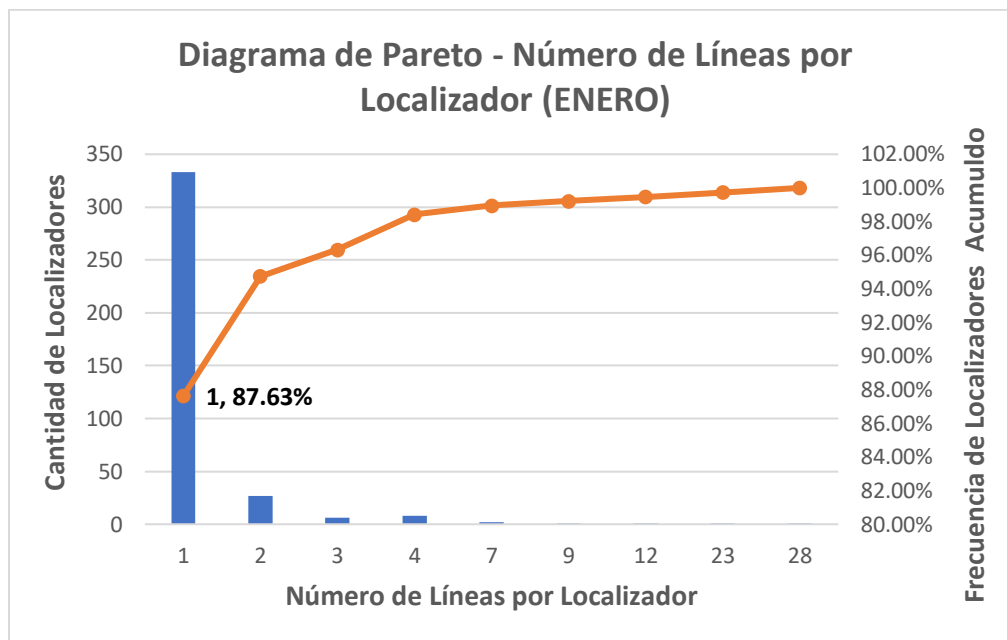


Gráfico 7. Estudio de Pareto para clasificar los localizadores según la cantidad de líneas que contienen (Enero). **Fuente:** Elaboración propia

Clasificación para Febrero:

LINEAS POR LOCALIZADOR	Numero de Localizadores	Número de Localizadores (ACUMULADO)	Frecuencia de Localizadores Acumulada	
1	236	236	74.68%	LOCALIZADORES SIMPLES
2	43	279	88.29%	
3	6	285	90.19%	
4	5	290	91.77%	
5	5	295	93.35%	LOCALIZADORES COMPLEJOS
6	3	298	94.30%	
7	4	302	95.57%	
10	1	303	95.89%	
11	2	305	96.52%	
12	2	307	97.15%	
14	5	312	98.73%	
15	1	313	99.05%	
16	1	314	99.37%	
18	1	315	99.68%	
22	1	316	100.00%	

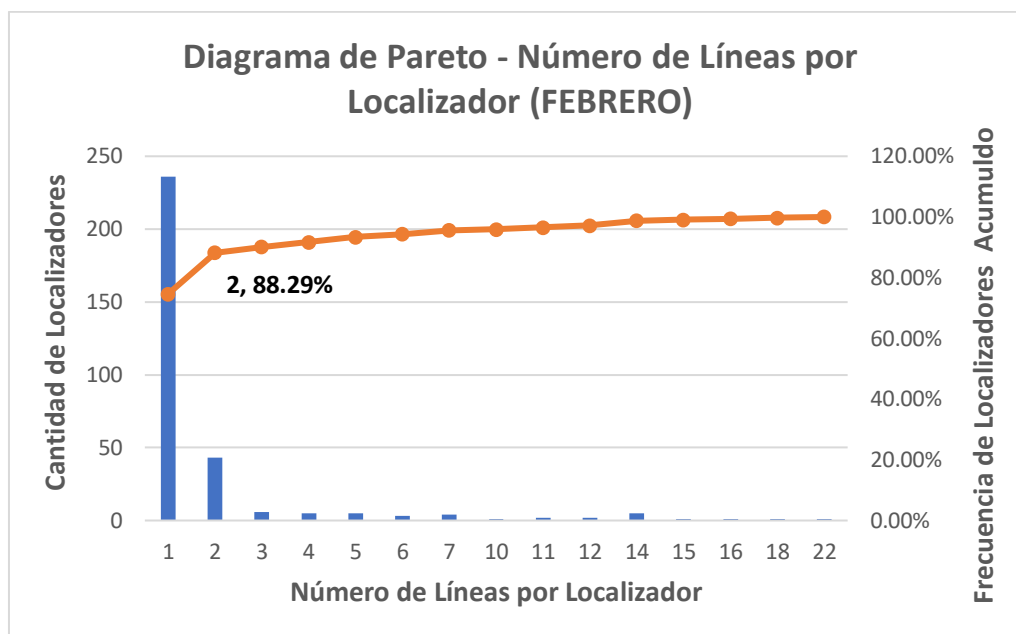


Gráfico 8. Estudio de Pareto para clasificar los localizadores según la cantidad de líneas que contienen (Febrero). **Fuente:** Elaboración propia

Clasificación para Marzo:

LINEAS POR LOCALIZADOR	Numero de Localizadores	Número de Localizadores (ACUMULADO)	Frecuencia de Localizadores Acumulada	
1	136	136	9.92%	LOCALIZADOR SIMPLE
2	882	1018	74.25%	
3	8	1026	74.84%	
4	133	1159	84.54%	
5	2	1161	84.68%	
6	83	1244	90.74%	LOCALIZADOR COMPLEJO
7	1	1245	90.81%	
8	2	1247	90.96%	
9	1	1248	91.03%	
10	7	1255	91.54%	
12	19	1274	92.92%	
14	3	1277	93.14%	
16	2	1279	93.29%	
18	5	1284	93.65%	
20	3	1287	93.87%	
21	2	1289	94.02%	
22	2	1291	94.16%	
26	1	1292	94.24%	
28	7	1299	94.75%	

30	33	1332	97.16%
31	1	1333	97.23%
32	2	1335	97.37%
34	5	1340	97.74%
36	11	1351	98.54%
38	11	1362	99.34%
40	4	1366	99.64%
42	1	1367	99.71%
44	1	1368	99.78%
56	1	1369	99.85%
72	1	1370	99.93%
94	1	1371	100.00%

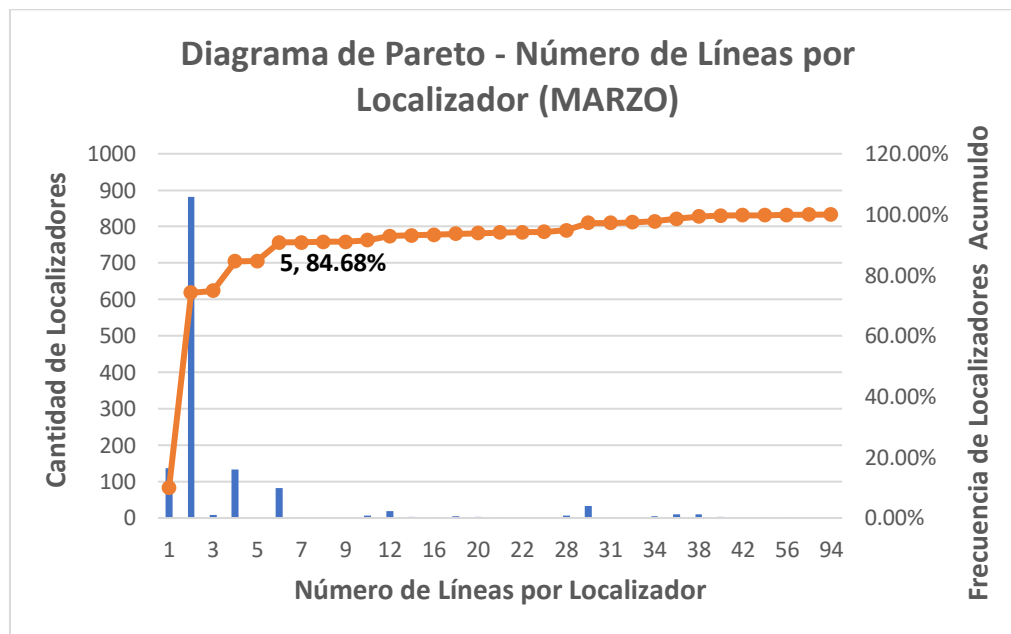


Gráfico 9. Estudio de Pareto para clasificar los localizadores según la cantidad de líneas que contienen (Marzo). **Fuente:** Elaboración propia

ANEXO A-5. ESTUDIO DETIEMPOS DE LOS PROCESOS OPERATIVOS

Para determinar los Tiempos Operativos Actuales de cada una de las actividades que integran los procesos logísticos, se realizó el siguiente estudio de tiempos:

ANEXO A-5.1 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Inicialmente, para cada una de las operaciones que componen los procesos de recepción y despacho, se tomó una muestra piloto de tamaño 10, las cuales se pueden observar en el archivo de Microsoft Excel anexo al presente informe, denominado “Estudio de Tiempos en Recepción” o “Despacho”, dependiendo del proceso operativo a revisar. Seguidamente, aplicando la ecuación (1), se calculó el tamaño de muestra necesaria para establecer un estándar de tiempo y para mitigar los efectos de variabilidad en la muestra; estos resultados se pueden observar en la siguiente tabla:

Dado que todas las muestras pilotos fueron de tamaño 10, el percentil T para el cálculo de tamaño de muestra de todas las operaciones fue: 2,2621

$$N = \left(\frac{t_{n-1, \frac{1+\gamma}{2}} * S}{k\bar{X}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Recepción y Almacenamiento de Mercancía					
OPERACIÓN LOGÍSTICA		\bar{X} (MIN)	S (MIN)	k	N
Verificación del Vehículo		8.94	1.17	0.05	35
Descarga Mercancía	Paletizada	1.19	0.37	0.10	49
	A Granel	0.19	0.06	0.10	48
Traslado a la Zona de Chequeo		0.04	0.008	0.10	18
Desglose de Mercancía		0.29	0.08	0.10	37
Auditoria y Conteo	Fotografía	0.28	0.11	0.10	80
	Conteo	0.04	0.02	0.10	121
Tratado de Cajas Abiertas	Validación	1.44	0.60	0.10	88
	Sellado	0.35	0.14	0.10	82
Asignar Localizadores		5.50	1.20	0.10	24
Escaneo e Identificación	Escaneo	0.20	0.03	0.05	37
	Identific.	0.56	0.07	0.05	36

Preparación y Despacho de Mercancía					
OPERACIÓN LOGÍSTICA		\bar{X} (MIN)	S (MIN)	k	N
Demora por planificación de ruta		0.39	0.19	0.10	121
Demora por ir a la Zona de Picking	Ir Shelving	1.01	0.23	0.10	27
	Ir a Piso	0.23	-	-	-
	Ir a Patio	2.90	0.16	0.05	6
Traslado en la zona de pickeo	Racks (H)	0.12	0.05	0.10	91
	Racks (V)	0.34	0.14	0.10	83
	Shelving	0.60	0.09	0.10	13
	Piso	0.30	0.07	0.10	28
	Patio	0.06	0.03	0.05	19
Picking	Completa	0.67	0.19	0.10	39
	Parcial	1.73	0.32	0.10	18
	Cable	2.66	0.61	0.10	27
Traslado al Staying de Preparado		0.14	0.05	0.10	69

OPERACIÓN LOGÍSTICA		\bar{X} (MIN)	S (MIN)	k	N
Traslado al Staying		0.33	0.05	0.10	13
Demoras para Almacenar	Racks	0.14	0.05	0.10	69
	Shelving	1.33	0.22	0.10	14
	Piso	0.29	0.08	0.10	39
Traslado para Almacenado	Racks H	0.12	0.05	0.10	91
	Racks V	0.34	0.14	0.10	83
	Shelving	0.60	0.09	0.10	13
	Piso	0.30	0.07	0.10	28

OPERACIÓN LOGÍSTICA		\bar{X} (MIN)	S (MIN)	k	N
Procesos de Apoyo	Cable	5.26	1.10	0.10	23
	Extracción	11.35	3.53	0.10	50
Auditoría y Conteo	Fotografiado	0.28	0.11	0.10	80
	Conteo	1.44	0.60	0.10	88
Escaneo de ítems		0.20	0.03	0.05	37
Repack e Identificación	Repack	1.57	0.36	0.10	26
	Identific.	0.56	0.07	0.05	36
Traslado al andén		0.33	0.05	0.10	13
Control de Salida		0.04	0.02	0.10	121
Carga de Mercancía		0.15	0.08	0.10	167

Tabla 2. Tamaños de muestra calculados para cada operación de la recepción y despacho de mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

Luego de calcular los tamaños de muestra para todas las actividades, se recolectaron los tiempos faltantes para completar las mediciones en cada operación. Seguidamente se eliminaron los datos atípicos de la muestra, tal y como se puede observar en el archivo de Microsoft Excel mencionado. El criterio para eliminar los datos atípicos, fue el intervalo de la media \pm la desviación. Después, para conocer la variabilidad de la data, se calculó el coeficiente de variación de las muestras recolectadas y sin datos atípicos, siguiendo la siguiente ecuación:

$$\text{Coef. Variación} = \frac{S}{\bar{X}}$$

S = desviación estándar de la muestra

\bar{X} = tiempo promedio muestral.

Un coeficiente menor o igual al 30%, fue considerado como un resultado que representa una muestra con poca variabilidad, y según los resultados obtenidos, todos los tiempos medidos resultaron con coeficientes de variación menores al 30%, por lo que podría decirse que son resultados poco variables y que se acercan a la realidad.

Después de tener el tiempo promedio por operación sin datos atípicos, el siguiente paso es suavizar este resultado con un porcentaje de descanso o suplemento de trabajo, por lo que a continuación se explica cómo determinar estos valores:

ANEXO A-5.2 CÁLCULO DE LOS SUPLEMENTOS DE TRABAJO

Debido a que los “Tiempos Operativos Actuales”, consideren una porción de tiempo muerto o de descanso que cada trabajador puede tener mientras realiza las distintas operaciones, se determinaron los suplementos de trabajo para cada actividad de acuerdo a la siguiente tabla:

Suplementos de Trabajo	Tipos		(%)	
Suplementos Constantes	1. Suplemento por necesidades personales	(A)	5	
	2. Suplemento básico por fatiga	(B)	4	
Suplementos Variables	3. Suplemento por estar de pie	(C)	2	
	4. Suplemento por posiciones anormales	No confortable (agachado)	(D)	2
		Muy inconfortable (estirado)	(E)	7
	5. Utilización de fuerza o energía muscular.	(20) Libras	(F)	3
		(40) Libras	(G)	9
		(60) Libras	(H)	17
	6. Mala iluminación	Por debajo del nivel	(I)	2
		Bastante Inadecuado	(J)	5
	7. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)	(K)	0-10	
	8. Estrecha Atención	Precisa o exigente	(L)	2
		Muy precisa o muy exigente	(M)	5
	9. Nivel de Ruido	Intermitente bajo	(N)	2
		Intermitente muy fuerte	(Ñ)	5
	10. Esfuerzo mental	Gran atención	(O)	4
		Gran complejidad	(P)	8
	11. Tediosidad	Cierta Tediosidad	(Q)	2
		Muy tedioso	(R)	5

Tabla 3. Suplementos para diferentes tipos de trabajo. **Fuente:** Elaboración Propia

Luego de clasificar cada operación, se obtuvieron los siguientes resultados en cuando al porcentaje de suplementos asociado a cada actividad:

Recepción y Almacenamiento de Mercancía			
Operación Logística		Suplementos Que Contiene	% Total
Verificación del Vehículo		A-B-C-K(5)-L-N-Q	22%
Descarga Mercancía	Paletizada	A-B-K(5)-L-N-Q	20%
	A Granel	A-B-C-D-F-I-K(5)-N-R	30%
Traslado a la Zona de Chequeo		A-B-C-F-K(3)-N-Q	21%
Desglose de Mercancía		A-B-C-D-F-K(5)-L-N-Q	27%
Auditoria y Conteo	Fotografía	A-B-C-D-K(5)-L-N-Q	24%
	Conteo	A-B-C-K(5)-L-N-O-Q	26%

Tratado de Cajas Abiertas	Validación	A-B-C-D-K(5)-L-N-O-Q	28%
	Sellado	A-B-C-D-K(5)-L-N-Q	24%
Asignar Localizadores		A-B-K(5)-L-N-O-Q	24%
Escaneo e Identificación	Escaneo	A-B-C-K(3)-N-O	22%
	Identificación	A-B-C-K(3)-N-O	22%
Traslado al Staying		A-B-K(3)-L-Ñ-Q	21%
Demoras para Almacenar	Racks		
	Shelving		
	Piso		
Traslado para Almacenado	Racks H		
	Racks V		
	Shelving	A-B-C-G-K(3)-L-N-O-Q	33%
	Piso	A-B-K(3)-L-Ñ-Q	21%

Tabla 4. Suplementos de trabajo para las operaciones de recepción y almacenamiento de mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

Preparación y Despacho de Mercancía			
Operación Logística		Suplementos Que Contiene	% Total
Demora por planificación de ruta		A-B-C-I-K(5)-L-N-O-Q	28%
Demora por ir a la Zona de Picking	Ir Shelving	A-B-K(3)-L-Ñ-Q	21%
	Ir a Piso		
	Ir a Patio		
Traslado en la zona de pickeo	Racks (H)	A-B-C-D-F-I-K(5)-L-NO-Q	33%
	Racks (V)		
	Shelving	A-B-C-D-F-I-K(5)-L-NO-Q	33%
	Piso	A-B-K(3)-L-Ñ-Q	21%
	Patio		
Picking	Completa	A-B-C-F-K(3)-L-N-O-Q	27%
	Parcial		
	Cable		
Traslado al Staying de Preparado		A-B-K(3)-L-Ñ-Q	21%
Procesos de Apoyo	Cable	A-B-C-D-I-K(5)-L-N-O-R	33%
	Extracción	A-B-C-D-F-I-K(5)-L-N-O-R	36%
Auditoría y Conteo	Fotografiado	A-B-C-D-K(5)-L-N-Q	24%
	Conteo	A-B-C-D-K(5)-L-N-O-Q	28%
Escaneo de ítems		A-B-C-K(3)-N-O	22%
Repack e Identificación	Repack	A-B-C-D-I-K(5)-L-N-O-R	33%
	Identificación	A-B-C-K(3)-N-O	22%
Traslado al andén		A-B-K(3)-L-Ñ-Q	21%
Control de Salida		A-B-C-K(5)-L-N-O-Q	26%
Carga de Mercancía		A-B-C-D-F-I-K(5)-N-R	30%

Tabla 5. Suplementos de trabajo para las operaciones de preparación y despacho de mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

ANEXO A-6. CLASIFICACIÓN Y AGRUPACIÓN DE DEMORAS

Luego de identificar las demoras en los procesos operativos mediante las RED PERT, se procedió a clasificar cada demora según su condición. Después, se agruparon las operaciones de acuerdo al tipo demora a la que pertenecían. A continuación se presenta la agrupación y clasificación de demoras mencionada:

DEMORA		TIPO	DURACIÓN	TOTAL
A	Verificación de Vehículo	Demora Necesaria	11.21	20.60
E	Asignar Localizadores		7.04	
I	Demora por ir a Racks		0.15	
J	Demora por ir a Shelves		1.57	
K	Demora por ir a Piso		0.63	
F	Escaneo	Demora Circunstancial por volumen de mercancía	51.49	72.55
L	Almacenamiento en Racks		15.44	
M	Almacenamiento en Shelves		4.91	
N	Almacenamiento en Piso		0.71	
B	Descarga Paletizada	Retraso o Cuello de Botella	94.62	229.52
G	Identificación		134.90	
C	Auditoria (Foto)	No es una Demora	76.76	120.95
D	Auditoria (Conteo)		14.20	
H	Traslado al Staying de Preparado		29.99	

Tabla 6. Clasificación y Agrupación de demoras de la Importación Crítica estudiada.

Fuente: Elaboración Propia.

DEMORA		TIPO	DURACIÓN	TOTAL
A	Verificación de Vehículo	Demora Necesaria	11.21	22.18
I	Asignar Localizadores		7.04	
M	Demora por ir a Racks		0.15	
N	Demora por ir a Shelves		1.57	
Ñ	Demora por ir a Piso		2.21	
J	Escaneo	Demora Circunstancial por volumen de mercancía	7.63	30.21
O	Almacenamiento en Racks		5.37	
P	Almacenamiento en Shelves		14.73	
Q	Almacenamiento en Piso		2.47	
D	Desglose de Mercancía	Retraso o Cuello de Botella	12.01	96.16
G	Tratado de C.A. (Validación)		64.16	
K	Identificación		19.99	
B	Descarga a Granel	No es una Demora	8.47	45.76
C	Traslado a la zona de Chequeo		0.53	
E	Auditoria (Foto)		11.37	
F	Auditoria (Conteo)		2.10	
H	Tratado de C.A. (Sellado)		18.57	
L	Traslado al Staying		4.71	

Tabla 7. Clasificación y Agrupación de demoras de la Devolución estudiada.

Fuente: Elaboración Propia

DEMORA		TIPO	DURACIÓN	TOTAL
A	Demora por Planificación	Demora Necesaria	27.08	32.00
B	Demora por ir a Shelves		1.19	
C	Demora por ir a Piso		0.28	
D	Demora por ir a Patio		3.45	
F	Traslado en Shelves para Pickeo	Demora Circunstancial por volumen de mercancía	5.88	683.18
G	Traslado en Piso para Pickeo		0.35	
I	Picking de Cajas Completas		70.41	
K	Picking de Cables		78.27	
N	Extracción de Equipo		123.50	
E	Traslado en Racks para Pickeo		23.50	
J	Picking de Cajas Parciales		233.29	
M	Corte de Cable		141.92	
V	Carga de Mercancía		6.05	
O	Auditoria (Conteo)	Retraso o Cuello de Botella	415.41	471.14
Q	Reempaquetado		55.73	
H	Traslado Patio para Pickeo	No es una Demora	0.07	150.56
L	Traslado al Staying de Preparado		2.79	
Ñ	Auditoria (Foto)		72.45	
P	Escaneo		49.39	
R	Identificación		16.24	
S	Traslado al andén de Carga		7.91	
T	Control de Salida (Conteo)		1.71	

Tabla 8. Clasificación y Agrupación de demoras del despacho crítico estudiado.

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO A-7. IDENTIFICACIÓN DE FACTORES IMPRODUCTIVOS

ANEXO A-7.1 DIAGRAMAS DE CAUSA-EFECTO

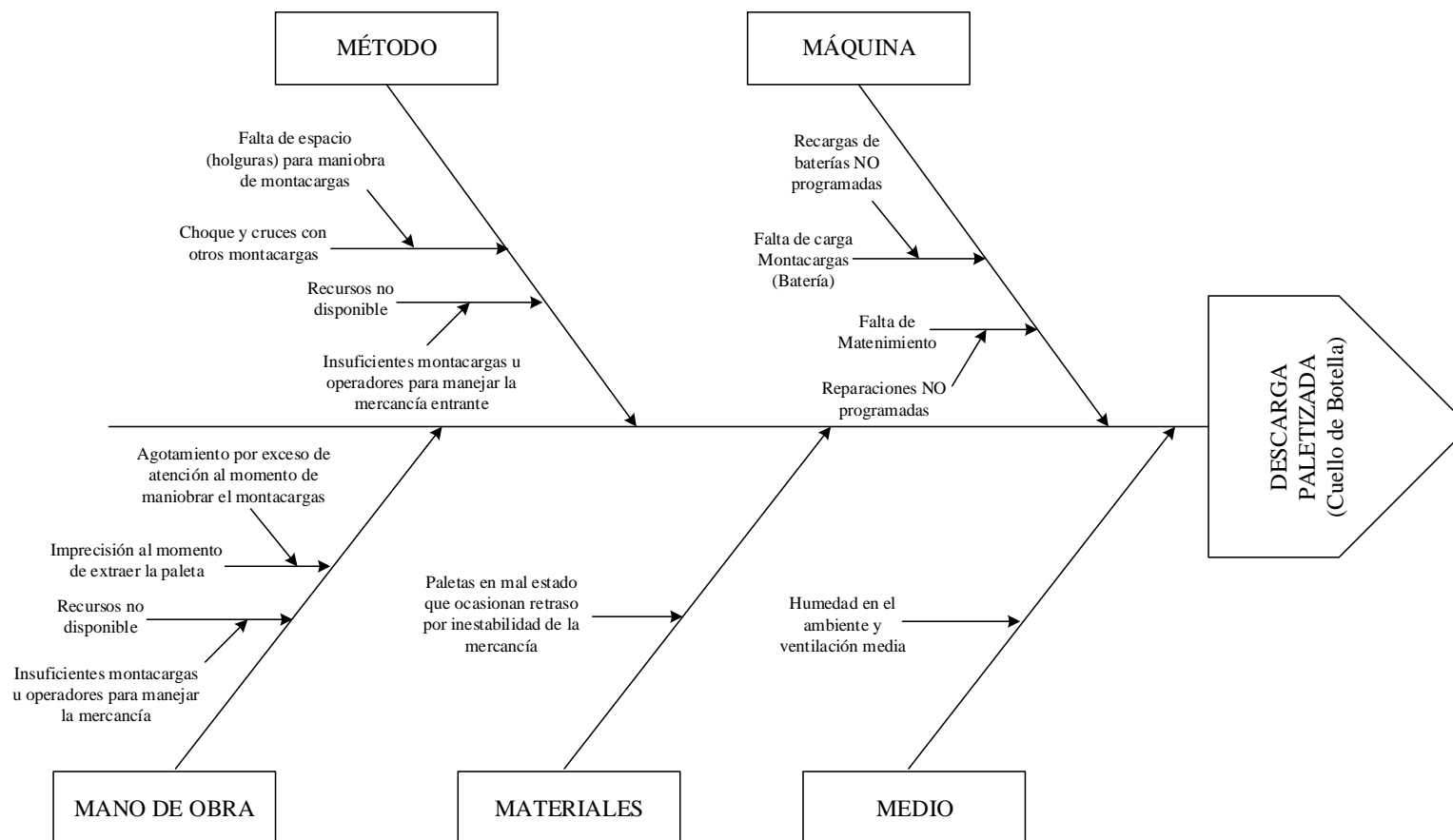


Figura 3. Diagrama Causa-Efecto de la Descarga Paletizada. **Fuente:** Elaboración Propia

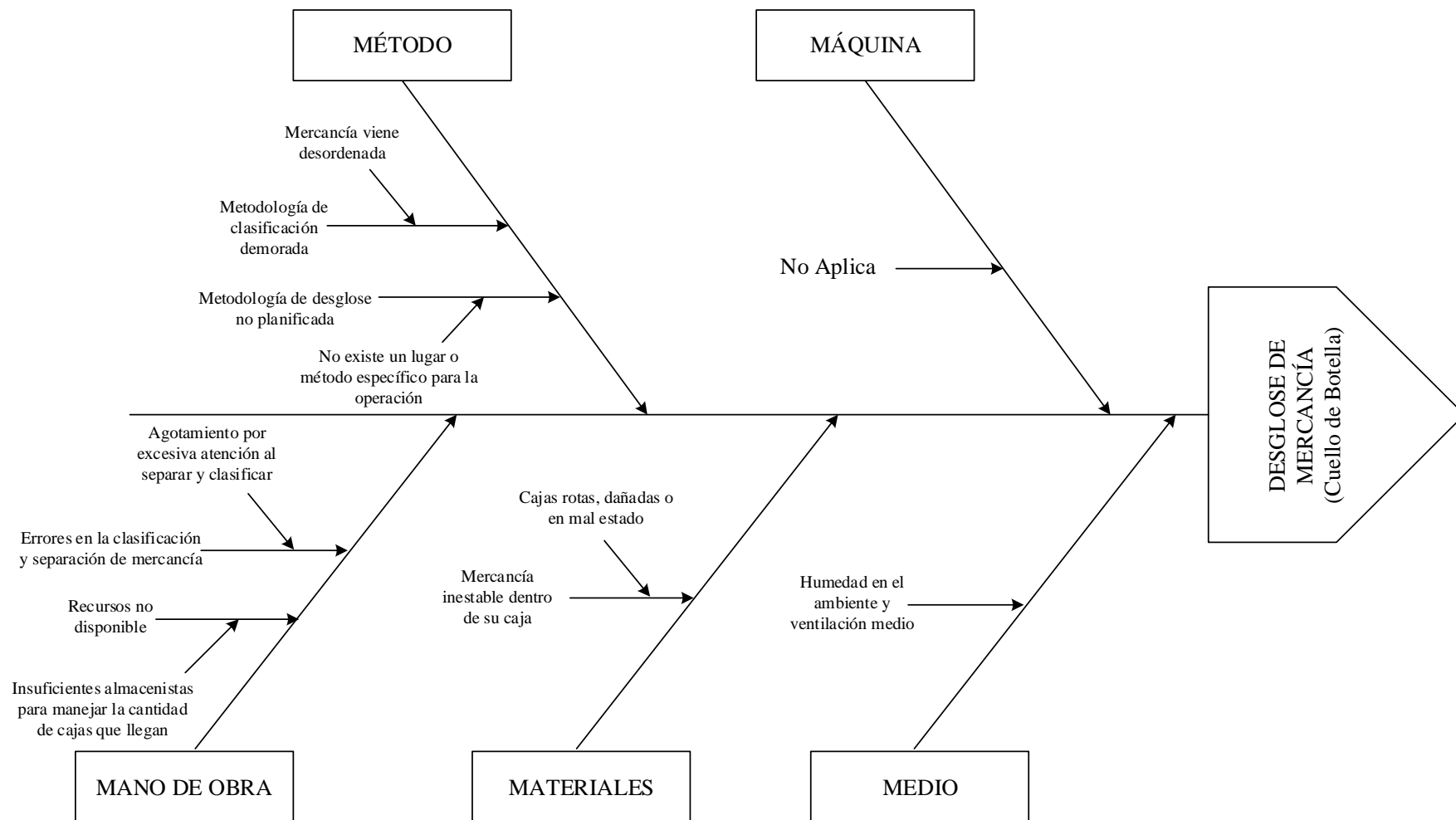


Figura 4. Diagrama Causa-Efecto del Desglose de Mercancía. **Fuente:** Elaboración Propia

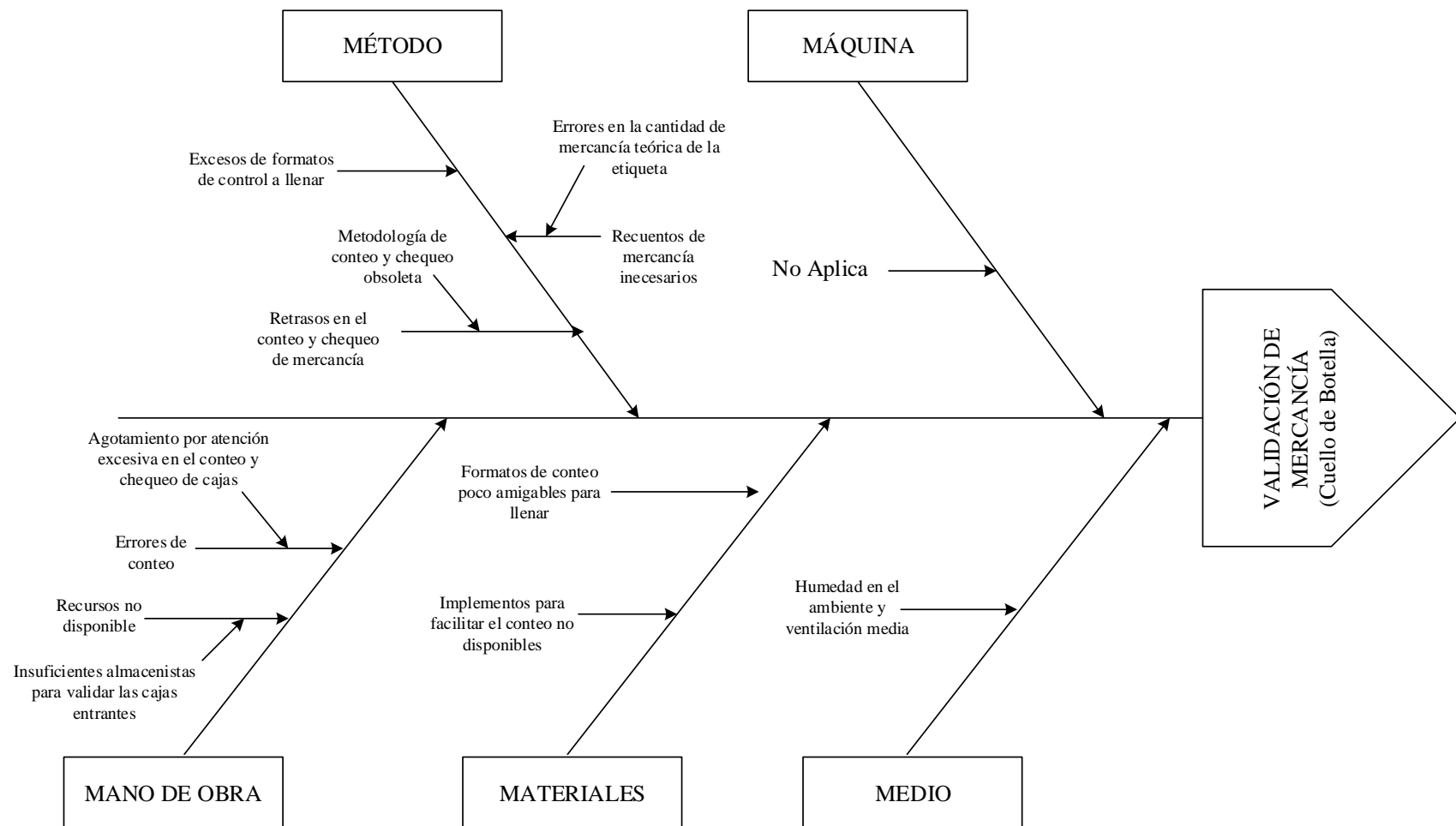


Figura 5. Diagrama Causa-Efecto de la Validación de Mercancía en el Tratado de Cajas Abiertas.

Fuente: Elaboración Propia

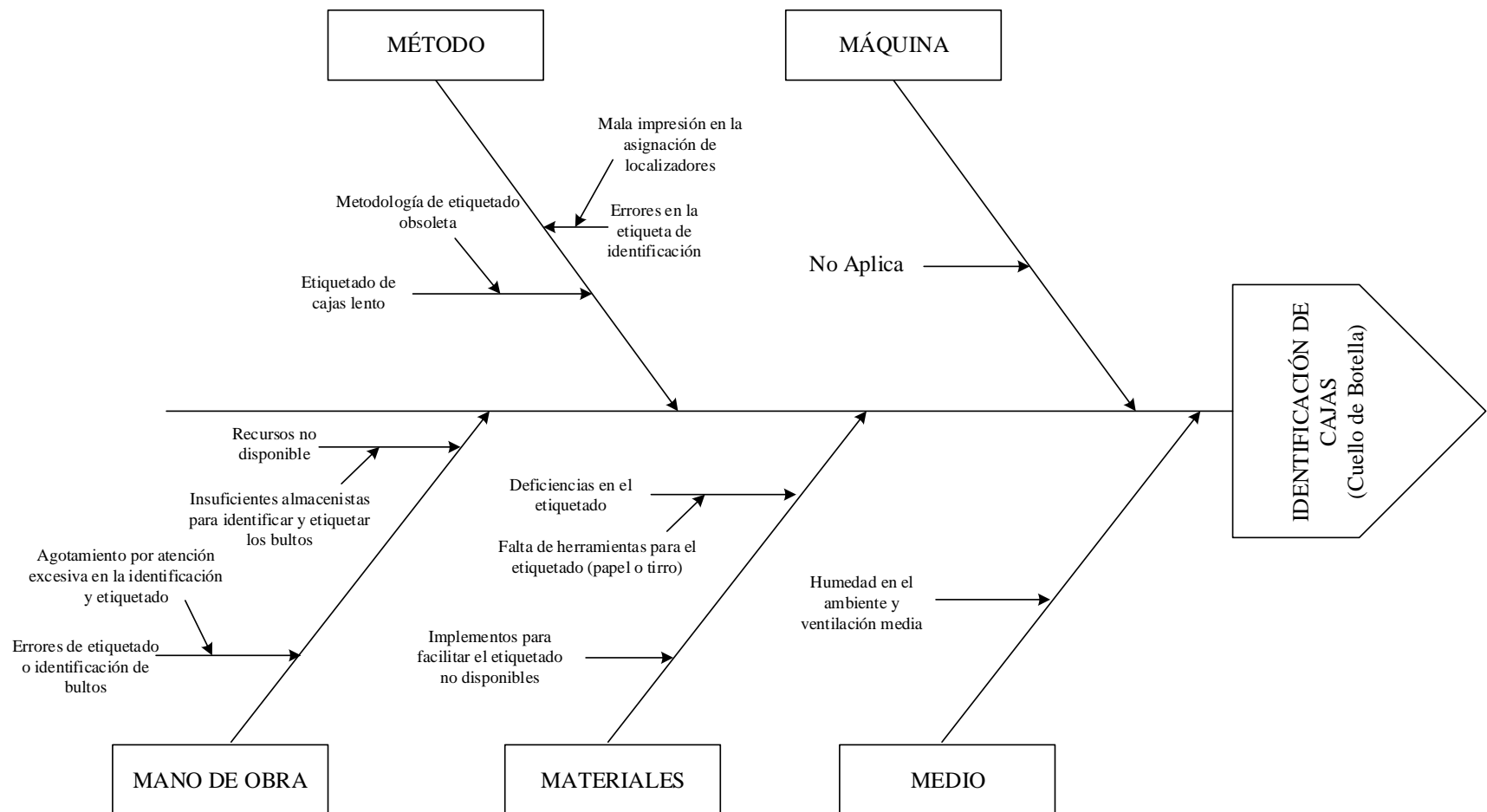


Figura 6. Diagrama Causa-Efecto de la Identificación de Cajas.
Fuente: Elaboración Propia

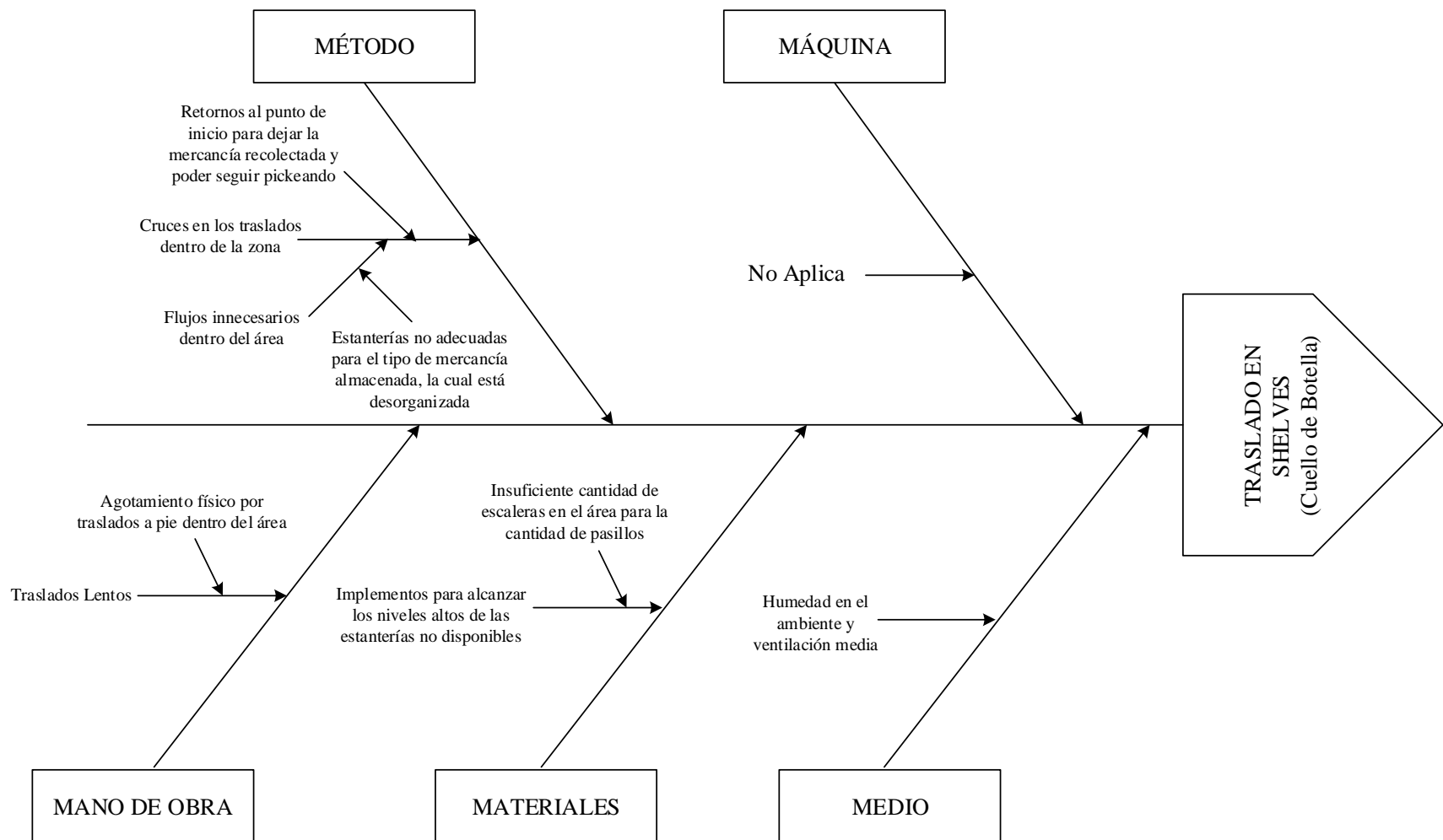


Figura 7. Diagrama Causa-Efecto del traslado en shelves para el picking y el almacenamiento.

Fuente: Elaboración Propia

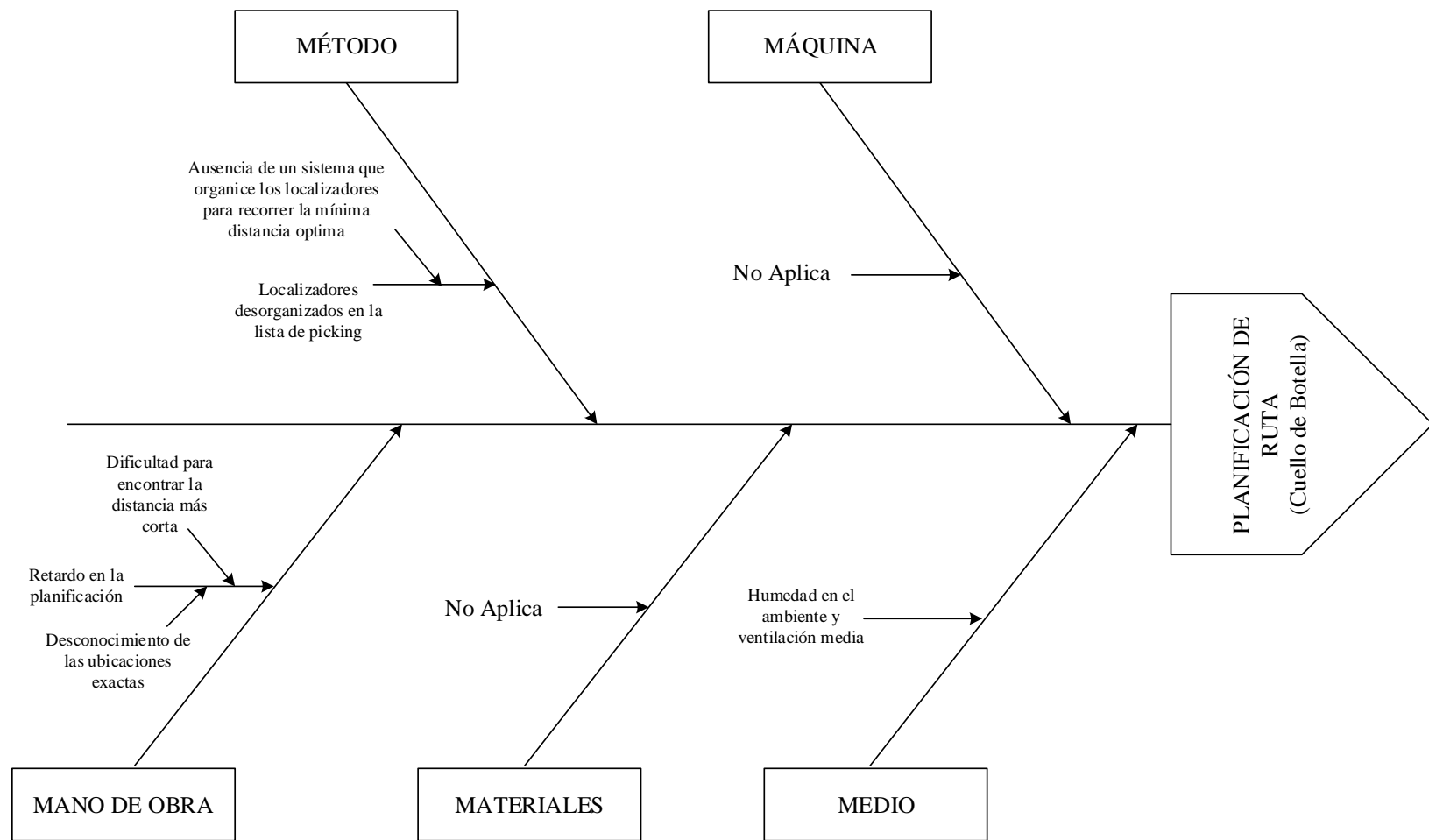


Figura 8. Diagrama Causa-Efecto de la Planificación de Ruta.

Fuente: Elaboración Propia

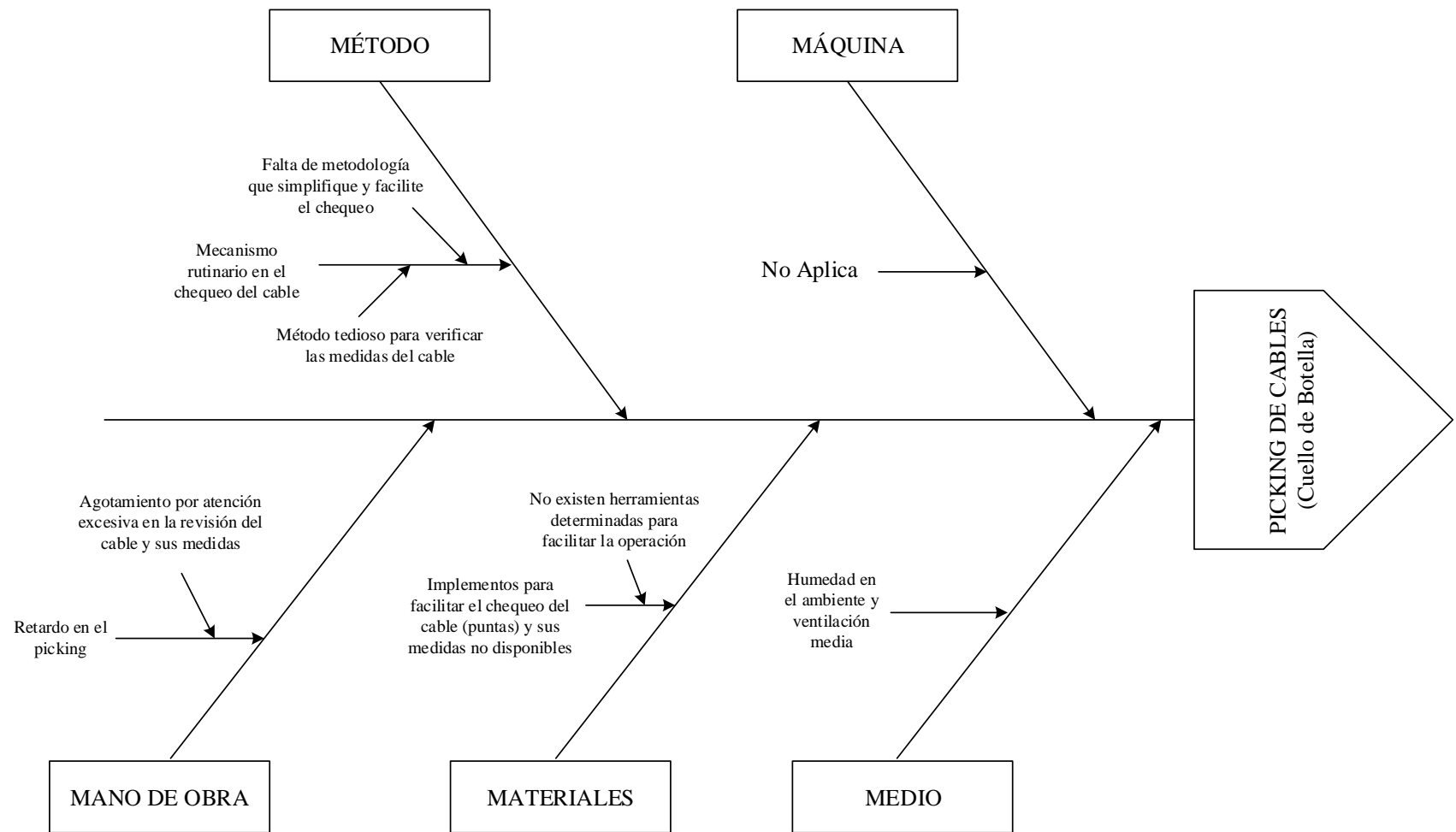


Figura 9. Diagrama Causa-Efecto del Picking de Cables.

Fuente: Elaboración Propia

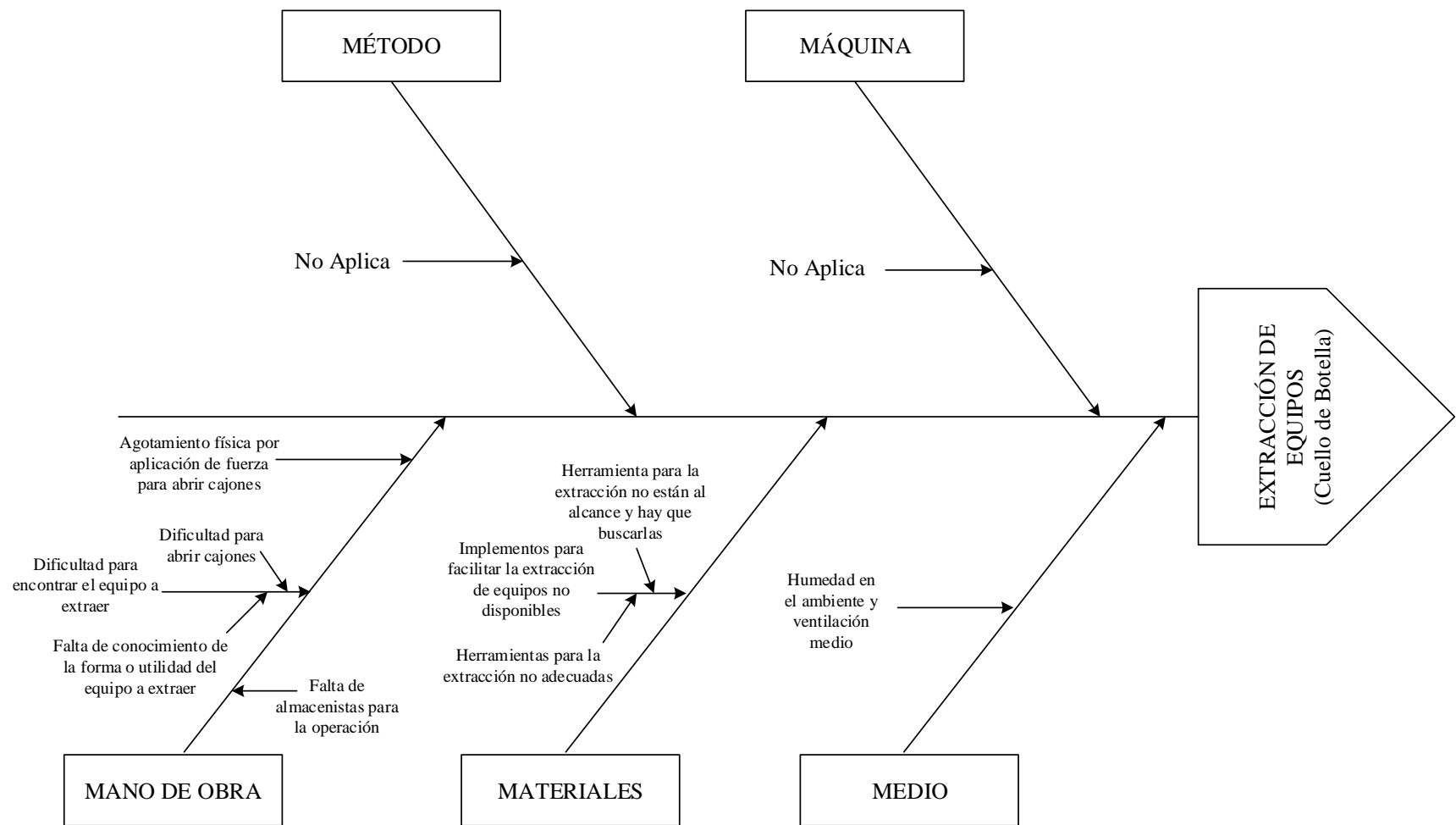


Figura 10. Diagrama Causa-Efecto de la Extracción de Equipos.

Fuente: Elaboración Propia

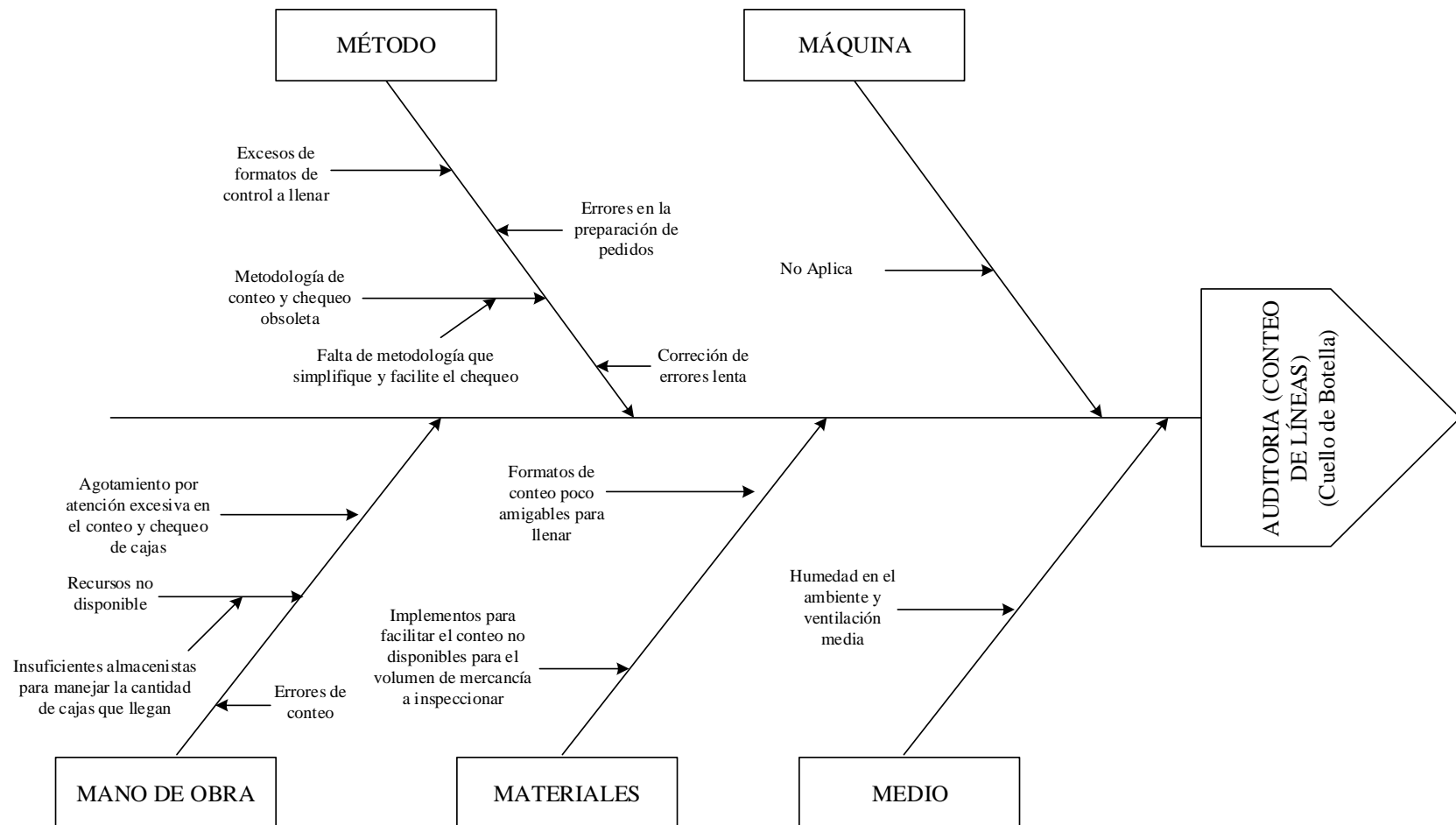


Figura 11. Diagrama Causa-Efecto de la Auditoría (Conteo de líneas).

Fuente: Elaboración Propia

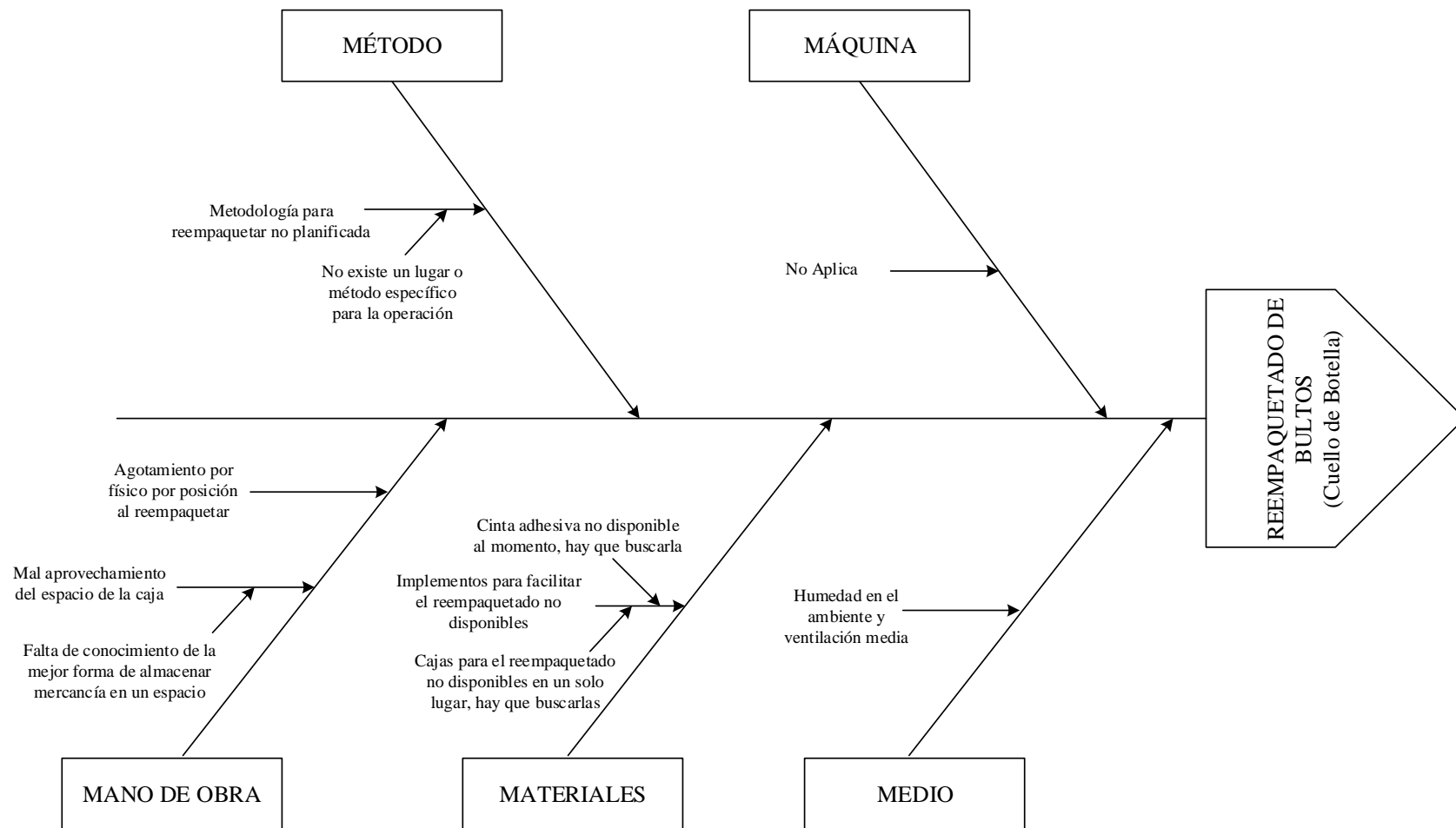


Figura 12. Diagrama Causa-Efecto del Reempaquetado de bultos. **Fuente:** Elaboración Propia

ANEXO A-7.2 MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN

Una vez identificadas las causas que ocasionan los retrasos o cuellos de botella en los procesos, se procedió a construir una matriz de jerarquización por demora estudiada, con el fin de poder establecer aquellos factores que afectan el desempeño del proceso y que requieren de mayor atención.

A partir de esta matriz se pudo evaluar las causas y establecer su grado de criticidad, para así posteriormente formular propuestas de mejora y planes de acción. A continuación, se presenta la escala utilizada para evaluar el grado de impacto de las causas o factores en el desempeño del proceso:

VALOR	COLOR	IMPACTO
MAYOR		MUY ALTA ATENCIÓN
MEDIO ALTO		ALTA ATENCIÓN
MEDIO		ATENCIÓN
MENOR		MUY BAJA ATENCIÓN
MEDIO BAJO		BAJA ATENCIÓN

Tabla 9. Ponderación utilizada en la matriz de jerarquización.

Fuente: Elaboración Propia

Para establecer el grado de criticidad de las causas, se consideró la opinión y evaluación profesional del Gerente de Almacén, Jefe de Almacén, Supervisor del Área y de los Tesistas; de acuerdo a las observaciones que hayan realizado durante los procesos. Para esto se realizó un promedio ponderado de acuerdo a la calificación asignada por cada actor. La evaluación consistió en asignar un número de mayor a menor a las causas según la relevancia de mayor importancia que le asigne cada actor.

Cabe mencionar, que se realizó una matriz de jerarquización por demora estudiada, ya que de esto modo, se pudo identificar cuáles eran las causas más influyentes que ocasionaban cada uno de los retrasos. A continuación, se pueden observar las matrices de jerarquización mencionadas:

DEMORA (CUELLO DE BOTELLA)	CAUSA	TIPO DE CAUSA	CAUSA RAÍZ (FACTOR IMPRODUCTIVO)	CRITERIO DE EVALUACIÓN SEGÚN OBSERVADOR				TOTAL
				Gerente de Almacén	Jefe de Almacén	Supervisor de Despacho	Tesistas	
				35%	30%	15%	20%	
1. Descarga Paletizada	Choque y cruces con otros montacargas	MÉTODO	Falta de espacio (holguras) para maniobra de montacargas	6	6	6	6	6
	Retrasos en la movilización de la paleta	MATERIALES	Paletas en mal estado que soportan inestablemente la mercancía	5	4	4	3	4.15
	Falta de Carga de Baterías de los Montacargas	MÁQUINA	Recargas de baterías NO programadas	3	5	3	5	4
	Falta de mantenimiento de los Montacargas		Reparaciones NO programadas	4	3	5	4	3.85
	Imprecisión al momento de extraer la paleta	MANO DE OBRA	Agotamiento por exceso de atención al momento de maniobrar el montacargas	2	2	2	2	2
	Recurso No disponible		Insuficientes montacargas u operadores para manejar la mercancía entrante	1	1	1	1	1
2. Desglose de Mercancía	Metodología de desglose no planificada	MÉTODO	No existe un lugar o método específico para la operación	6	5	4	6	5.4
	Implementos para facilitar la clasificación y la separación de mercancía no disponibles	MATERIALES	No existen herramientas destinadas para la separación y clasificación de mercancía	5	6	3	5	5
	Metodología de clasificación demorada	MÉTODO	Mercancía viene desordenada	4	4	6	4	4.3
	Mercancía Inestable dentro de la caja	MATERIALES	Cajas rotas, dañadas o en mal estado	3	3	5	3	3.3
	Recurso No disponible	MANO DE OBRA	Insuficientes almacenistas para manejar la cantidad de cajas que llegan	2	2	2	2	2
	Errores en la clasificación y separación de mercancía		Agotamiento por atención excesiva al separar y clasificar mercancía	1	1	1	1	1
3. Validación de Mercancía	Retrasos en el conteo y chequeo de mercancía	MÉTODO	Metodología de conteo y chequeo obsoleta	5	5	4	5	4.85
	Recuentos de mercancía innecesarios		Errores en la cantidad de mercancía teórica de la etiqueta	3	4	5	3	3.6
	Implementos para facilitar la validación no disponibles	MATERIALES	Herramientas para la validación no adecuadas para la operación	4	3	3	4	3.55
	Recurso No disponible	MANO DE OBRA	Insuficientes almacenistas para manejar la cantidad de cajas entrantes	2	2	2	2	2
	Errores de conteo		Agotamiento por atención excesiva en el conteo y chequeo de cajas	1	1	1	1	1
4. Identificación de Cajas	Etiquetado de cajas lento	MÉTODO	Metodología de etiquetado obsoleta	6	5	4	6	5.4
	Deficiencias en el etiquetado	MATERIALES	Falta de herramientas para el etiquetado (papel o tirro)	5	4	6	5	4.85
	Implementos para facilitar el etiquetado no disponibles		No están ubicados en un mismo sitio y hay que buscarlos	4	6	3	4	4.45
	Errores en la etiqueta de identificación	MÉTODO	Mala impresión en la asignación de localizadores	3	3	5	3	3.3
	Recursos No disponibles	MANO DE OBRA	Insuficientes almacenistas para identificar los bultos	2	2	2	2	2
	Errores de etiquetado o identificación de bultos		Agotamiento por atención excesiva en la identificación y etiquetado	1	1	1	1	1
5. Traslados en Shelves/Jaula	Cruces y Flujos innecesarios en los traslados dentro de la zona	MÉTODO	Retornos al punto de inicio para dejar la mercancía recolectada y seguir pickeando	4	3	3	4	3.55
	Implementos para alcanzar los niveles altos de las estanterías no disponibles	MATERIALES	Insuficiente cantidad de escaleras en el área para la cantidad de pasillos	3	4	4	2	3.25
	Cruces y Flujos innecesarios en los traslados dentro de la zona	MÉTODO	Estanterías no adecuadas para el tipo de mercancía almacenada, la cual está desorganizada.	2	2	2	3	2.2
	Traslados Lentos	MANO DE OBRA	Agotamiento físico por traslados a pie dentro del área	1	1	1	1	1

Tabla 10. Matriz de Jerarquización por retraso identificado en el Proceso de Recepción.

Fuente: Elaboración Propia.

DEMORA (CUELLO DE BOTELLA)	CAUSA	TIPO DE CAUSA	CAUSA RAÍZ (FACTOR IMPRODUCTIVO)	CRITERIO DE EVALUACIÓN SEGÚN OBSERVADOR				TOTAL
				Gerente de Almacén	Jefe de Almacén	Supervisor de Despacho	Tesistas	
				35%	30%	15%	20%	
1. Planificación de Ruta	Localizadores desorganizados en la lista de picking	MÉTODO	Ausencia de un sistema que organice los localizadores para recorrer la mínima distancia	2	2	2	2	2
	Retardo en la Planificación	MANO DE OBRA	Dificultad para determinar la distancia más corta por desconocimiento.	1	1	1	1	1
2. Picking de Cables	Mecanismo rutinario para el chequeo del cable	MÉTODO	Falta de metodología que facilite y simplifique el chequeo	4	3	3	4	3.55
			Método tedioso para verificar las medidas del cable	3	4	2	2	2.95
	Implementos para facilitar el chequeo del cable no disponibles	MATERIALES	No existen herramientas determinadas para facilitar la operación	2	2	4	3	2.5
	Retardo en el Picking	MANO DE OBRA	Agotamiento por atención excesiva en la revisión del cable y sus medidas	1	1	1	1	1
3. Extracción de Equipos	Implementos para facilitar la extracción de equipos no disponibles	MATERIALES	Herramientas para la extracción no adecuadas	5	5	5	4	4.8
	Dificultad para encontrar el equipo a extraer	MANO DE OBRA	Falta de conocimiento de la forma o utilidad del equipo a extraer	4	4	3	5	4.05
	Implementos para facilitar la extracción de equipos no disponibles	MATERIALES	Herramientas para la extracción no están al alcance y hay que buscarlas	3	3	4	3	3.15
	Dificultad para abrir cajones	MANO DE OBRA	Agotamiento físico por aplicación de fuerza para abrir los cajones	2	2	2	1	1.8
	Recurso No disponible		Falta de almacenistas para la operación	1	1	1	2	1.2
4. Auditoría (Conteo de líneas)	Errores de conteo	MÉTODO	Falta de metodología que simplifique y facilite el conteo	6	5	5	6	5.55
			Metodología de conteo obsoleta y no planificada	5	4	6	5	4.85
	Implementos para facilitar el conteo no disponibles	MATERIALES	Herramientas para el conteo no adecuadas para la operación	3	6	4	4	4.25
	Retrasos en el conteo	MÉTODO	Errores en la preparación de pedido y su corrección lenta	4	3	3	3	3.35
	Recurso No disponible	MANO DE OBRA	Insuficientes almacenistas para manejar la cantidad de líneas	2	2	2	2	2
	Errores de conteo		Agotamiento por atención excesiva en el conteo y chequeo de líneas	1	1	1	1	1
5. Repack de Cajas	Metodología para Repack no planificada	MÉTODO	No existe un lugar o método específico para la operación	4	4	3	4	3.85
	Implementos para facilitar el Repack no disponibles	MATERIALES	Cajas y cinta adhesiva no disponibles en un solo lugar, hay que buscarlas	3	3	4	3	3.15
	Mal aprovechamiento del espacio de la caja	MANO DE OBRA	Falta de conocimiento de la mejor forma de almacenar mercancía en un espacio	2	2	2	2	2
	Retardo en el empaquetado		Agotamiento físico por posición al re empaquetar	1	1	1	1	1

Tabla 11. Matriz de Jerarquización por retraso identificado en el Proceso de Despacho.

Fuente: Elaboración Propia.

Solo aquellas causas sombreadas en color rojo y naranja, fueron las que se tomaron en cuenta al momento de generar planes de acción y propuestas de mejora en capítulos siguientes, ya que según el grado de criticidad asignado por los actores, estas causas son los factores que influyen directamente en el efecto de retraso de las operaciones estudiadas, y por lo tanto al mitigar estos factores, se mejorarían en gran porcentaje los procesos operativos del almacén.

ANEXO A-8. EL MODELO DE SIMULACIÓN

ANEXO A-8.1 OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL MODELO

Siguiendo la selección, separación y clasificación de la data estudiada en esta investigación, se decidió hacer uso de la herramienta de Arena V14, llamada “Input Analyzer”, para ingresar (a) toda la data histórica recolectada , y (b) todas las muestras de tiempo tomadas, con el fin de obtener las distribuciones probabilísticas que alimentan el modelo. En las siguientes tablas se pueden observar los resultados obtenidos; dado que el período de estudio de la presente investigación fue desde diciembre 2016, hasta marzo 2017, las variables aleatorias obtenidas se presentaran mes a mes:

Recepción y Almacenamiento de Mercancía

a) Datos referidos a frecuencias:

DICIEMBRE			
TIPO DE RECEPCIÓN		FRECUENCIA	DISTRIBUCIÓN
Importaciones	Dato común para todas las import.	Tiempo entre llegadas de importaciones	NORM(4.5, 1.71)
		Frecuencia de llegadas de importaciones	0.999 + WEIB(0.0138, 0.311)
		Tiempo de espera en el Staying de preparado	(-) 0.001 + EXPO(1)
		Frecuencia de cajas por paleta	0.13 + WEIB(0.209, 1.74)
	Criticas	Frecuencia de cajas por importación crítica	TRIA(55,66,78)
		Frecuencia de localizadores por importación	TRIA(21,24,27)
	Normales	Frecuencia de cajas por importación normal	TRIA(1,3,5)
		Frecuencia de localizadores por importación	UNIF(1,2)
Devoluciones		Tiempo entre llegadas de devoluciones	TRIA(0.999, 2.5, 6)
		Frecuencia de llegadas de devoluciones	0.999 + WEIB(0.00786, 0.33)
		Frecuencia de cajas por devolución	TRIA(0.999, 1.2, 5)
		Frecuencia de localizadores por devolución	0.999 + WEIB(0.0495, 0.292)
		Tiempo de espera en el Staying de preparado	NORM(1.7, 1.27)
		Frecuencia de cajas por paleta	0.04 + 0.961 * BETA(0.611, 0.262)

Tabla 12. Distribuciones Probabilísticas de la Recepción de Diciembre.

Fuente: Elaboración Propia

ENERO			
TIPO DE RECEPCIÓN		FRECUENCIA	DISTRIBUCIÓN
Importaciones	Dato común para todas las import.	Tiempo entre llegadas de importaciones	1
		Frecuencia de llegadas de importaciones	UNIF(1,2)
		Tiempo de espera en el Staying de preparado	0
		Frecuencia de cajas por paleta	0.13 + WEIB(0.209, 1.74)
	Criticas	Frecuencia de cajas por importación crítica	TRIA(74,145,216)
		Frecuencia de localizadores por importación	TRIA(20,26,31)
	Normales	Frecuencia de cajas por importación normal	1
		Frecuencia de localizadores por importación	1
Devoluciones		Tiempo entre llegadas de devoluciones	TRIA(0.999, 2.5, 6)
		Frecuencia de llegadas de devoluciones	0.999 + WEIB(0.00786, 0.33)
		Frecuencia de cajas por devolución	TRIA(0.999, 1.2, 5)
		Frecuencia de localizadores por devolución	0.999 + WEIB(0.0495, 0.292)
		Tiempo de espera en el Staying de preparado	NORM(1.7, 1.27)
		Frecuencia de cajas por paleta	0.04 + 0.961 * BETA(0.611, 0.262)

Tabla 13. Distribuciones Probabilísticas de la Recepción de Enero.

Fuente: Elaboración Propia

FEBRERO			
TIPO DE RECEPCIÓN		FRECUENCIA	DISTRIBUCIÓN
Importaciones	Dato común para todas las import.	Tiempo entre llegadas de importaciones	TRIA(2,3,9)
		Frecuencia de llegadas de importaciones	1
		Tiempo de espera en el Staying de preparado	TRIA(0,1,3)
		Frecuencia de cajas por paleta	0.13 + WEIB(0.209, 1.74)
	Criticas	Frecuencia de cajas por importación critica	82
		Frecuencia de localizadores por importación	45
	Normales	Frecuencia de cajas por importación normal	TRIA(2,6,9)
		Frecuencia de localizadores por importación	2
Devoluciones		Tiempo entre llegadas de devoluciones	UNIF(0.999, 3)
		Frecuencia de llegadas de devoluciones	0.999 + WEIB(0.0109, 0.317)
		Frecuencia de cajas por devolución	0.999 + GAMM(8.26, 0.212)
		Frecuencia de localizadores por devolución	0.999 + EXPO(1.88)
		Tiempo de espera en el Staying de preparado	(-) 0.001 + WEIB(0.029, 0.302)
		Frecuencia de cajas por paleta	0.04 + 0.961 * BETA(0.611, 0.262)

Tabla 14. Distribuciones Probabilísticas de la Recepción de Febrero.

Fuente: Elaboración Propia

MARZO			
TIPO DE RECEPCIÓN		FRECUENCIA	DISTRIBUCIÓN
Importaciones	Dato común para todas las import.	Tiempo entre llegadas de importaciones	1
		Frecuencia de llegadas de importaciones	1
		Tiempo de espera en el Staying de preparado	1
		Frecuencia de cajas por paleta	0.13 + WEIB(0.209, 1.74)
	Criticas	Frecuencia de cajas por importación critica	54
		Frecuencia de localizadores por importación	22
	Normales	Frecuencia de cajas por importación normal	0
		Frecuencia de localizadores por importación	0
Devoluciones		Tiempo entre llegadas de devoluciones	UNIF(0.999, 3)
		Frecuencia de llegadas de devoluciones	0.999 + WEIB(0.0109, 0.317)
		Frecuencia de cajas por devolución	0.999 + GAMM(8.26, 0.212)
		Frecuencia de localizadores por devolución	0.999 + EXPO(1.88)
		Tiempo de espera en el Staying de preparado	(-) 0.001 + WEIB(0.029, 0.302)
		Frecuencia de cajas por paleta	0.04 + 0.961 * BETA(0.611, 0.262)

Tabla 15. Distribuciones Probabilísticas de la Recepción de Marzo.

Fuente: Elaboración Propia

b) Datos referidos a Proporciones:

MES	NOMBRE DE PROPORCIÓN			TIPO	PROPORCION
DICIEMBRE	Tipo de Importaciones			CRITICAS	42.86%
				NORMALES	57.14%
	Zona de Almacenamiento	IMPORTACIONES	CRITICAS	RACKS	68.06%
				SHELVING	20.83%
				PISO	11.11%
			NORMALES	PATIO	0.00%
				RACKS	80.00%
				SHELVING	20.00%
				PISO	0.00%
			DEVOLUCIONES	PATIO	0.00%
		RACKS		14.29%	
		SHELVING		57.14%	
		PISO		28.57%	
		PATIO	0.00%		

Tabla 16. Proporción de localizadores según su zona de almacenamiento en diciembre.

Fuente: Elaboración Propia.

MES	NOMBRE DE PROPORCIÓN			TIPO	PROPORCION	
ENERO	Tipo de Importaciones			CRITICAS	50.00%	
				NORMALES	50.00%	
	Zona de Almacenamiento	IMPORTACIONES	CRITICAS	RACKS	76.47%	
				SHELVING	17.65%	
				PISO	5.88%	
				PATIO	0.00%	
			NORMALES	RACKS	0.00%	
				SHELVING	50.00%	
				PISO	50.00%	
				PATIO	0.00%	
		DEVOLUCIONES			RACKS	23.53%
					SHELVING	54.90%
					PISO	21.57%
					PATIO	0.00%

Tabla 17. Proporción de localizadores según su zona de almacenamiento en enero.

Fuente: Elaboración Propia

MES	NOMBRE DE PROPORCIÓN			TIPO	PROPORCION	
FEBRERO	Tipo de Importaciones			CRITICAS	33.33%	
				NORMALES	66.67%	
	Zona de Almacenamiento	IMPORTACIONES	CRITICAS	RACKS	100.00%	
				SHELVING	0.00%	
				PISO	0.00%	
				PATIO	0.00%	
		NORMALES	RACKS	25.00%		
			SHELVING	75.00%		
			PISO	0.00%		
			PATIO	0.00%		
		DEVOLUCIONES			RACKS	8.70%
					SHELVING	73.91%
					PISO	17.39%
					PATIO	0.00%

Tabla 18. Proporción de localizadores según su zona de almacenamiento en febrero.

Fuente: Elaboración Propia

MES	NOMBRE DE PROPORCIÓN			TIPO	PROPORCION
MARZO	Tipo de Importaciones			CRITICAS	100.00%
				NORMALES	0.00%
	Zona de Almacenamiento	IMPORTACIONES	CRITICAS	RACKS	95.45%
				SHELVING	0.00%
				PISO	4.55%
				PATIO	0.00%
			NORMALES	RACKS	0.00%
				SHELVING	0.00%
				PISO	0.00%
				PATIO	0.00%
		DEVOLUCIONES	RACKS	3.45%	
			SHELVING	79.31%	
			PISO	17.24%	
			PATIO	0.00%	

Tabla 19. Proporción de localizadores según su zona de almacenamiento en marzo.

Fuente: Elaboración Propia

c) Datos referidos a Tiempos Operativos:

OPERACIÓN LOGÍSTICA	DISTRIBUCION	UNIDADES
Verificación de Vehículos	$8.25 + 2.1 * \text{BETA}(1.62, 1.97)$	Minutos/Vehículos
Descarga Paletizada	$0.79 + 0.71 * \text{BETA}(1.59, 1.76)$	Minutos/Paleta
Descarga a Granel	$0.13 + 0.15 * \text{BETA}(1.68, 1.74)$	Minutos/Caja
Traslado a la Zona de Chequeo	$0.03 + \text{LOGN}(0.0101, 0.00424)$	Minutos/Paleta
Desglose de Cajas	$0.21 + \text{ERLA}(0.0214, 4)$	Minutos/Caja
Auditoria (Foto)	$0.18 + \text{LOGN}(0.11, 0.0909)$	
Auditoria (Conteo)	$\text{TRIA}(0.02, 0.0688, 0.08)$	
Tratado de Cajas Abiertas (Validación)	$1 + 1 * \text{BETA}(0.974, 0.748)$	
Tratado de Cajas Abiertas (Sellado)	$0.3 + 0.35 * \text{BETA}(1.28, 1.39)$	
Asignación de Localizadores	$4.3 + 2.59 * \text{BETA}(1.44, 1.27)$	
Escaneo e Identificación (Escaneo)	$0.17 + 0.05 * \text{BETA}(2.44, 2.36)$	
Escaneo e Identificación (Identificación)	$0.42 + \text{LOGN}(0.0951, 0.0645)$	
Traslado al Staying de preparado	$0.31 + 0.08 * \text{BETA}(1.22, 0.987)$	Minutos/Paleta
Demora por ir a Racks	$\text{TRIA}(0.05, 0.135, 0.19)$	Minutos/Agrupación
Demora por ir a Shelving	$1.11 + \text{ERLA}(0.062, 3)$	
Demora por ir a Piso	$\text{UNIF}(0.17, 0.35)$	
Traslado en Racks (HORIZONTAL)	$4 + \text{GAMM}(0.888, 2.96)$	Minutos/Localizador
Traslado en Racks (VERTICAL)	$17 + 18 * \text{BETA}(0.402, 0.346)$	
Traslado en Shelves/Jaula	$\text{TRIA}(0.51, 0.667, 0.72)$	
Traslado en Piso	$0.23 + 0.13 * \text{BETA}(1.61, 1.77)$	

Tabla 20. Distribuciones probabilísticas de los tiempos de Recepción. **Fuente:**

Elaboración Propia

Preparación y Despacho de Mercancía

a) Datos referidos a frecuencias:

DICIEMBRE		
TIPO	FRECUENCIA	DISTRIBUCIÓN
Despacho Normales	Frecuencia entre llegadas de documentos	$0.999 + \text{EXPO}(0.317)$
	Frecuencia de llegadas de documentos	$0.999 + \text{EXPO}(11.1)$
	Frecuencia de localizadores por documento	$0.999 + \text{GAMM}(8.67, 0.291)$
	Frecuencia de bultos por documento	$0.999 + \text{EXPO}(1.23)$
Despachos Críticos	Frecuencia entre llegadas de documentos	$0.999 + \text{EXPO}(0.924)$
	Frecuencia de llegadas de documentos	$0.999 + \text{EXPO}(3.22)$
	Frecuencia de localizadores por documento	$12 + \text{EXPO}(4.46)$
	Frecuencia de bultos por documento	$7 + 23 * \text{BETA}(0.721, 1.14)$
Datos Comunes para todos los Despachos	Frecuencia de líneas por localizador simple	$0.999 + \text{WEIB}(0.0106, 0.318)$
	Frecuencia de líneas por localizador complejo	$3 + \text{EXPO}(4.81)$
	Tiempo de espera en el Staying de preparado	$(-) 0.001 + 22 * \text{BETA}(0.611, 4.87)$
	Frecuencia de bultos por paleta	$0.04 + 0.961 * \text{BETA}(0.611, 0.262)$

Tabla 21. Distribuciones probabilísticas del Despacho de Diciembre.

Fuente: Elaboración Propia

ENERO		
TIPO	FRECUENCIA	DISTRIBUCIÓN
Despacho Normales	Frecuencia entre llegadas de documentos	$0.999 + 2 * \text{BETA}(0.0377, 0.282)$
	Frecuencia de llegadas de documentos	$0.999 + \text{WEIB}(3.99, 0.514)$
	Frecuencia de localizadores por documento	$0.999 + 2 * \text{BETA}(0.137, 0.235)$
	Frecuencia de bultos por documento	$0.999 + \text{EXPO}(0.3)$
Despachos Críticos	Frecuencia entre llegadas de documentos	$0.999 + 2 * \text{BETA}(0.0525, 0.063)$
	Frecuencia de llegadas de documentos	$0.999 + \text{EXPO}(1.09)$
	Frecuencia de localizadores por documento	$4 + \text{WEIB}(2.43, 0.486)$
	Frecuencia de bultos por documento	$0.999 + \text{WEIB}(0.539, 0.312)$
Datos Comunes para todos los Despachos	Frecuencia de líneas por localizador simple	1
	Frecuencia de líneas por localizador complejo	$2 + \text{WEIB}(0.217, 0.269)$
	Tiempo de espera en el Staying de preparado	$\text{NORM}(2.05, 1.52)$
	Frecuencia de bultos por paleta	$0.04 + 0.961 * \text{BETA}(0.611, 0.262)$

Tabla 22. Distribuciones probabilísticas del Despacho de Enero.

Fuente: Elaboración Propia

FEBRERO		
TIPO	FRECUENCIA	DISTRIBUCIÓN
Despacho Normales	Frecuencia entre llegadas de documentos	$0.999 + \text{WEIB}(0.0872, 0.294)$
	Frecuencia de llegadas de documentos	$0.999 + 11 * \text{BETA}(0.625, 0.918)$
	Frecuencia de localizadores por documento	$0.999 + \text{EXPO}(0.968)$
	Frecuencia de bultos por documento	$0.999 + \text{EXPO}(0.818)$
Despachos Críticos	Frecuencia entre llegadas de documentos	$0.999 + \text{EXPO}(1.43)$
	Frecuencia de llegadas de documentos	$0.999 + \text{EXPO}(1.14)$
	Frecuencia de localizadores por documento	$7 + \text{EXPO}(6.2)$
	Frecuencia de bultos por documento	$0.999 + 21 * \text{BETA}(1.11, 1.98)$
Datos Comunes para todos los Despachos	Frecuencia de líneas por localizador simple	$0.999 + \text{WEIB}(0.0122, 0.314)$
	Frecuencia de líneas por localizador complejo	$3 + 19 * \text{BETA}(0.499, 1.3)$
	Tiempo de espera en el Staying de preparado	$(-) 0.001 + \text{EXPO}(1.88)$
	Frecuencia de bultos por paleta	$0.04 + 0.961 * \text{BETA}(0.611, 0.262)$

Tabla 23. Distribuciones probabilísticas del Despacho de Febrero.

Fuente: Elaboración Propia

Marzo		
TIPO	FRECUENCIA	DISTRIBUCIÓN
Despacho Normales	Frecuencia entre llegadas de documentos	$0.999 + \text{WEIB}(0.0317, 0.294)$
	Frecuencia de llegadas de documentos	$0.999 + \text{WEIB}(3.15, 0.394)$
	Frecuencia de localizadores por documento	$0.999 + \text{GAMM}(9.38, 0.231)$
	Frecuencia de bultos por documento	$0.999 + \text{EXPO}(1.23)$
Despachos Críticos	Frecuencia entre llegadas de documentos	$\text{UNIF}(0.999, 4)$
	Frecuencia de llegadas de documentos	$0.999 + 13 * \text{BETA}(0.044, 0.0214)$
	Frecuencia de localizadores por documento	$12 + 33 * \text{BETA}(0.388, 0.647)$
	Frecuencia de bultos por documento	$7 + 23 * \text{BETA}(0.721, 1.14)$
Datos Comunes para todos los Despachos	Frecuencia de líneas por localizador simple	$\text{TRIA}(0.999, 2.01, 4)$
	Frecuencia de líneas por localizador complejo	$5 + 89 * \text{BETA}(0.511, 2.45)$
	Tiempo de espera en el Staying de preparado	$(-) 0.001 + 17 * \text{BETA}(0.873, 0.896)$
	Frecuencia de bultos por paleta	$0.04 + 0.961 * \text{BETA}(0.611, 0.262)$

Tabla 24. Distribuciones probabilísticas del Despacho de Marzo.

Fuente: Elaboración Propia

b) Datos referidos a Proporciones:

MES	NOMBRE DE PROPORCIÓN		TIPO	PROPORCION
DICIEMBRE	Tipo de Localizadores		SIMPLES	86.75%
			COMPLEJOS	13.25%
	Zona de Píckeo	Despachos Normales	RACKS	59.20%
			SHELVING	16.98%
			PISO	10.73%
			PATIO	13.09%
		Despachos Críticos	RACKS	63.75%
			SHELVING	27.19%
			PISO	5.15%
			PATIO	3.91%
		Proporción de Línea en Localizadores Simples	PARCIALES	42.62%
			COMPLETAS	36.89%
			CABLES	20.49%
		Proporción de Línea en Loc. Complejos	PARCIALES	49.43%
			COMPLETAS	41.00%
			CABLES	9.58%

Tabla 25. Proporción de localizadores en el despacho de diciembre.

Fuente: Elaboración Propia.

MES	NOMBRE DE PROPORCIÓN		TIPO	PROPORCION
ENERO	Tipo de Localizadores		SIMPLES	87.63%
			COMPLEJOS	12.37%
	Zona de Píckeo	Despachos Normales	RACKS	69.46%
			SHELVING	23.65%
			PISO	3.94%
			PATIO	2.96%
		Despachos Críticos	RACKS	62.71%
			SHELVING	27.12%
			PISO	7.34%
			PATIO	2.82%
		Proporción de Línea en Localizadores Simples	PARCIALES	49.12%
			COMPLETAS	12.28%
			CABLES	38.60%
		Proporción de Línea en Loc. Complejos	PARCIALES	16.67%
			COMPLETAS	58.33%
			CABLES	25.00%

Tabla 26. Proporción de localizadores en el despacho de enero.

Fuente: Elaboración Propia

MES	NOMBRE DE PROPORCIÓN		TIPO	PROPORCION
FEBRERO	Tipo de Localizadores		SIMPLES	88.29%
			COMPLEJOS	11.71%
	Zona de Pickeo	Despachos Normales	RACKS	66.10%
			SHELVING	27.97%
			PISO	4.24%
			PATIO	1.69%
		Despachos Críticos	RACKS	71.21%
			SHELVING	24.24%
			PISO	4.04%
			PATIO	0.51%
	Proporción de Línea en Localizadores Simples		PARCIALES	33.33%
			COMPLETAS	53.85%
			CABLES	12.82%
	Proporción de Línea en Loc. Complejos		PARCIALES	18.42%
			COMPLETAS	68.42%
			CABLES	13.16%

Tabla 27. Proporción de localizadores en el despacho de febrero.

Fuente: Elaboración Propia

MES	NOMBRE DE PROPORCIÓN		TIPO	PROPORCION
MARZO	Tipo de Localizadores		SIMPLES	84.68%
			COMPLEJOS	15.32%
	Zona de Pickeo	Despachos Normales	RACKS	86.84%
			SHELVING	10.93%
			PISO	2.23%
			PATIO	0.00%
			Despachos Críticos	RACKS
		SHELVING		18.81%
		PISO		0.11%
		PATIO		0.11%
		Proporción de Línea en Localizadores Simples		PARCIALES
			COMPLETAS	42.16%
	CABLES		11.89%	
	Proporción de Línea en Loc. Complejos	PARCIALES	59.26%	
		COMPLETAS	31.48%	
		CABLES	9.26%	

Tabla 28. Proporción de localizadores en el despacho de marzo.

Fuente: Elaboración Propia

NOMBRE DE PROPORCIÓN	TIPO	PROPORCIÓN
Operaciones de Apoyo	LOCALIZADORES SIN EXTRACCIÓN	82.06%
	LOCALIZADORES CON EXTRACCIÓN	17.94%
	LINEAS SIN CORTE DE CABLE	16.36%
	LINEAS CON CORTE DE CABLE	83.64%

Tabla 29. Proporciones de las operaciones de apoyo. **Fuente:** Elaboración Propia

c) Datos referidos a Tiempos Operativos:

OPERACIÓN LOGÍSTICA	DISTRIBUCION	UNIDADES
Planificación de ruta	$0.28 + 0.37 * \text{BETA}(1.73, 1.64)$	Minutos/Localizador
Demora por ir a Shelving	$0.78 + \text{LOGN}(0.211, 0.153)$	Minutos/Agrupación
Demora por ir a Piso	0.2314	
Demora por ir a Patio	$2.75 + \text{LOGN}(0.0987, 0.0835)$	
Traslado en Racks (HORIZONTAL)	$4 + \text{GAMM}(0.888, 2.96)$	Minutos/Localizador
Traslado en Racks (VERTICAL)	$17 + 18 * \text{BETA}(0.402, 0.346)$	
Traslado en Shelves/Jaula	$\text{TRIA}(0.51, 0.667, 0.72)$	
Traslado en Piso	$0.23 + 0.13 * \text{BETA}(1.61, 1.77)$	
Traslado en Patio	$\text{TRIA}(0.03, 0.072, 0.09)$	
Picking de Cajas Completas	$0.35 + 0.6 * \text{BETA}(1.39, 1.31)$	Minutos/Línea
Picking de Cajas Parciales	$\text{TRIA}(1.51, 1.93, 2.1)$	
Picking de Cables	$2.03 + \text{ERLA}(0.198, 3)$	
Traslado al Staying de preparado	$\text{TRIA}(0.05, 0.135, 0.19)$	Minutos/Paleta
Corte de Cable	$\text{NORM}(5.43, 0.393)$	Minutos/Línea
Extracción	$8 + 6.85 * \text{BETA}(1.05, 1.16)$	Minutos/Localizador
Auditoria (Foto)	$0.18 + \text{LOGN}(0.11, 0.0909)$	Minutos/Línea
Auditoria (Conteo)	$1 + 1 * \text{BETA}(0.974, 0.748)$	
Escaneo	$0.17 + 0.05 * \text{BETA}(2.44, 2.36)$	
Reempaquetado (Repack)	$\text{TRIA}(1.27, 1.69, 1.87)$	Minutos/Bulto
Reempaquetado (Identificación)	$0.42 + \text{LOGN}(0.0951, 0.0645)$	
Traslado al andén de carga	$0.31 + 0.08 * \text{BETA}(1.22, 0.987)$	Minutos/Paleta
Control de Salidas	$\text{TRIA}(0.02, 0.0688, 0.08)$	Minutos/Bulto
Carga de Mercancía	$0.1 + 0.17 * \text{BETA}(1.39, 1.59)$	

Tabla 30. Distribuciones probabilísticas de los tiempos de despacho. **Fuente:** Elaboración Propia

ANEXO A-8.2 DISEÑO DEL MODELO

En este apartado, se hará la descripción y parametrización del modelo de simulación desarrollado, con el fin de entender paso a paso lo realizado:

Descripción General

En el centro de distribución en el cual GRUPO 3PL presta servicios logísticos a Huawei Technologies Co., se llevan a cabo procesos de preparación de pedidos, despachos, recepción, almacenamiento y auditorías de mercancía. El modelado del sistema real se basó en la caracterización de los procesos operativos previamente expuesta, tomando en cuenta la forma de empleo de los recursos en cada etapa, y estableciendo una unidad de manejo que simplificase la parametrización del modelo y la determinación de distribuciones de tiempo. **El sistema se dividió en tres líneas (procesos) generales:** 1) preparación y despacho, 2) recepción y almacenamiento y 3) control perceptivo. Para cada proceso se establecieron diferentes unidades de manejo, definiéndolas como entidades del sistema o atributos de éstas.

En el almacén, el horario de trabajo normal de los operarios inicia a las 8:30 AM y finaliza a las 5:30 PM (9 horas diarias), con unas pocas excepciones en las cuales se labora en sobretiempo, pero que no se tomaron en cuenta en el modelado por falta de información y consistencia en los datos. Dentro del horario normal, existe una (1) hora de almuerzo comprendida entre las 12:00 PM y 1:00 PM, la cual se eliminó del horario de simulación ya que no involucra trabajo alguno por parte de los operarios. De acuerdo a esto, se simularon 8 horas exactas por día (este valor corresponde al campo “horas por día”).

Debido a la variabilidad de los datos correspondientes a las entradas, se decidió elaborar un modelo que representase el comportamiento mensual del sistema. Por lo tanto, las horas mensuales laboradas varían de acuerdo al mes de estudio. Este parámetro corresponde al valor de la “longitud de la replicación”. En la siguiente tabla se exponen las horas totales laboradas por mes en el período diciembre 2016 a marzo de 2017:

Mes	Días laborados	Horas totales por replicación
Diciembre	23	184
Enero	22	176
Febrero	18	144
Marzo	23	184

Tabla 31. Horas totales laboradas por mes.

Fuente: Elaboración Propia

Cada proceso general tiene una unidad de manejo representativa, es decir, dicha unidad reproduce las entradas y las salidas del sistema. Sin embargo, ésta puede dividirse en el transcurso del proceso para permitir un mayor acercamiento a la realidad al momento de asignar tiempos aleatorios pero, las subunidades deben volver a reagruparse para poder finalizar el proceso, ya sea de despacho, recepción o control perceptivo. De acuerdo al tratamiento de datos realizado para disminuir la variabilidad, se establecieron diferentes unidades de manejo para cada proceso, las cuales serán representadas como entidades de entrada y salida del modelo.

Proceso	Unidad de manejo (entidad general)	Tipo
Preparación y despacho	Documento	Normal
		Crítico
Recepción y almacenamiento	Importación	Normal
	Devolución	Crítica
Control perceptivo	Señal de auditorías y CP	

Tabla 32. Unidades de manejo representativas por línea de proceso general.

Fuente: Elaboración Propia.

Descripción de las líneas generales: Preparación y Despacho

a) Generación y caracterización de documentos:

La caracterización de los documentos no corresponde a una operación real que acumule tiempo de trabajo o demora, solo permite definir correctamente las variables y atributos de las entidades. Cada una de éstas debe poder dividirse en localizadores con ciertos atributos que le permitan acumular tiempo en las diferentes etapas del proceso.

Se definieron dos entradas al modelo como dos módulos *Create* para generar los documentos diariamente: “Generador de Ordenes Normales” y “Generador de Ordenes Criticas”. Éstos representan la llegada diaria a primera hora (8:30 AM) de los pedidos, por lo tanto, la distribución que representan el “tiempo entre llegadas” se parametrizó de tal forma que siempre se obtuviesen días completos (números enteros) entre cada llegada de pedidos, mediante el uso de la función de redondeo al entero más cercano “ANINT”. Las distribuciones colocadas en la parametrización pueden consultarse en el apartado anterior (Anexo A-8.1)

Los siguientes *Assign* (“Asignación de Localizadores_Documentos Normales” y “Asignación de Localizadores_Documentos Críticos”) definen dos características de cada documento entrante al sistema: tipo de documento (“Tipo_Doc”) y número de localizadores (“Num_Loc”). El tipo de documento, establece su carácter crítico o normal para próximos usos, y el número de localizadores representa la cantidad de ubicaciones a visitar en el pickeo; cabe destacar, que estas variables en el sistema real se conocen previamente al inicio de la operación de picking. Éstas dos características se parametrizaron como vectores de un tamaño finito pero lo suficientemente grandes para simular por un tiempo prolongado (10 a 14 años aproximadamente). Cada valor de dichas características, se guardaron en el vector respectivo con un índice especificado por el atributo “Entity.SerialNumber”, el cual asigna un número de serial a cada entidad.



Ilustración 1. Generador de órdenes y su caracterización. **Fuente:** Arena V14

b) Selección de equipo de preparado.

En ésta operación, los documentos generados se van acumulando por la espera de los recursos necesarios para poder iniciar la operación de picking. En el sistema real, los almacenistas I reciben una lista de picking (documento) a la vez, por lo tanto, el resto de las listas deberán esperar en cola hasta que se libere un equipo completo para poder avanzar en el proceso. De acuerdo a esto, se puede verificar que el modelo cumple con dicha restricción ya que cada documento requiere de una triada de recursos (almacenista I, conductor y montacargas) para poder pasar al siguiente módulo. Este Process solo acumula entidades por la espera de recursos disponibles, mas no agrega valor a la línea de preparación y despacho.

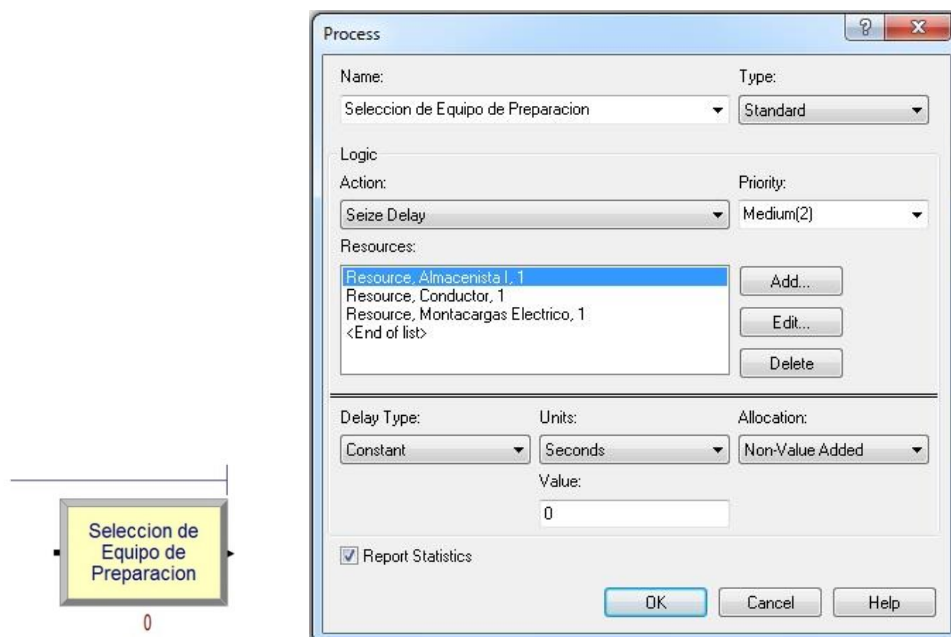


Ilustración 2. Programación del módulo “Selección de Equipo de Preparación”.

Fuente: Arena V14

La acción seleccionada para los recursos es “Seize Delay”, lo cual significa capturar los recursos e iniciar el tiempo de procesado, sin liberar los recursos para poder mantener el equipo de preparación desde el inicio del picking hasta el traslado de la mercancía al Staying de preparado.

c) Asignación de líneas y zona por localizador.

Al igual que la etapa de caracterización de documentos, ésta operación no genera valor agregado o demoras y solo pretende definir los atributos de cada localizador. En éste segmento del proceso se combinan seis (6) módulos para poder lograr una asignación correcta de cantidades y tipos de líneas por localizador. En la **Tabla 33** se puede observar la parametrización de estos módulos:

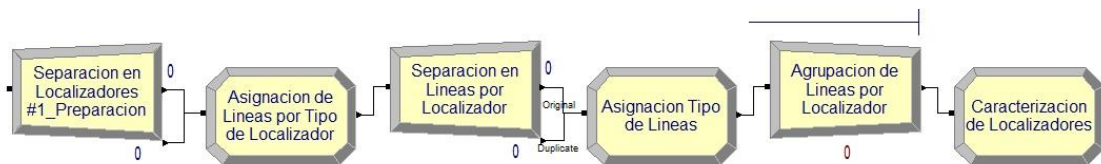


Ilustración 3. Asignación de líneas y zonas por localizador. **Fuente:** Arena V14

d) Operaciones de traslado y picking.

De acuerdo a la caracterización de los procesos operativos, una vez capturados los recursos necesarios para iniciar el proceso de preparación y despacho, se lleva a cabo una etapa de picking de la mercancía en diferentes zonas del almacén. Ésta se compone de una demora en la cual los almacenistas I preparan su ruta de selección con cada localizador alcanzado, buscando minimizar el tiempo de recorrido; seguidamente se lleva a cabo una operación de traslado del equipo hacia el localizador elegido, ubicado en la zona indicada en la lista de picking, y finaliza en una operación de picking de un conjunto de líneas (parciales, completas y de cable).

Para modelar esta etapa del sistema se decidió colocar inicialmente un módulo *Delay* que representase la demora de los almacenistas I al planificar su ruta de traslado. Ésta demora se aplica a cada localizador, ya que el almacenista I debe volver a preparar su próximo destino una vez realizado el picking. Luego, con un módulo *Decide* los localizadores son enviados a una zona específica asignada previamente. Dependiendo de la zona a la que se dirija el localizador, se establecieron una serie de módulos característicos que simbolizan las operaciones de traslado y picking en cada zona.

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Separación en Localizadores #1_Preparación	Separate	Tipo	Duplicar Original	Separa (duplica) el documento original en tantos localizadores se le hayan asignado previamente en el vector "Num_Loc".
		Núm. de Duplicados	(Num_Loc (Entity.SerialNumber)) - 1	
Asignación de Líneas por Tipo de Localizador	Assign	Asignaciones	Atributo, Tipo de Localizador, DISC(p1 , 1 , 1 , 2)	Con estas asignaciones se determina mediante una distribución discreta acumulada, el tipo de localizador entre Simple (1) o Complejo (2). Una vez asignado, se establece de acuerdo al atributo condicional "Tipo de Localizador", el número de líneas correspondientes mediante una distribución continua.
			Atributo, Numero de Líneas, ANINT((Tipo de Localizador == 1) * (Distribución) + (Tipo de Localizador == 2) * (Distribución))	
Separación en Líneas por Localizador	Separate	Tipo	Duplicar Original	Separa (duplica) el localizador original en tantas líneas se le hayan asignado previamente en el atributo "Numero de Líneas".
		Núm., de Duplicados	(Número de Líneas) - 1	
Asignación Tipo de Líneas	Assign	Asignaciones	Atributo, Tipo de Línea, ((Tipo de Localizador == 1) * DISC(p1, 1, p2, 2, 1, 3)) + ((Tipo de Localizador == 2) * DISC(p1, 1, p2, 2, 1, 3))	Con una distribución discreta acumulada se determina el tipo de línea, ya sea parcial (1), completa (2) o de cable (3), condicionando dicha distribución mediante el atributo "Tipo de Localizador". A medida que se asigna el tipo, los atributos restantes funcionan como acumuladores de líneas para obtener el total de líneas por tipo en el siguiente módulo. Para esto, el condicional (Tipo de Línea == n) asigna el valor uno (1) si es verdadero y cero (0) si es falso.
			Atributo, Numero de Líneas Parciales, (Tipo de Línea == 1)	
			Atributo, Numero de Líneas Completas, (Tipo de Línea == 2)	
			Atributo, Numero de Líneas de Cable, (Tipo de Línea == 3)	
Agrupación de Líneas por Localizador	Batch	Tipo	Permanente	En este módulo se agrupan las líneas ya identificadas con un tipo (parcial, completa o cable) en el localizador (entidad) original de forma permanente. Para asegurar que todas las entidades que conforman el grupo sean las correctas, el tamaño del grupo se condiciona mediante los atributos "Numero de Líneas" y "Entity.SerialNumber". Los acumuladores descritos en el módulo previo, van sumando de una en una las líneas de cada tipo, de acuerdo al criterio para guardar los atributos en la nueva entidad
		Tamaño del Lote	Atributo "Numero de Líneas"	
		Criterio para Guardar	Suma	
		Regla	Por Atributo	
		Nombre del Atributo	Entity.SerialNumber	
		Tipo de Entidad Representativa	Documento	
Caracterización de Localizadores	Assign	Asignaciones	Atributo, Localizadores para Extracción de Equipo, DISC(p1, 1, 1, 2)	El primer atributo asignado al localizador, fija de forma discreta si éste debe ser procesado por extracción de equipo o no, donde el valor uno (1) corresponde a los localizadores que no deben ser procesados. El segundo atributo establece el número de cables que deben ser cortados próximamente en el proceso de preparación. Este atributo se asigna mediante una proporción "p" del total de líneas de cable del localizador. El tercer atributo indica la zona a la cual pertenece el localizador dependiendo del tipo de documento del cual proviene (vector "Tipo_Doc"). Esta asignación se realiza a través de una distribución discreta acumulada, donde el valor uno (1) corresponde a la zona de racks, el valor dos (2) a la zona de shelves y jaula, el tres (3) a la zona de piso y el valor cuatro (4) a la zona exterior del almacén.
			Atributo, Numero de Líneas de Corte de Cable, ANINT((Número de Líneas de Cable) * (p))	
			Atributo, Zona, (Tipo_Doc (Entity.SerialNumber) == 1) * (DISC(p1, 1, p2, 2, p3, 3, 1, 4)) + (Tipo_Doc (Entity.SerialNumber) == 2) * (DISC(p1, 1, p2, 2, p3, 3, 1, 4))	

Tabla 33. Parametrización de la “Asignación de Líneas y zonas por localizados”. **Fuente:** Elaboración Propia

Una vez procesados todos los localizadores correspondientes a una lista de picking, éstos deben agruparse según su atributo “Entity.SerialNumber” en un Batch para formar el documento original del cual provienen. Una vez que se unan todos los localizadores en el Batch, se puede dar por terminado el proceso de picking. Luego se trasladará la mercancía recolectada al Staying de preparado. En la siguiente ilustración se pueden observar los módulos mencionados, y en la **Tabla 34** se expone la parametrización de cada uno de los módulos Process y otros característicos de cada zona:

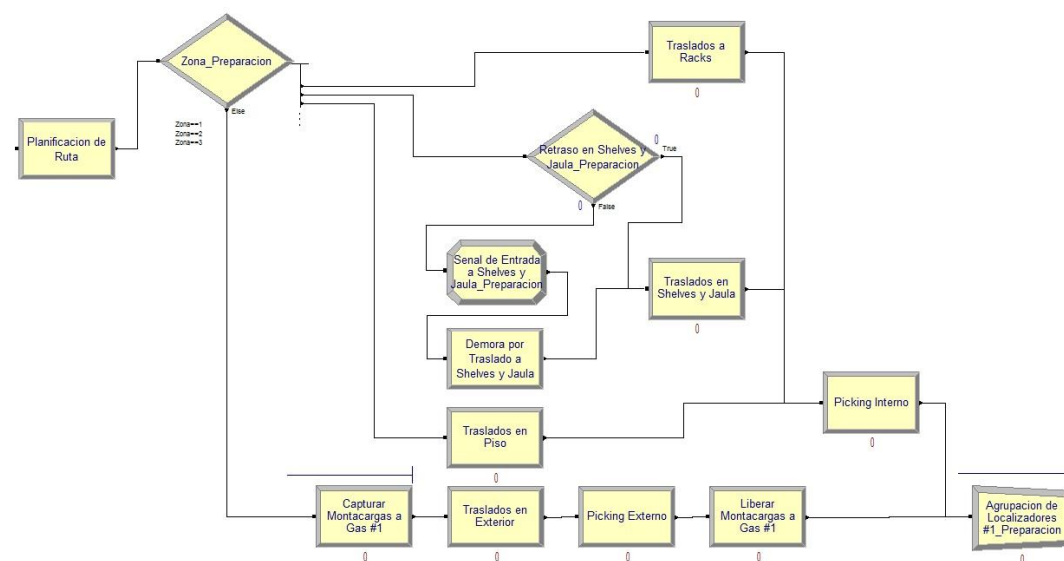


Ilustración 4. Operaciones de Traslado y Picking. **Fuente:** Arena V14.

e) Asignación de bultos, paletas y tiempo de espera por documento.

Luego de agrupar los localizadores en el documento original, se le asigna, mediante un *Assign* llamado “Asignación de Bultos_Paletas_Tiempo de Espera”, el número de bultos y paletas que conforman el documento, y el tiempo de espera en el Staying de preparado que tiene que esperar para ser despachado. En la **Tabla 35** se describe el módulo y la parametrización de sus asignaciones.



Ilustración 5. Asignación de bultos, paletas y espera. **Fuente:** Arena V14

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Planificación de Ruta	Delay	Asignación	Espera	En este módulo de retraso, se asigna un tiempo de espera (en minutos) aleatorio a cada localizador a partir de una distribución continua específica.
		Tiempo de Retraso	Distribución	
		Unidades	Minutos	
Zona_Preparación	Decide	Tipo	N-Rutas por Condición	Para dirigir los localizadores a una de las cuatro (4) zonas definidas, se establecieron tres condiciones (atributos) correspondientes a las zonas de racks (1), shelves y jaula (2) y piso (3). La cuarta zona de exterior se seleccionará si no se cumple ninguna de las condiciones anteriores.
		Condiciones	Atributo, (Zona == 1)	
			Atributo, (Zona == 2)	
			Atributo, (Zona == 3)	
Traslados a Racks	Process	Acción	Procesar	Este módulo representa la operación de traslado hacia cada una de las ubicaciones en la zona de racks. El tiempo asignado a cada localizador se compone de un tiempo por traslado horizontal hasta la ubicación y otro por traslado vertical hasta alcanzar el nivel del localizador.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución de Traslado Horizontal) + (Distribución de Traslado Vertical)	
Retraso en Shelves y Jaula_Preparación	Decide	Tipo	2-Rutas por Condición	En la zona de shelves y jaula se genera una demora importante cuando el equipo de preparación debe trasladarse y esperar a que se abra la compuerta de dicha área. Éste retraso se genera una (1) sola vez por documento, es decir, solo se entra una vez a la zona de shelves y jaula. Para poder modelar este aspecto del sistema se colocó un decide que evalúe la condición del vector "Señal_Shelves_Prep" donde, si el valor del vector es igual a uno (1) el localizador que pasa por el módulo de decisión continúa a la operación de traslado y picking pero, si el valor es cero (0), la condición se leerá como falsa y el localizador entra a un siguiente módulo que genera la señal de entrada al área y acumula el tiempo de demora. En primera instancia el valor del vector, condicionado por el serial de cada documento, es igual a cero (0), por lo tanto, el primer localizador es el que genera la demora y el resto, como el vector toma el valor uno (1), pasan directo al traslado y picking en la zona de shelves y jaula.
		Condición	(Señal_Shelves_Prep (Entity.SerialNumber)) == 1	
Señal de Entrada a Shelves y Jaula_Preparación	Assign	Asignación	Vector Variable (1D), Señal_Shelves_Prep, 1	En este módulo, el primer localizador ubicado en shelves y jaula del documento, modifica el valor del vector "Señal_Shelves_Prep" para que ningún otro localizador genere la demora por abrir la compuerta de la zona. El índice del vector viene dado por el atributo de cada documento "Entity.SerialNumber".
Demora por Traslado a Shelves y Jaula	Delay	Asignación	Espera	Una vez que el primer localizador de shelves y jaula haya pasado por los dos módulos anteriores, éste ingresa a este módulo Delay para acumular tiempo por demora. Este tiempo contempla el traslado a la zona y el retraso por abrir la compuerta del área.
		Tiempo de Retraso	Distribución	
		Unidades	Minutos	
Traslados en Shelves y Jaula	Process	Acción	Procesar	Este módulo refleja el traslado a cada uno de los localizadores ubicado en la zona de shelves y jaula. La distribución obtenida de mediciones realizadas en el almacén, contempla el transporte horizontal y la acción de subir la escalera de nivelación hacia las estanterías (cuando se midió, si no se usaba la escalera, se asumía un tiempo igual a cero).
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	Distribución	
Traslados en Piso	Process	Acción	Procesar	Este módulo representa la operación de traslado hacia cada una de las ubicaciones en la zona de piso. El tiempo asignado a cada localizador se compone de un tiempo de retraso por el transporte del equipo de preparación a la zona y otro por el traslado horizontal dentro de dicha área para alcanzar la ubicación indicada. Como se podrá observar, el retraso se agrega a cada localizador. Esto se debe a la necesidad de volver tantas veces como localizadores en piso haya en el documento, ya que los equipos y piezas de esta zona no pueden apilarse todos en un solo viaje y por ende, se debe retornar al Staying de preparado para liberar la jaula o paleta de picking.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución por Retraso) + (Distribución de Traslado Horizontal)	
Picking Interno Picking Externo	Process	Acción	Procesar	En este módulo, una vez alcanzado un localizador en cualquiera de las zonas internas del almacén (racks, shelves y jaula o piso), se inicia una operación de picking. Esta operación acumula tiempo de selección por cada línea que componen el localizador, asignando un tiempo diferente a cada tipo (parcial, completa o de cable).
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Numero de L Parciales) * (Distribución) + (Numero de L Completas) * (Distribución) + (Número de Líneas de Cable) * (Distribución)	
Capturar Montacargas a Gas #1	Process	Acción	Capturar y Procesar	Para los traslados y picking en la zona exterior del almacén se requiere de un (1) montacargas a gas, el cual es capturado en este módulo Process, sin asignar tiempo de trabajo o demora. Si llegasen más localizadores en exterior, entrarían en una cola para ser procesados y esperando por el montacargas.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Montacargas a Gas (1)	
Traslados en Piso	Process	Acción	Procesar	Al igual que el módulo "Traslado en Piso", éste representa la operación de traslado hacia cada una de las ubicaciones en la zona exterior. De igual forma, se asigna un tiempo de retraso y un tiempo de procesado por localizador, ya que el recurso no tiene la capacidad de manejar mercancía de dos o más localizadores, obligándolo a retornar al Staying de preparado.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución por Retraso) + (Distribución de Traslado Horizontal)	
Liberar Montacargas a Gas #1	Process	Acción	Procesar y Liberar	Una vez procesado el localizador ubicado en la zona exterior, se libera el montacargas a gas para ser empleado nuevamente en otro localizador, por lo tanto, no se acumula tiempo de trabajo o demora.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Montacargas a Gas (1)	
Agrupación de Localizadores #1_Preparacion	Batch	Tipo	Temporal	Luego de procesar todos los localizadores, éstos se deben agrupar para formar el documento original del cual provienen y así poder liberar al almacenista I del equipo de preparación. Esto se debe a que solo el conductor y el montacargas eléctrico serán empleados para trasladar la mercancía de racks, shelves y jaula hacia el Staying de preparación. El tamaño del grupo está condicionado por el vector "Num_Loc" y el atributo "Entity.SerialNumber".
		Tamaño del Lote	Vector "Num_Loc"	
		Criterio para Guardar	Último	
		Regla	Por Atributo	
		Nombre del Atributo	Entity.SerialNumber	
		Tipo de Entidad Representativa	Documento	

Tabla 34. Parametrización de las “Operaciones de Traslado y Picking. “

Fuente: Elaboración Propia.

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Asignación de Bultos_Paletas_Tiempo de Espera	Assign	Asignaciones	Atributo, Numero de Bultos, ANINT((Tipo_Doc (Entity.SerialNumber) == 1) * (Distribución) + (Tipo_Doc (Entity.SerialNumber) == 2) * (Distribución))	De acuerdo al tipo de documento (crítico o normal) indicado por el vector "Tipo_Doc", se asigna un número de bultos como atributo, los cuales se emplearán en próximos módulos para acumular tiempo de trabajo o demora. Luego, según la cantidad de bultos, se determina mediante la razón de paletas por bulto (variable aleatoria) el número de paletas que conforman el documento. Es importante destacar que los atributos anteriores se redondean al entero más cercano por ser unidades discretas, por lo tanto, existe un atributo que "arregla" el error de redondear un número menor de 0,5 paletas a cero (0), asignando el valor de una (1) paleta. Por último se indica el tiempo de espera (en días completos) del documento en el Staying de preparado para ser despachado.
			Atributo, Numero de Paletas, ANINT((Numero de Bultos) * (Distribución))	
			Atributo, Numero de Paletas, ((Numero de Paletas == 0) * (1)) + ((Numero de Paletas >= 1) * (Numero de Paletas))	
			Atributo, Tiempo de Espera, ANINT(Distribución)	

Tabla 35. Parametrización de la “Asignación de bultos, paletas y tiempo de espera”. *Fuente:* Elaboración Propia

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Liberar Almacenista I	Process	Acción	Procesar y Liberar	Luego de culminar el picking, se libera el almacenista I del equipo de preparación, sin asignar tiempo de trabajo o demora.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista I (1)	
Verificar Espacio de Staying y Cola de Espera_Preparación	Decide	Tipo	2-Rutas por Condición	En este módulo se verifican varios aspectos para decidir si se debe trasladar la mercancía directamente al Staying de recepción, o no. Primero, se evalúa si existe espacio disponible en el área de espera. Segundo, para asegurar que todo el documento sea trasladado se verifica que la diferencia entre la capacidad máxima del área y lo ocupado sea mayor que el área a utilizar. Por último, se verifican las colas de los módulos en los cuales los documentos esperan por espacio en el área de Staying, un (1) conductor y un (1) montacargas eléctrico. El área a emplear por documento es directamente proporcional al número de paletas que lo conforman, donde una paleta posee unas dimensiones de 1,5 metros cuadrados.
		Condición	(NR(Área de Staying) <= MR(Área de Staying)) && (MR(Área de Staying) - NR(Área de Staying) >= (1.5 * Numero de Paletas)) && (NQ(Cola de Espera por Espacio en Staying_Preparación.Queue) == 0) && (NQ(Traslado al Staying de Preparado #2.Queue) == 0)	
Liberar Conductor y Montacargas Eléctrico #1	Process	Acción	Procesar y Liberar	Si todas las condiciones del módulo anterior resultan ser falsas, el documento pasa a una cola de espera por espacio, sin embargo, el conductor y el montacargas deben ser liberados para poder utilizarlos en otras operaciones. En este módulo se liberan dichos recursos sin asignar tiempo de trabajo o demora.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Conductor (1) y Montacargas Eléctrico (1)	
Espera por Espacio en Staying de Preparado_Preparación	Hold	Tipo	Escanear por Condición	Este Hold mantiene en cola a los documentos que esperan por espacio en el área de Staying. Por lo tanto, mediante la expresión expuesta se evalúa constantemente (con cada evento) el uso de dicha área. Si al evaluar la expresión, ésta arroja el valor verdadero, el documento es transferido al siguiente módulo para capturar los recursos necesarios en la ejecución del traslado.
		Condición	(NR(Area de Staying) <= MR(Area de Staying)) && (MR(Area de Staying) - NR(Area de Staying) >= (1.5 * Número de Paletas))	
Traslado al Staying de Preparado #2_Preparacion	Process	Acción	Capturar y Procesar	En este módulo se capturan los recursos necesarios para el traslado de la mercancía y se acumula un tiempo de transporte por cada paleta que conforme el documento.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Conductor (1), Montacargas Eléctrico (1) y Área de Staying (1,5*Numero de Paletas)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Numero de Paletas) * (Distribución)	
Traslado al Staying de Preparado #1_Preparacion	Process	Acción	Capturar y Procesar	Si las condiciones del módulo "Verificar Espacio de Staying y Cola de Espera_Preparación" resultan verdaderas, el documento pasa directamente a ser trasladado al Staying de preparado mediante éste módulo. Para realizar esta acción es necesario capturar el área a emplear, la cual es equivalente al número de paletas por su área unitaria de 1,5 metros cuadrados.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Área de Staying (1,5*Numero de Paletas)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Numero de Paletas) * (Distribución)	
Liberar Conductor y Montacargas Eléctrico #2	Process	Acción	Procesar y Liberar	Luego de trasladar la mercancía al área de Staying, se libera al conductor y el montacargas, sin asignar tiempo de trabajo o demora. El área de Staying se mantiene capturada puesto que la mercancía se encuentra en dicho espacio para ser escaneada, auditada, etc.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Conductor (1) y Montacargas Eléctrico (1)	

Tabla 36. Parametrización de las “Operaciones de Traslado al Staying de preparado”. *Fuente:* Elaboración Propia

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Separación en Localizadores #2_Preparacion	Separate	Tipo	Separar Lote Existente	Para iniciar esta etapa el documento original debe dividirse en localizadores para poder aumentar la aleatoriedad al asignar los tiempos de las operaciones de apoyo. Como el documento se formó temporalmente en el Batch "Agrupación de Localizadores #1_Preparacion", los atributos asignados a dicho lote (bultos, paletas y tiempo de espera) deben seleccionarse para no perderlos.
		Atributos de Miembros	Tomar Valores Representativos Específicos	
		Atributos	Numero de Bultos	
			Numero de Paletas	
			Tiempo de Espera	
Corte de Cable	Process	Acción	Capturar, Procesar y Liberar	En este módulo se procesan las líneas de cable que requieran ser cortadas de cada localizador. En el sistema real, los almacenistas I realizan esta operación en el área de Staying, por lo que el recurso "Área de Staying" se mantiene ocupado en el modelado. El tiempo de trabajo que se acumula depende del atributo "Numero de Líneas de Corte de Cable", ya que a mayor cantidad de cables para cortar, mayor será el tiempo del proceso. Una vez cortados todos los cables que lo requieran de un localizador, el almacenista I es liberado.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista I (1)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Número de Líneas de Corte de Cable) * (Distribución)	
Selección para Extracción	Decide	Tipo	2-Rutas Por Condición	Luego de realizar la operación de apoyo de "Corte de Cable" los localizadores entran a un módulo Decide en el cual, mediante un condicional asignado previamente en el Assign "Caracterización de Localizadores", son enviados a la operación de extracción de equipo si el valor de la condición es falso (2).
		Condición	(Localizadores para Extracción de Equipo) == 1	
Extracción de Equipo	Process	Acción	Capturar, Procesar y Liberar	Todos los localizadores que requieren alguna extracción de equipo, luego de no cumplir la condición del Decide previo, pasan por el siguiente módulo Process en el cual un (1) recurso "Almacenista I" es empleado para acumular el tiempo de trabajo respectivo. Es importante destacar que solo se realizará una sola (1) extracción de equipo por localizador y que el recurso es liberado luego de utilizarse en la operación.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista I (1)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	Distribución	

Tabla 37. Parametrización de las “Operaciones de Apoyo”. *Fuente:* Elaboración Propia

f) Operación de traslado al Staying de preparado.

Esta operación está conformada por la liberación del almacenista I, la verificación de espacio disponible en el Staying de preparado, y su respectivo traslado. Existe un caso particular en el sistema real cuando el Staying se encuentra totalmente ocupado, donde el conductor traslada la mercancía a un lugar cercano al área de Staying sin entorpecer el flujo de los recursos a través del almacén, para así poder ser empleado en otras operaciones. Una vez que se haya liberado el espacio, se coloca la mercancía en el Staying para continuar los procesos de escaneo, auditoría, entre otros. Éste caso particular se modeló mediante un *Decide* que evaluará la disponibilidad de área y la cola de espera por dicho recurso. En la siguiente imagen se puede observar los modelos descritos en este apartado, y en la **Tabla 36** se explica la parametrización de cada módulo de la operación:

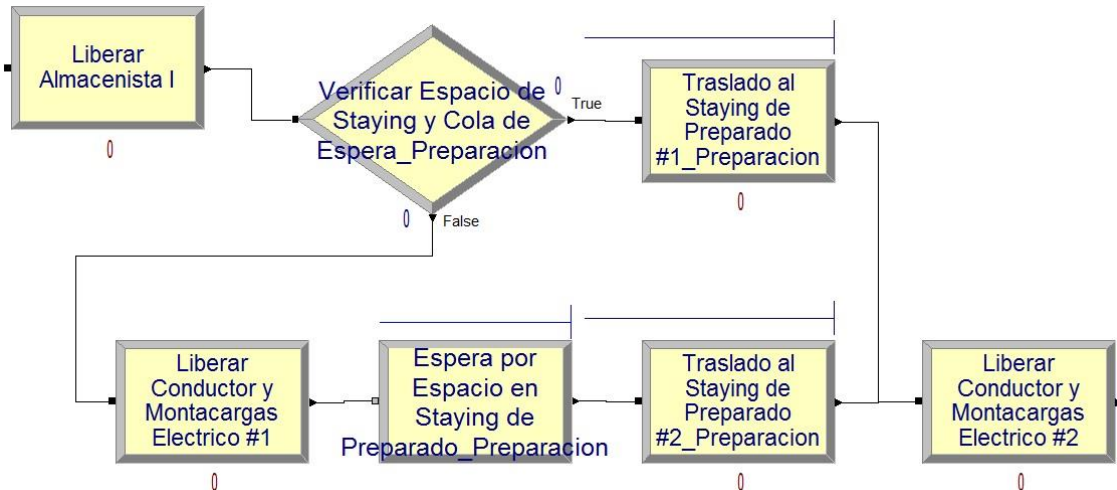


Ilustración 6. Traslado al Staying de Preparado. **Fuente:** Arena V14

g) Operaciones de apoyo.

Luego de trasladar los documentos procesados al área de Staying se realizan dos operaciones auxiliares en la preparación de pedidos: el corte de cables y la extracción de equipos. La primera operación se realiza sobre aquellas líneas de cable que requieran una cantidad de cable en específico, mientras que la segunda se realiza una sola vez por localizador. Esto se debe a que en un localizador se encuentra un solo equipo o cajón del

cual se requiere una o varias piezas. Como no todos los localizadores requieren extracción de equipo, se colocó un módulo *Decide* que evaluase si el localizador a procesar necesita ser transferido a la operación auxiliar o no.

Para cada operación auxiliar se estableció un solo módulo *Process* con características diferentes. En la siguiente figura se observan los módulos mencionados y en la **Tabla 37** se muestran las características de cada uno:

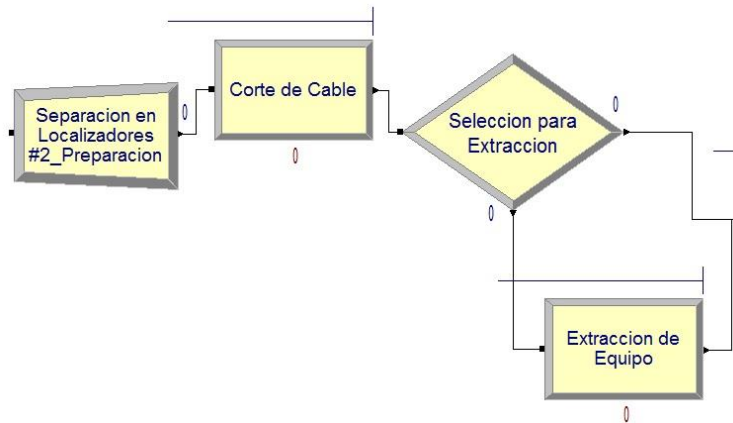


Ilustración 7. Operaciones de Apoyo. **Fuente:** Arena V14

h) Operaciones de auditoría, escaneo, reempaquetado e identificación.

Para finalizar la preparación de los documentos, las líneas deben ser auditadas, escaneadas y reempaquetadas en bultos por un almacenista II. Por último, los bultos son identificados para llevar un control de salida al momento de despachar el pedido.

Para modelar estas operaciones se colocó un módulo *Process*, el cual captura el recurso necesario (almacenista II) y acumula un tiempo de trabajo de acuerdo a la unidad de manejo de la operación (ver **Tabla 38**). Para el escaneo y la auditoría se empleó la suma de todos los tipos de líneas, por lo tanto, al pasar un localizador, éste genera un tiempo de trabajo tantas veces como líneas tenga.

Como el atributo de bultos es propio del documento del cual provienen los localizadores, éstos se agrupan antes de pasar por las operaciones de reempaquetado e identificación, las cuales se modelaron en un solo *Process*. Una vez conformado el documento, éste acumula un tiempo de trabajo de acuerdo al número de bultos que posea. En la siguiente imagen se pueden observar los módulos descritos:

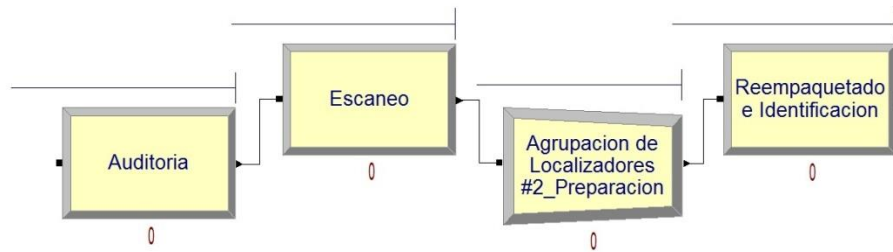


Ilustración 8. Operaciones de Auditoría, Escaneo, Reempaquetado e Identificación.
Fuente: Elaboración Propia

i) Espera en el Staying de preparado.

Luego de finalizar todas las operaciones de preparado los documentos pueden esperar o no un tiempo determinado en el Staying. El tiempo de espera es una variable aleatoria y depende del mes que se esté estudiando. De acuerdo a los datos obtenidos dicho tiempo se mide en días completos, por lo que un documento que haya esperado mínimo un (1) día, saldrá al día siguiente a primera hora dependiendo de la utilización de los recursos. Este módulo se representó con un *Delay*. En la **Tabla 39** se describe la parametrización del módulo de espera en el Staying de preparado.

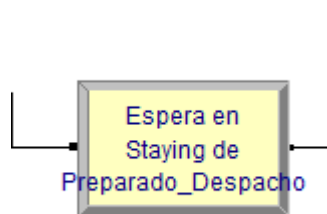


Ilustración 9. Espera en el Staying de Preparado para el Despacho.
Fuente: Arena V14

j) Operaciones de despacho.

Una vez terminado el tiempo de espera de los documentos, se inicia una serie de operaciones de salida para despachar los pedidos. En el sistema real del almacén, las paletas que conforman cada documento son trasladadas al andén de carga mediante un montacargas eléctrico; seguidamente un almacenista II realiza un conteo de los bultos previamente identificados (control de salida), y por último un almacenista I carga dichos bultos en el vehículo a despachar.

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Auditoria	Process	Acción	Capturar, Procesar y Liberar	En este módulo se representa la operación de auditoría del sistema real en el cual, un almacenista II debe fotografiar cada línea seleccionada y contabilizar el número de unidades que la conforman. Por lo tanto, para el modelado del sistema requiere capturar un recurso "Almacenista II" y acumular el tiempo de trabajo según el número de líneas que conformen el localizador. Luego de auditar todas las líneas, se libera el recurso.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista II (1)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución de Tiempo de Fotografía + Distribución de Tiempo de Conteo) * (Número de Líneas Parciales + Número de Líneas Completas + Número de Líneas de Cable)	
Escaneo	Process	Acción	Capturar, Procesar y Liberar	La operación de escaneo se modelo mediante un Process en el cual se captura el recurso "Almacenista II" y se acumula tiempo de trabajo de acuerdo al número de líneas que conformen el localizador. Luego de emplear el recurso, éste es liberado para ser empleado en otras operaciones.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista II (1)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución) * (Número de Líneas Parciales + Número de Líneas Completas + Número de Líneas de Cable)	
Agrupación de Localizadores #2_Preparacion	Batch	Tipo	Permanente	Como las próximas operaciones dependen del número total de bultos que conforman el documento, es necesario agrupar en este módulo Batch los localizadores escaneados y auditados. Para formar el documento original, se deben cumplir las condiciones del vector "Num_Loc" y del atributo "Entity.SerialNumber".
		Tamaño del Lote	Vector "Num_Loc"	
		Criterio para Guardar	Último	
		Regla	Por Atributo	
		Nombre del Atributo	Entity.SerialNumber	
		Entidad Representativa	Documento	
Reempaquetado e Identificación	Process	Acción	Capturar, Procesar y Liberar	Luego de agrupar los localizadores en el documento original, de acuerdo al sistema real, un almacenista II reempaquetado las líneas en bultos y los identifica para el despacho. Por lo tanto, en el modelado se captura dicho recurso y se acumula tiempo de trabajo de acuerdo al número de bultos del documento. Luego de finalizar estas dos operaciones, el recurso es liberado.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista II (1)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución de Reempaquetado + Distribución de Identificación) * (Numero de Bultos)	

Tabla 38. Parametrización de las “Operaciones de Auditoria, Escaneo, Reempaquetado e Identificación”.
Fuente: Elaboración Propia

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Espera en Staying de Preparado_Despacho	Delay	Asignación	Espera	Una vez preparado el documento, éste pasa un tiempo variable en el Staying de recepción hasta iniciar el proceso de despacho. Para modelar esta demora, se agregó un módulo Delay el cual representa el tiempo de espera de los documentos. La variable aleatoria de tiempo de espera se asignó previamente en el Assign "Asignación de Bultos_Paletas_Tiempo de Espera".
		Tiempo de Retraso	Atributo "Tiempo de Espera"	
		Unidades	Días	

Tabla 39. Parametrización de la “Espera en el Staying de Preparado”. **Fuente:** Elaboración Propia

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Traslado al Anden de Carga	Process	Acción	Capturar y Procesar	Las operaciones de despacho se inician con el traslado de los documentos de salida al andén de carga y descarga. De acuerdo con el sistema real, se capturan los recursos necesarios para el traslado y para próximas operaciones, además de la "Compuerta" que divide la zona de carga y descarga del Staying de preparado, y por la cual solo puede pasar un montacargas a la vez. Una vez capturados los recursos, el documento de salida genera un tiempo de trabajo por cada paleta que lo conforme, lo cual refleja el transporte de una paleta a la vez hacia el andén disponible.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista I (1), Almacenista II (1), Anden Carga_Descarga (1), Compuerta (1), Conductor (1) y Montacargas Eléctrico (1)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución) * (Número de Paletas)	
Liberar Equipo de Traslado	Process	Acción	Procesar y Liberar	Luego de transportar todas las paletas al andén, es necesario liberar los recursos de traslado, la compuerta y el espacio que ocupaba previamente el documento en el Staying de preparado. Por lo tanto, este módulo no asigna tiempo de trabajo y solo ejecuta una liberación de recursos.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Compuerta (1), Conductor (1), Montacargas Eléctrico (1) y Área de Staying (1,5*Número de Paletas)	
Control de Salida	Process	Acción	Procesar y Liberar	Para verificar que todos los bultos que conforman el documento se hayan trasportado del Staying de preparado hacia el andén de carga y descarga, el recurso "Almacenista II" capturado previamente debe realizar un conteo rápido por cada bulto. Esta operación llamada "Control de Salida" acumula tiempo de trabajo por cada bulto contado y libera al recurso una vez culminado el chuequeo.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista II (1)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Número de Bultos) * (Distribución)	
Carga	Process	Acción	Procesar y Liberar	Luego del control de salida el recurso "Almacenista I" carga uno a uno los bultos que conforman el documento a despachar. Para modelar esta operación se acumula tiempo de trabajo por cada bulto a cargar, y una vez culminada la carga se libera el recurso "Almacenista I".
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista I (1)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Numero de Bultos) * (Distribución)	
Liberar Anden de Carga y Descarga	Process	Acción	Procesar y Liberar	Una vez finalizadas las operaciones de salida, se despeja el andén de carga y descarga y se cierra la compuerta. Ésta liberación se representa en éste módulo y se acumula un tiempo prudencial de 10 segundos por el cierre de la compuerta.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Anden Carga_Descarga (1)	
		Unidades	Segundos	
		Expresión	10	
Despacho	Dispose	No Aplica	No Aplica	Para finalizar el proceso de preparación y despacho, el documento que ingresó como entidad original es destruido en el módulo Dispose para recopilar sus estadísticas.

Tabla 40. Parametrización de las “Operaciones de Despacho”. **Fuente:** Elaboración Propia

Para cada operación mencionada se agregó un módulo Process que reflejara el uso de los recursos y la acumulación de tiempo de trabajo, finalizando en un módulo Dispose para recolectar la información estadística respectiva.

Un aspecto importante de estas operaciones es que al iniciar la salida de documentos se captura una cantidad determinada de recursos, los cuales se van liberando con cada operación realizada. Esto se modeló al agregar otros módulos que representan dicha liberación de recursos.

En la siguiente **Tabla 40** se describe la parametrización y el funcionamiento de los módulos mencionados:

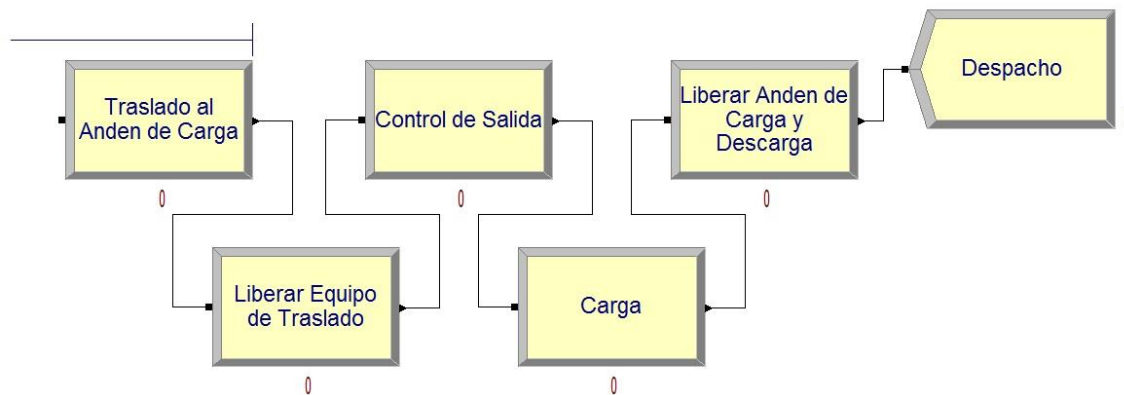


Ilustración 10. Operaciones de Despacho. *Fuente:* Arena V14

Descripción de las líneas generales: Recepción y Almacenamiento

a) Llegada y caracterización de importaciones y devoluciones.

Al igual que en el proceso de preparación y despachos la caracterización de importaciones y devoluciones no corresponde a una operación real del sistema que agregue valor o demoras, y solo se emplea para definir las variables y atributos de cada entidad.

Para las llegadas de las recepciones se agregaron dos módulos *Create*, los cuales generan las recepciones de acuerdo a una distribución que dependerá del mes de estudio. De igual manera, se le agregó la función de redondear al entero más cercano “ANINT”.

Una vez generadas las recepciones, en cada *Assign* siguiente se les asignan diferentes variables y atributos. Esta parametrización se describe en la siguiente Tabla 41.

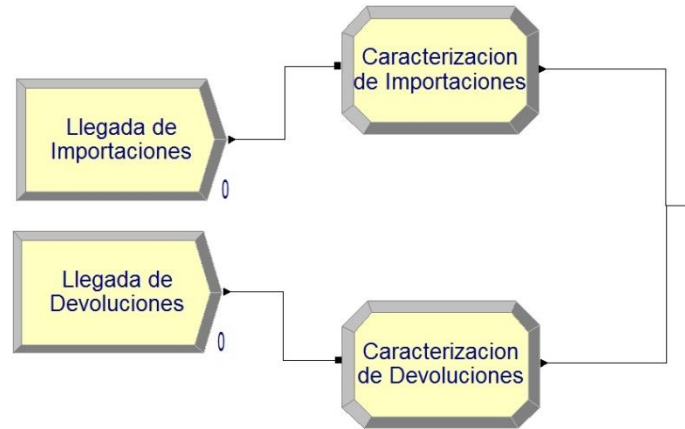


Ilustración 11. Llegada y Caracterización de Recepciones. **Fuente:** Arena V14

b) Selección de equipo de recepción.

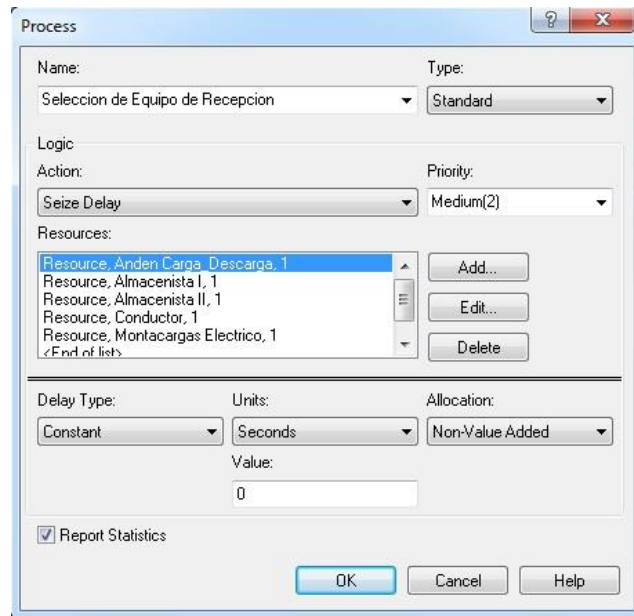


Ilustración 12. Programación de la “Selección de Equipo de recepción”.

Fuente: Arena V14

De forma similar al proceso de preparación y despacho, las recepciones no pueden iniciarse a menos que todos los recursos necesarios para llevar a cabo las

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Llegada de Importaciones	Create	Tipo de Entidad	Recepción	De acuerdo con el sistema real, el modelo genera las importaciones a recibir en el mes de estudio, donde el tiempo entre llegadas, el número de entidades por llegada, el punto de primera creación y el máximo de llegadas, están definidas por distribuciones obtenidas a partir de los datos históricos de la empresa. Cabe acotar que el máximo de llegadas de las importaciones, se puede definir como un número exacto (constante) debido a las pocas recepciones recibidas.
		Tiempo entre Llegadas	ANINT (Distribución)	
		Entidades por Llegada	ANINT (Distribución)	
		Máximo de Llegadas	Constante	
		Primera Creación	ANINT (Distribución)	
Caracterización de Importaciones	Assign	Asignaciones	Vector Variable (1D), Tipo_Recep, 1	Para caracterizar correctamente las importaciones, se establecieron los siguientes atributos y variables: 1) el tipo de recepción como vector variable para indicar si es importación o devolución, 2) el tipo de importación como vector variable para especificar si es crítica (1) o normal (2), 3) el número de cajas que componen la recepción como un atributo que depende del tipo de importación, 4) el número de paletas (atributo) definido como el producto de la razón de paletas por cajas y el número de cajas asignado a la recepción, 5) el tiempo de espera (atributo) en el Staying de preparado para ser almacenada la mercancía y 6) el número de localizadores como un vector variable en los cuales se ubicarán las cajas. Si al llevar al entero más cercano el número de paletas, se obtiene un valor de cero (0), éste "error" se corrige de igual forma que en el módulo "Asignación de Bultos_Paletas_Tiempo de Espera" del proceso de preparación y despacho.
			Vector Variable (1D), Tipo_Imp, DISC(p1, 1, 1, 2)	
			Atributo, Numero de Cajas, ANINT((Tipo_Imp (Entity.SerialNumber) == 1) * (Distribución) + (Tipo_Imp (Entity.SerialNumber) == 2) * (Distribución))	
			Atributo, Numero de Paletas, ANINT((Numero de Cajas) * (Distribución))	
			Atributo, Numero de Paletas, ((Numero de Paletas == 0) * (1) + ((Numero de Paletas >=1) * (Numero de Paletas))	
			Atributo, Tiempo de Espera, ANINT(Distribución)	
			Vector Variable (1D), Num_Loc, ANINT((Tipo_Imp (Entity.SerialNumber) == 1) * (Distribución) + (Tipo_Imp (Entity.SerialNumber) == 2) * (Distribución))	
Llegada de Devoluciones	Create	Tipo de Entidad	Recepción	Al igual que el Create de importaciones, este módulo genera las devoluciones a recibir en el mes de estudio, donde los parámetros se completan con las distribuciones obtenidas a partir de los datos históricos de la empresa. De igual forma, el máximo de devoluciones se define como un número exacto (constante) debido a las pocas recepciones realizadas en el período estudiado.
		Tiempo entre Llegadas	ANINT (Distribución)	
		Entidades por Llegada	ANINT (Distribución)	
		Máximo de Llegadas	Constante	
		Primera Creación	ANINT (Distribución)	
Caracterización de Devoluciones	Assign	Asignaciones	Vector Variable (1D), Tipo_Recep, 2	De forma similar en este Assign se definen los atributos y variables de las devoluciones. El único aspecto diferente es que no se establece el tipo de devolución ya que, de acuerdo a los datos históricos, las devoluciones no presentan una variabilidad importante en el número de cajas que las conforman.
			Atributo, Numero de Cajas, ANINT(Distribución)	
			Atributo, Numero de Paletas, ANINT((Numero de Cajas) * (Distribución))	
			Atributo, Numero de Paletas, ((Numero de Paletas == 0) * (1) + ((Numero de Paletas >=1) * (Numero de Paletas))	
			Atributo, Tiempo de Espera, ANINT(Distribución)	
			Vector Variable (1D), Num_Loc, ANINT(Distribución)	

Tabla 41. Parametrización de la “Llegada y Caracterización de Recepciones”. **Fuente:** Elaboración Propia.

siguientes operaciones, estén disponibles. Por lo tanto, si falta al menos un recurso, las importaciones y/o devoluciones permanecerán en cola. Esto va acorde al sistema real, en el cual los vehículos deben esperar a que el equipo de recepción se encuentre en el andén de carga y descarga para poder iniciar las operaciones de recepción. Este equipo está conformado por los siguientes recursos: un (1) andén de carga y descarga, un (1) almacenista I, un (1) almacenista II, un (1) conductor y un (1) montacargas eléctrico.

Es importante acotar que este módulo Process no agrega valor en la línea de recepción, solo aglomera entidades en cola por recursos disponibles.

a) Operaciones de recepción.

Una vez caracterizadas las recepciones se inicia el proceso que modela el sistema real. Para disminuir el número de módulos se agregó una sola línea de recepción para las importaciones y las devoluciones, y se emplearon dos tipos de entidades: recepciones (toma la misma función que los documentos en el proceso de preparación de despacho) y cajas. De acuerdo al tipo de recepción, ésta acumula un tiempo diferente en ciertas operaciones según la unidad de manejo que se emplee, la cual puede estar representada por la entidad del modelo o un atributo de ésta.

Las operaciones de recepción contemplan desde la verificación del vehículo hasta el momento en que el almacenista II haya culminado el escaneo de las cajas para actualizar el sistema.

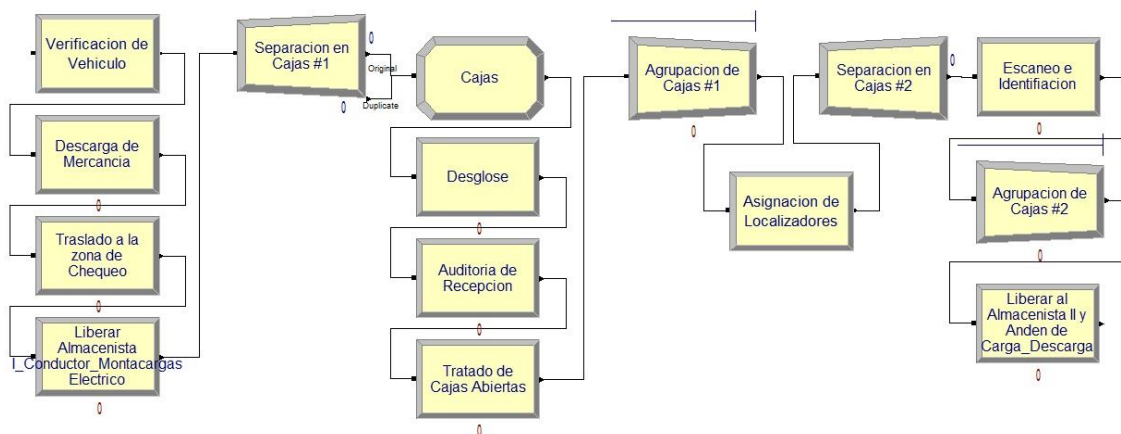


Ilustración 13. Operaciones de Recepción. **Fuente:** Arena V14

Cabe acotar, que según la operación que se esté realizando el número de recursos empleados variará y por lo tanto, fue necesario agregar módulos *Process* que liberasen los recursos que ya no fuesen necesarios. En la **Tabla 42** se explica de forma detallada la parametrización y el funcionamiento de cada módulo:

b) Operación de traslado al Staying de preparado.

La operación de traslado al Staying de preparado presenta una configuración similar al proceso análogo en la preparación y despacho. Mediante un Decide se evalúa la disponibilidad de área en el Staying de preparado y las entidades en cola por la espera de dicho espacio. Si al evaluar la condición, resulta verdadero (no hay entidades en cola y hay disponibilidad de área), la recepción pasa directamente a un módulo Process que captura los recursos necesarios para realizar el transporte, si no, la entidad es enviada a un módulo Hold el cual evalúa con cada evento la disponibilidad de área. Éste procedimiento refleja correctamente el sistema real, en el cual la mercancía espera apartada en la zona de carga y descarga (o en otro espacio cercano que no impida el flujo interno del proceso) por los recursos necesarios para ser trasladada al Staying de preparado. En la **Tabla 43** se expone cada módulo de la operación de traslado.

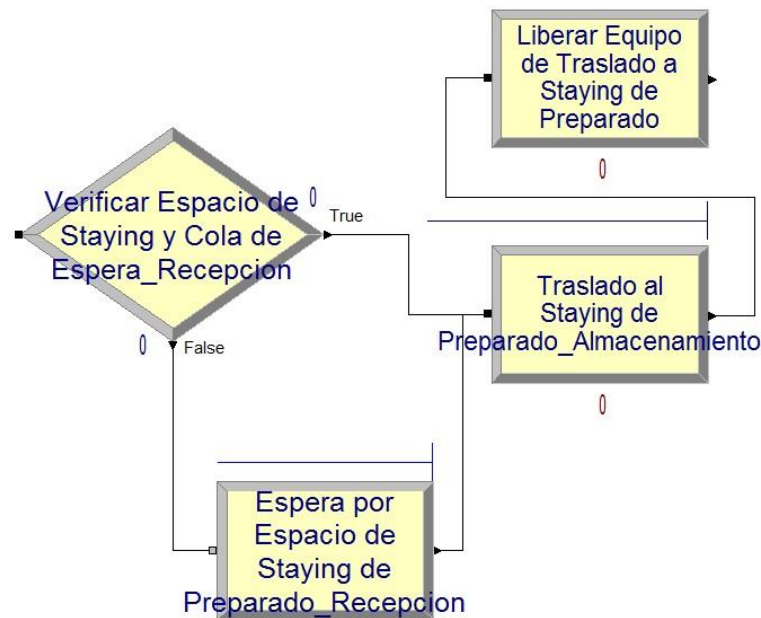


Ilustración 14. Traslado al Staying de Preparado. **Fuente:** Arena V14

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Verificación de Vehículo	Delay	Asignación	Espera	Antes de iniciar la descarga, en el sistema real se verifica el vehículo mediante la revisión del precinto de seguridad y la toma de fotografías de la mercancía. Para modelar dicho retraso por inspección, se agregó un módulo Delay que acumula tiempo de demora por recepción (importación o devolución) según una distribución obtenida a partir de mediciones de tiempo realizadas en el centro logístico.
		Tiempo de Retraso	Distribución	
		Unidades	Minutos	
Descarga de Mercancía	Process	Acción	Procesar	Una vez verificado el vehículo, la descarga de la mercancía depende del tipo de recepción, por lo tanto, para modelar el sistema real se agregó una expresión que condicionada por el vector "Tipo_Recep", en la cual se acumula tiempo de trabajo por cada paleta (importaciones) o caja (devoluciones) que conforme la recepción. Esta operación se lleva a cabo en el sistema real por el montacargas eléctrico para la descarga de paletas, y por el almacenista I para la descarga a granel, por lo que dichos recursos se capturaron previamente en el módulo "Selección de Equipo de Recepción". Es importante acotar que la descarga a granel de las devoluciones incluye el paletizado de la mercancía para su traslado.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	((Tipo_Recep (Entity.SerialNumber) == 1) * (Distribución) * (Numero de Paletas)) + (Tipo_Recep (Entity.SerialNumber) == 2) * (Distribución) * (Numero de Cajas))	
Traslado a la zona de Chequeo	Process	Acción	Procesar	Esta operación se realiza solo para las devoluciones. Luego de descargar y paletizar las cajas, éstas son transportadas a unos metros del andén en la zona de carga y descarga para realizar las operaciones de chequeo. Dicho traslado requiere del recurso "Montacargas Eléctrico" ya capturado en el módulo "Selección de Equipo de Recepción". Para condicionar la acumulación de tiempo de trabajo, se empleó el vector "Tipo_Recep" que diferencia devoluciones (2) de importaciones (1).
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Tipo_Recep (Entity.SerialNumber) == 2) * (Distribución) * (Numero de Paletas)	
Liberar Almacenista I_Conductor_Montacargas Eléctrico	Process	Acción	Procesar y Liberar	Luego de culminar la descarga, debido a que las próximas operaciones son realizadas solo por el almacenista II en el sistema real, los recursos "Almacenista I", "Conductor" y "Montacargas Eléctrico", son liberados mediante este módulo.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista I (1), Conductor (1) y Montacargas Eléctrico (1)	
Separación en Cajas #1	Separate	Tipo	Duplicar Original	Las siguientes operaciones se realizan sobre las cajas que conforman las recepciones (importaciones y devoluciones), por ende se debe separar la dicha entidad. En este módulo Separate se duplica la entidad original (recepciones) según el atributo "Número de Cajas".
		Número de Duplicados	(Número de Cajas) - 1	
Desglose	Process	Acción	Procesar	Las operaciones de chequeo se inician con el desglose de las cajas provenientes de devoluciones. Cada entidad (caja) que pase por este módulo, acumulará tiempo de trabajo de desglose, con la condición que provenga de una devolución según el vector "Tipo_Recep". Es importante acotar que el recurso a emplear en las operaciones de chequeo es un (1) "Almacenista II", el cual se capturó previamente en el módulo "Selección de Equipo de Recepción".
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Tipo_Recep (Entity.SerialNumber) == 2) * (Distribución)	
Auditoria de Recepción	Process	Acción	Procesar	La operación de auditoría de cada caja se aplica sobre los dos tipos de recepción y comprende los tiempos de fotografiar la caja y contarla. Por cada entidad (caja) que pase por este módulo, se acumulará dicho tiempo de trabajo según la expresión de la parametrización.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución de Tiempo de Fotografía)+ (Distribución de Tiempo de Conteo)	
Tratado de Cajas Abiertas	Process	Acción	Procesar	Al igual que el desglose, esta operación solo se aplica a las devoluciones. Esto se debe a que las cajas no vienen cerradas como en las importaciones, por lo tanto, requieren una validación de la mercancía y el sellado de las mismas. Para modelar éstas operaciones se condicionó el tiempo de trabajo en función del tipo de recepción utilizando el vector "Tipo_Recep".
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
Agrupación de Cajas #1	Batch	Tipo	Temporal	En el sistema real, la tarea de asignar localizadores acumula tiempo de demora y no genera valor agregado. Este retraso se aplica a todas las cajas de una misma recepción, por lo tanto, antes de asignar las ubicaciones en las cuales se va a almacenar la mercancía dentro del modelo de simulación, en este módulo Batch se agrupan las cajas en la entidad original de la cual provienen (recepción). Este aglomerado se condiciona mediante los atributos "Número de Cajas" y "Entity.SerialNumber".
		Tamaño del Lote	Atributo "Número de Cajas"	
		Criterio para Guardar	Último	
		Regla	Por Atributo	
		Nombre del Atributo	Entity.SerialNumber	
		Tipo de Entidad Representativa	Recepción	
Asignación de Localizadores	Delay	Asignación	Espera	De igual forma que en el sistema real, la asignación de localizadores se modelo como un Delay (retraso) del proceso, en el cual se acumula un tiempo de demora por la recepción completa, de acuerdo a una distribución obtenida a partir de mediciones realizadas en el almacén.
		Tiempo de Retraso	Distribución	
		Unidades	Minutos	
Separación en Cajas #2	Separate	Tipo	Separar Lote Existente	Una vez asignados los localizadores, como la siguiente operación requiere escanear e identificar caja por caja, es necesario separar de nuevo la entidad original.
		Atributos de Miembros	Retener Valores Originales de las Entidades	
Escanee e Identificación	Process	Acción	Procesar	Para finalizar las operaciones de chequeo, en este módulo se combinan dos de ellas: escaneo e identificación de cajas. A medida que las entidades entran y son procesadas, se acumula un tiempo de trabajo por cada caja de una recepción específica.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución de Tiempo de Escaneo)+ (Distribución de Tiempo de Identificación)	
Agrupación de Cajas #2	Batch	Tipo	Permanente	Como en éste punto de la recepción se tienen capturados dos (2) recursos ("Almacenista II" y "Andén de Carga_Descarga"), para poder liberarlos al finalizar el procesamiento de una (1) recepción completa es necesario agrupar todas las cajas de nuevo en la entidad original, ya sea una importación o devolución, condicionando dicha agrupación mediante los atributos "Número de Cajas" y "Entity.SerialNumber".
		Tamaño del Lote	Atributo "Número de Cajas"	
		Criterio para Guardar	Último	
		Regla	Por Atributo	
		Nombre del Atributo	Entity.SerialNumber	
		Tipo de Entidad Representativa	Recepción	
Liberar al Almacenista II y Anden de Carga_Descarga	Process	Acción	Procesar y Liberar	Ya agrupadas las cajas en sus respectivas recepciones, se liberan los recursos para permitir una próxima importación o devolución. En el sistema real, la zona de carga y descarga permite esperar por los recursos necesarios para trasladar la mercancía hacia el Staying de preparado, mientras se recibe un nuevo lote de artículos. Para representar el cierre de la compuerta del andén, se modelo una acumulación 10 segundos en el reloj de la simulación.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Anden Carga_Descarga (1) y Almacenista II (1)	
		Unidades	Segundos	
		Expresión	10	

Tabla 42. Parametrización de las “Operaciones de Recepción”. **Fuente:** Elaboración Propia

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Verificar Espacio de Staying y Cola de Espera_Recepción	Decide	Tipo	2-Rutas Por Condición	Como se mencionó antes, se deben cumplir dos requerimientos para poder trasladar las recepciones hacia el Staying de preparado. El primero es que exista espacio disponible y se evalúa mediante dos condiciones: 1) el área ocupada debe ser menor al área máxima y 2) su diferencia debe ser menor que el área a emplear por la recepción. El segundo requerimiento es que no existan recepciones en cola esperando por disponibilidad en el Staying de preparado. Estos dos requerimientos se modelaron mediante la expresión expuesta en la parametrización de este módulo Decide.
		Condición	(NR(Área de Staying) <= MR(Área de Staying)) && (MR(Área de Staying) - NR(Área de Staying) >= (1.5 * Número de Paletas)) && (NQ(Cola de Espera por Espacio en Staying_Recepción.Queue) == 0)	
Espera por Espacio de Staying de Preparado_Recepción	Hold	Tipo	Escaneo por Condición	Si las condiciones mencionadas previamente no se cumplen, la recepción es transferida a este módulo Hold en el cual deben esperar por disponibilidad del recurso "Área de Staying". Con cada evento el módulo evalúa dicho recurso mediante la expresión colocada en la parametrización, si se cumplen las condiciones, la recepción es transferida al módulo que permite su transporte.
		Condición	(NR(Área de Staying) <= MR(Área de Staying)) && (MR(Área de Staying) - NR(Área de Staying) >= (1.5 * Número de Paletas))	
Traslado al Staying de Preparado_Almacenamiento	Process	Acción	Capturar y Procesar	Haya esperado o no cualquier recepción por espacio en el Staying de preparado, en este módulo se capturan todos los recursos móviles para trasladar la mercancía (el área estaría disponible, ya que previamente se evaluó su capacidad). Como el transporte se realiza por paletas, el tiempo de trabajo que se acumula por esta operación, depende del número de paletas que conformen la recepción. Es importante acotar que la compuerta que divide la zona de carga y descarga y el Staying de preparado, se captura para modelar el hecho de que solo pueda pasar un montacargas a la vez.
		Asignación	Valor Agregado	
		Recursos	Compuerta (1), Conductor (1), Montacargas Eléctrico (1) y Área de Staying, (1,5*Número de Paletas)	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Número de Paletas) * (Distribución)	
Liberar Equipo de Traslado a Staying de Preparado	Process	Acción	Procesar y Liberar	Una vez transportada la mercancía se liberan los recursos móviles empleados, sin asignar tiempo de trabajo o demora.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Conductor (1), Montacargas Eléctrico (1) y Compuerta (1)	

Tabla 43. Parametrización de la “Operación de Traslado al Staying de Preparado”. **Fuente:** Elaboración Propia

c) Espera en el Staying de preparado.

Después de trasladar la mercancía de una recepción específica hacia el Staying de preparado, mientras se espera por aprobaciones por parte del cliente u otro procedimiento que demore su almacenamiento, algunas recepciones pueden demorar un tiempo considerable en el Staying. De acuerdo a los datos obtenidos, la distribución de tiempo de espera se estableció en días completos y depende del mes de estudio. Una vez transcurridos los días de espera asignados, la entidad (recepción) es transferida al siguiente módulo para iniciar su almacenamiento. En la siguiente tabla se muestran las características del módulo *Delay*:

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Espera en Staying de Preparado	Delay	Asignación	Espera	En este módulo se asigna a cada recepción un tiempo de demora de acuerdo al atributo "Tiempo de Espera", definido previamente en la caracterización de las recepciones.
		Tiempo de Retraso	Atributo "Tiempo de Espera"	
		Unidades	Días	

Tabla 44. Parametrización de la “Espera en el Staying de Preparado”.

Fuente: Elaboración Propia

d) Selección de equipo de almacenamiento.

Para iniciar las operaciones de almacenamiento es necesario capturar previamente los recursos necesarios para realizar dichas operaciones. Este equipo está conformado por los siguientes recursos: un (1) “Almacenista I”, un (1) “Conductor” y un (1) “Montacargas Eléctrico”. Si alguno de estos recursos no se encuentra desocupado, se inicia una cola de espera en el módulo. A continuación en la siguiente tabla se expone la descripción del módulo:

Nombre	Módulo	Parametrización	
Selección de Equipo de Almacenamiento	Process	Acción	Capturar y Procesar
		Asignación	Sin Valor Agregado
		Recursos	Almacenista I (1), Conductor (1) y Montacargas Eléctrico (1)

Tabla 45. Parametrización de la “Selección de Equipo de almacenamiento”.

Fuente: Elaboración Propia

e) Operaciones de almacenamiento.

Las operaciones de almacenamiento presentan características semejantes a las operaciones de traslado y picking del proceso de preparación y despacho, debido a que el tiempo de transporte, al momento de seleccionar la mercancía, es el mismo que el tiempo de recorrido al momento de almacenar las importaciones o devoluciones, por lo tanto se pueden modelar de igual forma. Sin embargo, existe una demora a considerar cuando se almacena en racks, determinada por el tiempo de traslado a dicho espacio. Este retraso se modeló con un *Decide* que restrinja la generación del tiempo de demora al primer localizador ubicado en racks, imitando el procedimiento análogo por la apertura de la compuerta en la zona de shelves y jaula del proceso de preparación y despacho. Otra diferencia que se debe tomar en cuenta es la ausencia de almacenamientos en exterior para las recepciones, debido a un proceso de reabastecimiento con la mercancía almacenada dentro del centro logístico.

Previo al inicio del almacenamiento, se agregaron otros módulos que permiten reflejar la realidad del sistema. Por ejemplo, una vez que se inicia el almacenamiento el área de Staying debería liberarse.

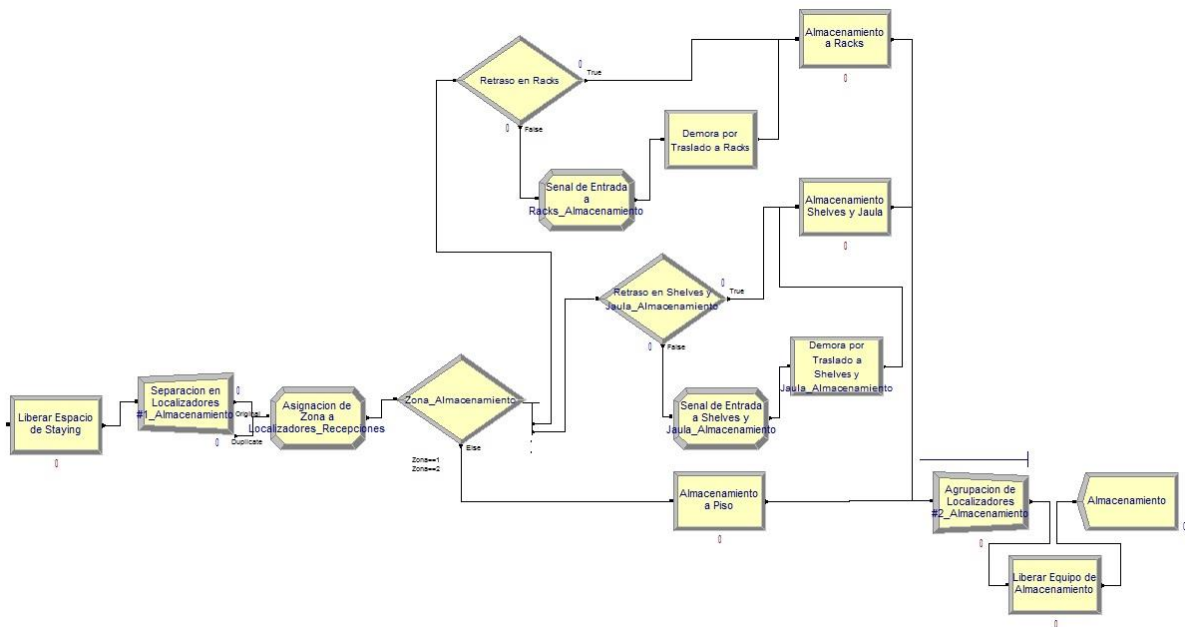


Ilustración 15. Operaciones de Almacenamiento. **Fuente:** Arena V14

Un aspecto importante de la operación de almacenamiento es el tiempo que tarda un almacenista I en colocar la mercancía en su localizador, una vez alcanzado. Este tiempo por ser tan corto, que no se tomó en cuenta y se asumió solo el tiempo de transporte hacia los localizadores. La parametrización y el funcionamiento de cada módulo se describen en la **Tabla 47**.

Descripción de las líneas generales: Auditorías y Control Perceptivo

Este proceso se lleva a cabo entre una (1) y tres (3) veces por mes, y el tiempo de duración (de acuerdo a los datos facilitados por la empresa) tiene un rango comprendido entre cuatro (4) y ocho (8) horas. Para poder realizar este tipo de auditoría se requiere los siguientes recursos: dos (2) almacenistas I, un (1) almacenista II, un (1) conductor y un (1) montacargas eléctrico.

Normalmente este proceso contempla el despliegue de la mercancía en una zona indicada por el cliente y la revisión de cada equipo. Los tiempos de estas operaciones no se pudieron medir por la poca ocurrencia del evento en el período de estudio, por lo tanto, se obtuvo una distribución de tiempos a partir de datos facilitados por la empresa los cuales engloban la totalidad del proceso.

A causa de la limitación descrita, el proceso se modeló mediante tres módulos: un Create que genera una señal de auditoría; un Process que acumula el tiempo total del proceso; y un Dispose para destruir la entidad y recopilar los datos estadísticos. El primer módulo se designó como “Generador de Señal de Auditorías y CP”, y se parametrizó mediante los datos exactos de cada mes, los cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Auditorías realizadas	3	2	1	2
Tiempo entre auditorías	3	2	0	4
Días para la primer auditoría del mes	5	19	2	10

Tabla 46. Auditorías Programadas. *Fuente:* Elaboración Propia

Nombre	Módulo	Parametrización		Descripción
Liberar Espacio de Staying	Process	Acción	Capturar y Procesar	Para representar el despeje del área de Staying de preparado luego de seleccionar el equipo, este módulo libera el espacio ocupado equivalente al número de paletas que conforman la recepción, sin acumular tiempo
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Área de Staying (1,5*Número de Paletas)	
Separación en Localizadores #1_Almacenamiento	Separate	Tipo	Duplicar Original	Al igual que las operaciones de traslado y picking del proceso de preparación y despacho, la operación de almacenamiento requiere que la entidad original (recepción) se divida en el número de localizadores asignados previamente. Este número se obtiene del vector "Num_Loc" según el serial de la entidad.
		Número de Duplicados	(Num_Loc (Entity.SerialNumber)) - 1	
Asignación de Zona a Localizadores_Recepciones	Assign	Asignaciones	((Tipo_Recep (Entity.SerialNumber) == 1 && Tipo_Imp (Entity.SerialNumber) == 1) * (DISC(p1, 1, p2, 2, 1, 3))) + ((Tipo_Recep (Entity.SerialNumber) == 1 && Tipo_Imp (Entity.SerialNumber) == 2) * (DISC(p1, 1, p2, 2, 1, 3))) + ((Tipo_Recep (Entity.SerialNumber) == 2) * (DISC(p1, 1, p2, 2, 1, 3)))	Debido a que la zona a la cual pertenece cada localizador puede variar según el tipo de recepción y el tipo de importación, se agregó este módulo Assign que permite condicionar la distribución discreta a emplear para asignar dicha zona. Como se mencionó previamente, solo se asignan tres zonas: racks (1), shelves y jaula (2), y piso (3).
Zona_Almacenamiento	Decide	Tipo	N-Rutas por Condición	En este módulo, en similitud con el proceso de preparación y despacho, se transfiere cada localizador a una ubicación específica de acuerdo al atributo "Zona" asignado en el módulo previo.
		Condición	Atributo, (Zona, ==, 1)	
			Atributo, (Zona, ==, 2)	
Retraso en Racks	Decide	Tipo	2-Rutas por Condición	Este módulo realiza la misma función que el módulo "Retraso en Shelves y Jaula_Preparación" del proceso de preparación y despacho. Sin embargo, el retraso representado es solo el traslado de los recursos con la mercancía, desde el área de Staying de preparado hasta la zona de racks. Según esto, solo el primer localizador de racks de la recepción se desviará hacia el módulo que genera dicha demora.
		Condición	Señal_Racks_Alm (Entity.SerialNumber) == 1	
Señal de Entrada a Racks_Almacenamiento	Assign	Asignaciones	Vector Variable (1D), Señal_Racks_Alm, 1	Este Assign verifica que haya pasado el primer localizador en racks de la recepción, el cual generará la demora por traslado a dicha zona.
Demora por Traslado a Racks	Delay	Asignación	Espera	De acuerdo con el sistema real, se agregó al modelo este módulo para generar una demora por traslado a la zona de racks, solo con el primer localizador de una recepción específica.
		Tiempo de Retraso	Distribución	
		Unidades	Minutos	
Almacenamiento a Racks	Process	Acción	Procesar	Una vez ubicado el equipo de almacenamiento en la zona de racks, este módulo representa los traslados de la mercancía hacia los diferentes localizadores. El tiempo se acumula de acuerdo a dos distribuciones: 1) el traslado horizontal del montacargas y 2) la elevación del almacenista I hasta alcanzar el localizador.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución de Traslado Horizontal) + (Distribución de Traslado Vertical)	
Retraso en Shelves y Jaula_Preparación	Decide	Tipo	2-Rutas por Condición	Este módulo es análogo al retraso por traslado y apertura de la compuerta del área de shelves y jaula en el proceso de preparación y despacho. Este Decide desvía el primer localizador en shelves y jaula de la recepción, hacia el módulo Delay que genera la demora.
		Condición	Señal_Shelves_Alm (Entity.SerialNumber) == 1	
Señal de Entrada a Shelves y Jaula_Preparación	Assign	Asignación	Vector Variable (1D), Señal_Shelves_Alm, 1	Este Assign, al igual que el módulo "Señal de Entrada a Racks_Almacenamiento", verifica que haya pasado el primero localizador de shelves y jaula de la recepción, el cual generará la demora por traslado y apertura de la compuerta del área cerrada.
Demora por Traslado a Shelves y Jaula_Almacenamiento	Delay	Asignación	Espera	En este módulo Delay se acumula un tiempo de demora por el primer localizador en shelves y jaula de cada recepción. Como se mencionó previamente, este retraso comprende el transporte del equipo de almacenamiento hacia el área y el tiempo de espera por la apertura de la compuerta de dicha zona.
		Tiempo de Retraso	Distribución	
		Unidades	Minutos	
Almacenamiento Shelves y Jaula	Process	Acción	Procesar	Este módulo simula la operación de almacenamiento en las estanterías de la zona de shelves y jaula, acumulando un tiempo de trabajo según una distribución obtenida a partir de mediciones realizadas en el centro logístico. Dichas mediciones contemplaron el traslado horizontal del almacenista I y el uso de una escalera para alcanzar la estantería, si el caso lo ameritaba.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	Distribución	
Almacenamiento a Piso	Process	Acción	Procesar	Este módulo refleja la operación de almacenamiento en piso y es igual a su análogo del proceso de preparación y despacho ("Traslados en Piso"). El tiempo de trabajo que se acumula por localizador toma en cuenta el retraso de ir a la ubicación y volver al Staying de preparado para recoger nueva mercancía.
		Asignación	Valor Agregado	
		Unidades	Minutos	
		Expresión	(Distribución por Retraso) + (Distribución de Traslado Horizontal)	
Agrupación de Localizadores #2_Almacenamiento	Batch	Tipo	Permanente	Una vez almacenada toda la recepción, se deben agrupar los localizadores en su entidad original para poder liberar los recursos empleados. Esta aglomeración está condicionada por el vector "Num_Loc" y el atributo "Entity.SerialNumber".
		Tamaño	Vector "Num_Loc"	
		Cr. Guardar	Último	
		Regla	Por Atributo	
		Atributo	Entity.SerialNumber	
		Entidad	Recepción	
Liberar Equipo de Almacenamiento	Process	Acción	Procesar y Liberar	Este módulo representa el fin del almacenamiento, liberando los recursos empleados para almacenar una recepción específica y así poder emplearlos en otras operaciones.
		Asignación	Sin Valor Agregado	
		Recursos	Almacenista I (1), Conductor (1) y Montacargas Eléctrico (1)	
Almacenamiento	Dispose	No Aplica	No Aplica	Para finalizar el proceso de recepción y almacenamiento, la recepción (importación o devolución) que ingresó como entidad original es destruida en el módulo Dispose.

Tabla 47. Parametrización de las “Operaciones de Almacenamiento”. Fuente: Elaboración Propia

El módulo *Process* “Auditorías del Cliente y Control Perceptivo” se parametrizó agregando los recursos necesarios e indicando que el uso de éstos debe ser: capturarlos, procesar la entidad y liberarlos. Para la distribución del tiempo de procesamiento de la entidad se colocó una triangular de parámetros (4, 6, 8), con unidades en horas. Por último se agregó un *Dispose* llamado “Fin de Auditoría” para indicar el fin del proceso.



Ilustración 16. Auditorías y Control Perceptivo. **Fuente:** Arena V14

ANEXO A-8.3 NÚMERO DE REPLICACIONES

Una vez desarrollado el modelo de simulación, es necesario determinar el número de replications que deben realizarse para aumentar la precisión y evaluar la variabilidad de los resultados de cada escenario. Por otra parte, el número de replications permite tener una muestra y una mejor estimación de las variables de estudio, lo cual permite validar el modelo de simulación con respecto a indicadores o datos reales. Debido a que los valores de las distribuciones empleadas en el modelo varían mes a mes por la ausencia de una tendencia de demanda, se hizo necesario determinar con la siguiente ecuación el número de replications por mes:

$$N = \left(\frac{Z_p * S}{k * \bar{X}} \right)^2 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Se utilizó la variable “Number Out” del sistema (número de entidades procesadas) para determinar las replications. Por otra parte, se estableció una porción aceptable de error de 5% del valor a estimar. Seguidamente se corrió 10 veces cada mes como prueba piloto para obtener una desviación y una media a partir de dicha muestra.

En las siguientes tablas se observan los resultados del cálculo de replicaciones a partir de dicha prueba piloto:

DICIEMBRE	
Percentil $Z\alpha$	1.96
S (desviación)	28.08
K (error)	0.05
X (media)	218.2
N	26
Coef. de variación	0.13

Replicación	NUMBER OUT	Replicación	NUMBER OUT
1	186	6	218
2	199	7	214
3	194	8	247
4	192	9	215
5	246	10	271

Tabla 48. Cálculo del Número de Replicaciones para Diciembre.

Fuente: Elaboración Propia

ENERO	
Percentil $Z\alpha$	1.96
S (desviación)	28.93
K (error)	0.05
X (media)	123.9
N	84
Coef. de variación	0.23

Replicación	NUMBER OUT	Replicación	NUMBER OUT
1	143	6	141
2	185	7	115
3	114	8	141
4	92	9	89
5	106	10	113

Tabla 49. Cálculo del Número de Replicaciones para Enero.

Fuente: Elaboración Propia

FEBRERO	
Percentil $Z\alpha$	1.96
S (desviación)	19.69
K (error)	0.05
X (media)	78.8
N	96
Coef. de variación	0.25

Replicación	NUMBER OUT	Replicación	NUMBER OUT
1	69	6	92
2	84	7	93
3	52	8	98
4	48	9	60
5	94	10	98

Tabla 50. Cálculo del Número de Replicaciones para Febrero.
Fuente: Elaboración Propia

MARZO	
Percentil	1.96
S	33.34
K	0.05
X	72.6
N	325
Coef. de variación	0.46

Replicación	NUMBER OUT	Replicación	NUMBER OUT
1	113	6	113
2	86	7	60
3	52	8	84
4	36	9	43
5	27	10	112

Tabla 51. Cálculo del Número de Replicaciones para Marzo.
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO A-8.4 VALIDACIÓN DEL MODELO

La confianza necesaria sobre el funcionamiento e información arrojada del modelo desarrollado, se debe lograr mediante la validación del mismo. Este proceso permite justificar que, dentro de su dominio de aplicabilidad, el modelo posee un rango satisfactorio de precisión consistente con la aplicación prevista.

Una técnica rigurosa para validar modelos es la ***comparación de indicadores reales contra los obtenidos por simulación***, es decir, validar con datos históricos no empleados en el desarrollo del modelo los resultados arrojados por el mismo. La recopilación de datos a partir de las bitácoras suministradas por la empresa, permite conocer con certeza algunos valores reales del sistema como: tiempos de procesamiento de las entidades (documentos solicitados, recepciones y controles perceptivos) en varias operaciones y el número de salidas en el mes.

La información empleada para desarrollar el modelo corresponde al período de estudio comprendido entre los meses de diciembre del 2016 y marzo del 2017. Debido a una poca consistencia en algunos datos de las diferentes bitácoras empleadas por la empresa, a la variabilidad de los datos recopilados en los meses estudiados y al estado transitorio del modelo que esto conlleva, la validación se realizó de acuerdo a los siguientes indicadores:

a) Contraste del número de entidades procesadas promedio en el modelo de simulación con respecto a las procesadas en el sistema real

Las distribuciones del tiempo entre llegadas, el número de entidades por llegada y el tiempo de espera en el Staying de preparado se obtuvieron a partir de los datos históricos suministrados por la empresa. Sin embargo, el número de entidades procesadas en el sistema real no se empleó como parámetro de salida del modelo, ya que el número de documentos, recepciones y controles perceptivos realizados en el mes depende de los tiempos de procesado, demoras y tiempo de espera por entidad. Por lo tanto, éste indicador representa un punto de comparación contra la realidad para poder validar el modelo.

b) Contraste de los tiempos promedios de picking

La bitácora de preparación suministrada por la empresa permite determinar un tiempo promedio de picking por documento procesado (traslado y selección de líneas de picking). Dicho tiempo permite validar la operación del modelo mediante el contraste del tiempo promedio obtenido a partir de la simulación con respecto al real.

c) Contraste de los tiempos de recepción reales con respecto a los obtenidos a partir de la simulación del sistema:

Los tiempos de recepción reales (no incluye el almacenamiento de la mercancía) son valores conocidos a partir de la bitácora de recepción suministrada por la empresa y comprenden todas las operaciones del proceso de recepción (desde la verificación del vehículo previa selección del equipo de recepción, hasta la finalización del escaneo e identificación de las cajas). Dicha muestra puede contrastarse con los resultados obtenidos

En la siguiente tabla, se describen los datos a contrastar y el tipo de prueba a utilizar:

Indicador	Tipo de Datos	Prueba	Descripción	Hipótesis nula
Número de Entidades Procesadas	Paramétricos	Prueba t para una muestra	Para cada mes estudiado se obtuvo un número de entidades procesadas igual al número de replicaciones realizadas en el modelo. La media de dicha muestra se contrastó con el valor real de entidades procesadas en cada mes. Esta validación se realizó mes a mes ya que las distribuciones de tiempo entre llegadas y número de entidades por llegada varían en cada período mensual.	$H_0: \mu = \mu_0 \rightarrow$ Se desea probar la hipótesis nula de que el número promedio de entidades procesadas en un mes específico, es igual al valor real del sistema.
Tiempos Promedios de Picking	Paramétricos	Prueba t para dos muestras independientes	Al modelar el sistema, se pudo obtener un tiempo promedio de traslado y selección por documento procesado. Dicho tiempo promedio se contrastó con el tiempo promedio real por documento (obtenido de la bitácora de preparación). El tamaño de la muestra a contrastar dependió del número de entidades procesadas y del número de replicaciones realizadas. Para esta prueba solo se estudió el tiempo promedio de traslado y selección en el mes de enero, ya que este indicador no depende del mes de estudio.	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \rightarrow$ Se desea probar la hipótesis nula de que no existen diferencias significativas entre los tiempos promedio de picking del modelo de simulación y el sistema real.

Tiempos de recepción	No paramétricos	Prueba U de Mann-Whitney	Debido a la poca cantidad de datos reales y a su variabilidad, la validación de la operación de recepción se llevó a cabo mediante una prueba de contraste que permitiese demostrar que la muestra de datos reales y la obtenida por simulación, proceden de dos poblaciones continuas idénticas.	$H_0: f_1(x) = f_2(x) \rightarrow$ Se desea probar la hipótesis nula de que las distribuciones de las poblaciones "tiempos reales de recepción" y "tiempos simulados de recepción" son idénticas
----------------------	-----------------	--------------------------	---	---

Tabla 52. Pruebas de Hipótesis Realizadas. **Fuente:** Elaboración Propia

Un aspecto importante a tomar en cuenta con respecto a las pruebas t de una muestra y dos muestras independientes, es que a veces es imposible verificar la suposición de que un conjunto de datos fueron seleccionados de una población normal. Sin embargo, investigaciones han demostrado que las desviaciones moderadas de la normalidad en la distribución de la población tienen poco efecto en la distribución de probabilidad del estadístico de prueba. Este resultado, junto con la existencia común de distribuciones casi normales de datos en la naturaleza, hace que las pruebas t para una y dos muestras independientes sean estadísticamente robustas (Wackerly, 2010).

Pruebas de Hipótesis Realizadas

- 1) Prueba de contraste para el número de entidades (documentos, recepciones y controles perceptivos) procesadas en el mes.

Mediante el uso del software estadístico SPSS se pudo realizar la prueba t para una muestra comparando mes a mes, el número promedio de entidades procesadas en la simulación con el valor real del sistema. Se asumió para la prueba un nivel de significación del 5% y una confianza del 95%. A continuación se presentan los resultados de las pruebas según el período estudiado:

- **Diciembre:** Para este mes, el valor real del total de documentos, recepciones y auditorías realizadas (entidades) es de 215. Este dato se obtuvo a partir de los datos históricos facilitados por la empresa. A continuación se presentan las tablas con los resultados obtenidos del software SPSS:

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Salidas_Diciembre	26	221,3462	26,12729	5,12398

One-Sample Test						
	Test Value = 215					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Salidas_Diciembre	1,239	25	,227	6,34615	-4,2069	16,8992

Tabla 53. Resultado de Prueba T para el mes de diciembre (Numero de entidades Procesadas). *Fuente:* IBM SPSS

En la **Tabla 53** se puede observar que el p-valor (“Sig.”) es mayor que el nivel de significancia de 0,05 (0,227), por lo tanto, no hay suficiente evidencia muestral para indicar una diferencia significativa entre el número promedio de entidades procesadas en la simulación y el valor real del sistema, para el mes de diciembre.

- **Enero:** Para el mes de enero, el valor real de las entidades procesadas fue de 147 entidades y se obtuvo de los datos históricos de la empresa. En las siguientes tablas se observan los resultados de la prueba:

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Salidas_Enero	84	142,3810	40,45938	4,41448

One-Sample Test						
	Test Value = 147					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Salidas_Enero	-1,046	83	,298	-4,61905	-13,3993	4,1612

Tabla 54. Resultado de Prueba T para el mes de enero (Numero de entidades Procesadas). *Fuente:* IBM SPSS

En la **Tabla 54**, se puede observar que el p-valor de 0,298 es mayor que el nivel de significancia de 0,05, por lo que no hay suficiente evidencia muestral para indicar una diferencia significativa entre el número promedio de entidades procesadas en la simulación y el valor real del sistema, para el mes de enero.

- **Febrero:** para el mes de febrero, el valor de prueba contra el cual se comparó el promedio de entidades procesadas en la simulación es de 80 entidades.

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Salidas_Febrero	96	81,5104	23,63405	2,41214

One-Sample Test						
	Test Value = 80					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Salidas_Febrero	,626	95	,533	1,51042	-3,2783	6,2991

Tabla 55. Resultado de Prueba T para el mes de febrero (Numero de entidades Procesadas). *Fuente:* IBM SPSS

En la **Tabla 55**, se puede observar que el p-valor de 0,533 es mayor que el nivel de significancia de 0,05. De acuerdo a esto se puede afirmar que no existe suficiente evidencia muestral para indicar una diferencia significativa entre el número promedio de entidades procesadas en la simulación y el valor real del sistema, para el mes de febrero.

- **Marzo:** Para este mes, el número de entidades procesadas en el sistema real fue de 73 entidades.

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Salidas_Marzo	325	71,6769	32,68976	1,81330

One-Sample Test						
	Test Value = 73					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Salidas_Marzo	-,730	324	,466	-1,32308	-4,8904	2,2443

Tabla 56. Resultado de Prueba T para el mes de marzo (Numero de entidades Procesadas). *Fuente:* IBM SPSS

En la **Tabla 56**, se puede observar que el p-valor es mayor que el nivel de significancia de 0,05 (0,466), por lo tanto, no hay suficiente evidencia muestral para indicar una diferencia significativa entre el número promedio de entidades procesadas en la simulación y el valor real del sistema, para el mes de marzo.

2) Prueba de contraste del tiempo promedio de picking.

Al igual que las pruebas expuestas, al comparar las medias del tiempo promedio simulado de picking y el tiempo promedio real de picking, se empleó un nivel de significación de 5% y una confianza del 95%. A continuación se presentan los resultados arrojados por el software SPSS:

Group Statistics				
Clasificación	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tiempos_Picking	Real	151	,612579	,8658571
	Simulación	12611	,568248	,3127292

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Tiempos_Picking	Equal variance s assumed	487,614	,000	1,667	12760	,095	,0443312	,0265856	- ,0077805	,0964430
	Equal variance s not assumed			,629	150,469	,531	,0443312	,0705175	- ,0950011	,1836635

Tabla 57. Resultado de Prueba T para los tiempos promedio de picking.

Fuente: IBM SPSS

De acuerdo a estos resultados, se puede observar que el p-valor es mayor (0,531) al no asumir varianzas iguales entre las muestras. Éste valor es mucho mayor que el nivel de significancia de la prueba (5%), por lo tanto, no existen suficientes evidencias muestrales que indiquen diferencias significativas entre las medias de las muestras estudiadas. De acuerdo a esto, se puede afirmar que la operación de traslado y selección arroja valores iguales a los del sistema real.

3) Prueba de contraste de los tiempos de recepción.

Los datos empleados para esta prueba se asumieron como no paramétricos debido a la variabilidad y el tamaño de la muestra (solo se evaluaron las importaciones y devoluciones del mes de enero). A continuación se presentan los resultados arrojados por la prueba U de Mann-Whitney en el software SPSS:

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Tiempos_Recepcion is the same across categories of Clasificacion.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,815	Retain the null hypothesis.
Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.				

Ilustración 17. Resultados de la Prueba Mann-Whitney para los tiempos de Recepción.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos por la prueba (**Ilustración 17**), en la cual el p-valor es de 0.815 con respecto al nivel de significancia de 0.05, se puede afirmar que no existen suficientes evidencias muestrales que indiquen que las muestras provengan de poblaciones continuas diferentes. Esto significa que se puede asumir una igualdad en los datos obtenidos por simulación y los facilitados por la empresa en la bitácora de recepción.

Una vez validados los datos históricos con los datos obtenidos por simulación en las diferentes pruebas realizadas, se puede afirmar que el modelo desarrollado arroja valores consistentes, los cuales permiten continuar el estudio de la situación actual y elaborar propuestas de mejora del sistema real.

ANEXO A-9. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS TEÓRICOS PARA LA FORMUACIÓN DE INDICADORES

Tiempo Teórico de la Recepción de Mercancía

El tiempo teórico de la recepción de mercancía involucra la sumatoria de los tiempos de las siguientes operaciones:

Importaciones	Devoluciones
A.- Descarga Paletizada	B.- Descarga a Granel
E.- Auditoría y Conteo	C.- Traslado a la Zona de Chequeo
G.- Asignación de Localizadores	D.- Desglose de Mercancía
H.- Escaneo e Identificación	E.- Auditoría y Conteo
	F.- Tratado de Cajas Abiertas
	G.- Asignación de Localizadores
	H.- Escaneo e Identificación.

Los tiempos de las operaciones mencionadas, se calcularán dividiendo la cantidad de unidades de manejo de la operación (cajas o paletas), que sean propias de cada recepción, entre las capacidades efectivas (en horas) de cada actividad. Tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\textit{Tiempo Teórico de la Operación} = \frac{\textit{Cant. de Unidades de Manejo Recibidas}}{\textit{Capacidad Efectiva de la Operación}}$$

Es importante señalar lo siguiente:

- Las capacidades efectivas de cada operación se pueden observar en el capítulo IV del tomo principal.
- En la operación de “Auditoría y Conteo”, sólo se tomará el tiempo teórico asociado a la fotografía, ya que esta actividad es más larga que el conteo.
- La operación de “Asignación de Localizadores”, solo asigna por recepción un tiempo único de 0,12 horas.
- En la operación “Tratado de Cajas Abiertas”, solo se tomara el tiempo teórico asociado a la actividad de Validación.
- En la operación “Escaneo e Identificación”, solo se tomara el tiempo teórico asociado a la identificación.

Tiempo Teórico de la Preparación de Pedidos

El tiempo teórico de la preparación de pedidos involucra la sumatoria de los tiempos de las siguientes operaciones:

Pedidos

- A.-** Demoras por ir las zonas de picking
- E.-** Traslado en la zona de picking
- G.-** Picking

Los tiempos de las operaciones mencionadas, se calcularán dividiendo la cantidad de unidades de manejo de la operación (localizadores o líneas), que sean propias de cada documento, entre las capacidades efectivas de cada actividad.

$$\textbf{T tiempo Teórico de la Operación} = \frac{\textit{Cant. de Unidades de Manejo}}{\textit{Capacidad Efectiva de la Operación}}$$

Es importante señalar lo siguiente:

- Las capacidades efectivas de cada operación se pueden observar en el capítulo IV del tomo principal.
- Para realizar los cálculos de los tiempos teóricos, se debe conocer de cada pedido: (a) El número de Localizadores en Racks, Shelves, Piso y Patio; y (b) El número de Líneas Completas, Parciales y de Cable
- Los tiempos asociados a las demoras por ir a la zona de picking, serán contabilizados una sola vez si hay localizadores en dicha zona.

Tiempo Teórico del Despacho de Mercancía.

El tiempo teórico de la preparación de pedidos involucra la sumatoria de los tiempos de: (a) El control de Salidas, y (b) La carga de mercancía.

Los tiempos de las operaciones mencionadas, se calcularán dividiendo la cantidad bultos a despachar, entre las capacidades efectivas (en horas) de cada actividad.

$$\textbf{T tiempo Teórico de la Operación} = \frac{\textit{Cant. de Bultos a Despachar}}{\textit{Capacidad Efectiva de la Operación}}$$