

DISEÑO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE
DESPACHO DE MERCANCÍA EN LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN
UBICADOS EN CUNDINAMARCA

CRISTHIAN DAVID LEÓN QUIROGA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2017

DISEÑO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE
DESPACHO DE MERCANCÍA EN LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN
UBICADOS EN CUNDINAMARCA

CRISTHIAN DAVID LEÓN QUIROGA

Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Director
Mónica Yinette Suárez Serrano
Ingeniera Industrial

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2017

Nota de aceptación

MÓNICA YINETTE SUAREZ SERRANO

MARTÍN FELIPE CUEVAS

ANDRÉS GUARÍN SALINAS

Bogotá D.C., Agosto del 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Presidente de la Universidad y Director del claustro

DR. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

DR. LUÍS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

DRA. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

DR. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano de la Facultad de Ingenierías

ING. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería Industrial

ING. JORGE EMILIO GUTIÉRREZ CANCINO

Las directivas de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y los cuerpos docentes no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Este triunfo se lo dedico a Dios, quien me acompaña y está conmigo en todo momento.

A mis padres por ser la razón y las ganas de salir adelante, por formarme en valores y brindarme todo el amor, apoyo y confianza a lo largo de mi vida, y a quienes espero retribuirles todo lo que me han brindado

Le dedico este triunfo a mi familia, novia y amigos por su amistad, compañía consejos y ayuda a lo largo de este proceso y a mis familiares fallecidos quienes extraño y agradezco por cuidar de mí y de toda la familia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy gracias a Dios por darme la vida, por permitirme soñar y proporcionarme las habilidades adecuadas para alcanzar el primero de mis tantos sueños y es ser Ingeniero.

A mi mamá por su amor incondicional, por sus traspasos esperando a que su hijo llegará, gracias por esas onces que nunca me faltaron, gracias por ser la mejor mamá del mundo, este logro en gran medida es para ella, la que siempre creyó, ha creído y creará en mí.

A mi padre por su apoyo y gran esfuerzo para que nunca me falte nada, por enseñarme lo duro que es la vida sin el estudio y muchas gracias por darme esa oportunidad que hoy se consuma.

A mi hermanito, él es esa alegría a quien espero retribuirle todo lo que Dios y mis padres me han dado.

A mi abuela quien pienso es fundamental es este gran paso pues fue quien ayudo en gran parte de mi formación y contribuyó a quien soy hoy en día.

A toda mi familia, amigos y novia por todo su apoyo y paciencia en este proceso, también me debo a ustedes y por último mi tía Helena, quien es una persona a quien amo y extraño, pero me quiero disculpar con ella porque le prometí que sería médico para ayudarla y lastimosamente le incumplí, pero le prometo que seré el mejor Ingeniero de todos.

A mi guía académica y directora de investigación Mónica Suarez, por su paciencia, acompañamiento y enseñanza en el desarrollo del presente proyecto.

Al cuerpo de docentes por brindarme su tiempo y conocimientos para mi formación como profesional.

A la empresa Colombiana de Comercio y/o Alkosto S.A. por recibirme con los brazos abiertos y darme la oportunidad de aprender y aplicar mis conocimientos.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	21
1. MARCO REFERENCIAL	23
1.1 MARCO NORMATIVO	23
1.1.1 Instituciones especializadas.	27
1.2 MARCO HISTÓRICO	28
1.2.1 Evolución de la logística en el mundo.	28
1.2.2 Evolución de la logística y los CEDIS en Colombia.	29
1.2.3 Casos de Éxito.	30
1.2.3.1 Grupo Derco – Chile.	30
1.2.3.2 Dinnet – Perú.	31
1.2.3.3 Copservir LTDA Cooperativa Multiactiva – Colombia.	32
1.3 MARCO CONCEPTUAL	33
1.3.1 Red de valor.	33
1.3.2 Logística.	33
1.3.3 CEDI (Centros de Distribución).	33
1.3.4 Despacho de mercancía.	34
1.3.5 TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación).	34
1.3.6 WMS (Warehouse Management System).	34
1.3.7 Operador Logístico.	34
1.3.8 Optimización.	35
1.4. MARCO TEÓRICO	35
1.4.1 Tipo de investigación.	35
1.4.1.1 Investigación científica	35
1.4.1.2 Desarrollo tecnológico.	36
1.4.1.3 Innovación.	36
1.4.2 Operadores logísticos.	36
1.4.2.1 First Party Logistics (1PL).	37
1.4.2.2 Second Party Logistics (2PL).	37
1.4.2.3 Third party Logistics (3PL).	38
1.4.2.4 Fourth Party Logistics (4PL).	38
1.4.3 TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación).	39
1.4.3.1 ERP (Enterprise Resource Planning).	40
1.4.3.2 WMS (Warehouse Management System).	42
1.4.3.3 LMS (Labor Management System).	44
1.4.3.4 Código de barras.	45
1.4.3.5 RFID (Radio Frequency Identification).	48
2. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE DESPACHO	50
2.1 FUNCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROCESO DE DESPACHO	50
2.2 ACTIVIDADES DEL DESPACHO DE MERCANCÍAS	51

2.2.1 Preparación de pedidos.	51
2.2.2 Selección y Agrupación.	51
2.2.3 Embalaje de mercancía.	51
2.2.4 Programación del transporte.	52
2.2.5 Validación del despacho.	52
2.2.6 Despacho de mercancía.	52
2.2.6.1 Facturación:	52
2.2.7 Entradas.	54
2.2.8 Proceso.	55
2.2.9 Salidas.	56
3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE DESPACHO DE MERCANCÍA	58
3.1 METODOLOGIAS PARA OPTIMIZAR EL DESPACHO	58
3.1.1 Métodos exactos.	58
3.1.1.1 Programación lineal.	58
3.1.2 Heurísticas.	61
3.1.3 Meta-heurísticas.	61
3.2 HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	62
3.2.1 Encuesta.	62
3.2.2 Observación directa.	63
3.2.2.1 Observación con un enfoque cuantitativo.	63
3.2.2.2 Observación con un enfoque cualitativo.	63
3.2.3 La entrevista.	63
3.2.3.1 Estructurada:	63
3.2.3.2 Semiestructurada:	63
3.2.3.3 No estructurada:	64
3.3 MÉTODOS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	64
3.3.1 Hipótesis Dinámica.	64
3.3.1.1 Cualitativas.	64
3.3.1.2 Cuantitativas.	65
3.3.2 Matriz Vester.	66
3.3.3 Herramientas de validación.	69
3.3.3.1 Psicometría TRI (Teoría de Respuesta al Ítem).	69
3.3.3.2 Escala de Likert.	71
3.4 APLICACIÓN DE LA HIPÓTESIS DINÁMICA	73
3.4.1 Identificación del problema.	73
3.4.2 Errores del proceso de despacho de mercancía	73
3.4.2.1 Causales de errores en el proceso de despacho de mercancía.	73
3.4.2.2 Producto averiado.	82
3.4.2.3 Deterioro del embalaje del producto.	83
3.4.2.4 Discrepancias en las cantidades.	84
3.4.2.5 Entrega por fuera de la promesa de servicio.	85
3.4.2.6 Documentación incompleta.	85
3.4.2.7 Diferencias de inventario.	86
3.4.2.8 Error de etiquetas.	86

3.4.2.9 Productos trocados.	86
3.5 PRIORIZACIÓN DE VARIABLES	88
3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN FUENTES PRIMARIAS	92
3.6.1 Cálculo del número de expertos.	94
3.6.2 Perfil de los expertos a entrevistar.	95
3.6.3 Resultados de la realización de la entrevista.	96
3.6.4 Análisis de Contexto.	101
3.6.5 Análisis de Convergencia.	101
4. ELEMENTOS INFLUYENTES EN EL PROCESO DE DESPACHO	104
4.1 RECURSOS	104
4.1.1 Equipos de transporte de mercancía.	104
4.1.1.1 Montacargas.	104
4.1.1.2 Transpaletas.	106
4.1.1.3 Bandas transportadoras.	106
4.1.2 Sistemas de almacenamiento.	108
4.1.2.1 Apilado a Piso.	109
4.1.2.2 Selectivo.	109
4.1.2.3 Doble Profundidad.	110
4.1.2.4 Compacto.	110
4.1.2.5 Sistema Push Back.	110
4.1.2.6 Sistema Dinámico.	111
4.1.2.7 Cantiléver.	111
4.1.2.8 Entrepisos y mezzanines.	112
4.1.2.9 Autoportante.	112
4.1.2.10 Carruseles.	113
4.1.3 Tecnologías de información y comunicación.	114
4.1.4 Distribución de áreas físicas del cedi.	115
4.1.4.1 Configuración de muelles en paralelo.	115
4.1.4.2 Configuración del almacén en H.	116
4.1.4.3 Configuración física lineal.	116
4.2 PRINCIPALES PROCESOS OPERATIVOS DE LOS CEDI	117
4.2.1 Recibo de mercancía.	117
4.2.1.1 Objetivos del Proceso de Recepción de Mercancía.	118
4.2.1.2 Métodos para el Ingreso de Información en el Recibo.	118
4.2.1.3 Tipos de Recibo de Mercancía.	119
4.2.2 Almacenamiento y reabastecimiento de mercancía.	121
4.2.2.1 Objetivos del proceso de almacenamiento de mercancía.	122
4.2.2.2 Variables a tener en cuenta para optimizar el almacenamiento.	122
4.2.2.3 Manejo del almacenamiento.	123
4.2.2.4 Efecto Látigo.	123
4.2.2.5 Principios de Almacenamiento	124
4.2.3 Acopio de mercancía.	126
4.2.3.1 Principios para el acopio de mercancía	127
4.2.3.2 Metodologías de acopio de mercancía.	127

4.3 DESCRIPCIÓN DE LA OBSERVACIÓN Y TRABAJO DE CAMPO	130
4.3.1 Colombiana de Comercio S.A.	130
4.3.1.1 Distribuciones Corbeta.	130
4.3.1.2 Centros de distribución Alkosto.	132
4.3.2 Yanbal.	133
4.3.3 Blu Logistics.	134
4.3.4 Comercial Nutresa.	135
4.3.5 Repuestos Samsung.	137
4.3.6 Elementos logísticos influyentes en el proceso de despacho.	138
4.4 MODELOS APLICADOS A LA OPTIMIZACIÓN DEL DESPACHO	140
4.4.1 Problema de ruteo de vehículos con restricciones múltiples.	141
4.4.1.1 Características de los Problemas VRP.	142
4.4.2 Tipos de VRP.	144
4.4.2.1 Problema del agente viajero (Traveling Salesman Problem) TSP.	144
4.4.2.2 Caso de estudio.	144
4.4.3 Mejoramiento del cargue utilizando superficies de respuesta.	146
4.4.3.1 Metodología.	146
4.4.3.2 Descripción de la empresa.	147
4.4.3.3 Descripción del cedi y caracterización del despacho.	148
4.4.3.4 Identificación y delimitación del problema.	148
4.4.4 Análisis de la superficie de respuesta en el proceso de despacho.	150
4.4.5 Priorización con recursos de distribución limitados.	157
4.4.5.1 Metodología de priorización dinámica.	158
4.4.5.2 Modelo de priorización de despachos.	158
4.4.5.3 Resultados obtenidos.	161
5. ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN	164
5.1 CONVERGENCIA DE VARIABLES ENCONTRADAS	165
5.2 FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO	167
6. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL MODELO	175
7. TRABAJOS FUTUROS	187
8. CONCLUSIONES	188
9. RECOMENDACIONES	1899
BIBLIOGRAFÍA	190
ANEXOS	196

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Modelo de costos logísticos	30
Figura 2. Clasificación de operadores logísticos	39
Figura 3. Representación de un ERP	41
Figura 4. WMS	42
Figura 5. Ventajas y desventajas de los códigos de barras	46
Figura 6. GTIN-13	47
Figura 7. GTIN-12	47
Figura 8. GTIN-8	47
Figura 9. GTIN-14	48
Figura 10. Ejemplo de uso de RFID	48
Figura 11. Sub procesos del proceso de despacho	53
Figura 12. Entradas del proceso de despacho de mercancía	54
Figura 13. Proceso de despacho de mercancía	55
Figura 14. Salidas del proceso de despacho de mercancía	56
Figura 15. Caracterización del proceso de despacho de mercancía	57
Figura 16. Ejemplo de diagrama causal	66
Figura 17. Ejemplo del plano cartesiano para la Matriz Vester	69
Figura 18. Combo sanitario	77
Figura 19. Procesos de manipulación de mercancía	78
Figura 20. Caja de baldosa	79
Figura 21. Ejemplo de empaques similares	80
Figura 22. Causales principales de la avería de productos	82
Figura 23. Simbología para manipulación y transporte de mercancías	84
Figura 24. Diagrama causal de errores en el proceso de despacho	87
Figura 25. Almacenamiento en piso	109
Figura 26. Almacenamiento selectivo	109
Figura 27. Almacenamiento de doble profundidad	110
Figura 28. Almacenamiento compacto	110
Figura 29. Almacenamiento push back	111
Figura 30. Almacenamiento dinámico	111
Figura 31. Almacenamiento en cantiléver	112
Figura 32. Entrepisos y mezzanines	112
Figura 33. Estantería autoportante	113
Figura 34. Almacenamiento en carruseles	113
Figura 35. Flujo de operaciones de un Cedi	115

Figura 36. Configuración de muelles en paralelo	116
Figura 37. Configuración del almacén en H	116
Figura 38. Ejemplo de configuración lineal	116
Figura 39. Principales procesos operativos de los centros de distribución	117
Figura 40. Diagrama de métodos para el ingreso de mercancía	118
Figura 41. Ejemplo de mercancía paletizada	120
Figura 42. Ejemplo de paletización o traslado de caja de arrume	120
Figura 43. Ejemplo de pallet	123
Figura 44. Alineación de una red de valor determinada por la demanda	124
Figura 45. Ejemplo de pick to light y pick to voice	126
Figura 46. Ruta de acopio en zigzag	128
Figura 47. Ruta de acopio lineal	129
Figura 48. Ruta de acopio en U	129
Figura 49. Instalaciones del CEDI de dsitribuciones Corbeta	131
Figura 50. Centros de distribución Akosto S.A.	132
Figura 51. Centro de distribución de Yanbal	134
Figura 52. Ubicación del CEDI principal de Blu Logistics	134
Figura 53. Ubicación del CEDI de Nutresa Comercial	136
Figura 54. Ubicación del Cedi de Almaviva operación Samsung Repuestos	137
Figura 55. Algoritmo de heurística constructiva	143
Figura 56. Mejoramiento del despacho con superficie de respuesta.	147
Figura 57. Ejemplo de distribución sobre la cual se estructura el modelo	167
Figura 58. Hoja principal del modelo	175
Figura 59. Ejemplo de vehículo tipo furgón o furgonado.	177
Figura 60. Ejemplo de zuncho y vinipel	183

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Normatividad aplicativa al proyecto de investigación	24
Tabla 2. Instituciones especializadas	27
Tabla 3. Formato de la Matriz Vester	67
Tabla 4. Ejemplo de Matriz Vester calificada	68
Tabla 5. Matriz Vester	89
Tabla 6. Resumen de la Matriz Vester	90
Tabla 7. Identificación del punto medio	90
Tabla 8. Enmarcación de la Matriz Vester	91
Tabla 9. Respuesta a la pregunta inducida	97
Tabla 10. Respuesta a la pregunta abierta	97
Tabla 11. Respuestas de las preguntas de calificación	98
Tabla 12. Equivalencias entre la Matriz Vester y escalas de Likert	101
Tabla 13. Análisis de convergencia y divergencia	102
Tabla 14. Resultado definitivo de las causales de errores en el despacho	103
Tabla 15. Calificación de las roturas por parte de los expertos	103
Tabla 16. Equipos de montacargas	105
Tabla 17. Tipos de transpaletas	106
Tabla 18. Tipos de bandas transportadoras	107
Tabla 19. Bandas transportadoras de rodillo	108
Tabla 20. Información asociada al caso de estudio	145
Tabla 21. Resultados de la metodología indicadores de priorización	145
Tabla 22. Estructura del diseño 2 ⁴	152
Tabla 23. ANOVA para comprobación de los factores de interés	153
Tabla 24. Escalamiento ascendente del tiempo promedio de cargue	154
Tabla 25. Datos para el segundo modelo	154
Tabla 26. Análisis ANOVA para el modelo de segundo orden	155
Tabla 27. Ejemplo del cálculo de prioridades	158
Tabla 28. Cantidad enviada con el método de indicadores de priorización	161
Tabla 29. Cantidad enviada bajo el modelo de priorización	161
Tabla 30. Backorders generados bajo el método de priorización dinámica	161
Tabla 31. Total de backorders bajo el método de priorización	162
Tabla 32. Calificación de las variables y restricciones del modelo	166
Tabla 33. Productos asociados a la simulación del modelo	176
Tabla 34. Tipología de vehículos y costo del flete	176
Tabla 35. Inventario del proveedor	177

Tabla 36. Maximización por punto de venta	178
Tabla 37. Rentabilidad por ubicación	179
Tabla 38. Maximización de ingresos por concepto de almacenamiento	179
Tabla 39. Valor del material reciclable	179
Tabla 40. Recuperación de material reciclable por tipo de producto	180
Tabla 41. Solver de ingresos por material reciclable	180
Tabla 42. Costos de compra	181
Tabla 43. Costo del flete	181
Tabla 44. Asignación de vehículos para entrega de mercancía	182
Tabla 45. Costos por tipo de vehículo	183
Tabla 46. Costo de material para el embalaje de mercancía	183
Tabla 47. Minimización por costos de alistamiento	184
Tabla 48. Costos de reproceso de averías	184
Tabla 49. Costo de mantenimiento de los equipos móviles	185
Tabla 50. Costos de depreciación de equipos móviles	185
Tabla 51. Otros costos fijos	185
Tabla 52. Simulador del modelo de optimización	186

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. TIC aplicadas a la logística interna de las organizaciones	40
Cuadro 2. Permisiones mínimas de un WMS	43
Cuadro 3. Beneficios del LMS	45
Cuadro 4. Ventajas de la tecnología RFID	49
Cuadro 5. Codificación e identificación del problema	67
Cuadro 6. Ejemplo de análisis en la Matriz Vester	68
Cuadro 7. Alternativas de escalas de Likert	72
Cuadro 8. Resumen de la distribución causal de errores de acopio	75
Cuadro 9. Roturas del diagrama causal de errores	86
Cuadro 10. Listado de causales de error en el proceso de despacho	89
Cuadro 11. Escala de calificación de la Matriz Vester	89
Cuadro 12. Objetivos de las preguntas de la entrevista dirigida	93
Cuadro 13. Perfiles de los expertos entrevistados	95
Cuadro 14. Comparativo de los elementos identificados en las visitas	138
Cuadro 15. Proceso de despacho de una empresa de cárnicos de Medellín	149

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Región factible	59
Gráfica 2. Rectas asociadas a la región factible	60
Gráfica 3. Causas de los errores de acopio	74
Gráfica 4. Matriz Vester	91
Gráfica 5. Análisis de convergencia	102
Gráfica 6. Distribución de las causales de error	103
Gráfica 7. Uso de las TIC en Colombia	114
Gráfica 8. Superficie de respuesta para el tiempo promedio de cargue	155
Gráfica 9. Contorno del promedio de carga frente a la variable X_1 y X_4	156
Gráfica 10. Efecto del código de barras	156

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Fórmula para calcular el número de expertos a entrevistar	94
Ecuación 2. Cálculo del número de expertos	98

GLOSARIO

BACK ORDER: pedidos pendientes por ser despachados al cliente.

BANDA TRANSPORTADORA: forma de transporte continuo, el cual permite trasladar cargas o productos, aplicado en su mayoría a la industria, compuesto por una banda o rodillos sin fin los cuales son accionados por un motor. (Universidad de Salamanca, s.f.)

CROSS DOCKING: es un flujo continuo de productos el cual mediante plataformas logísticas permite ahorrar costos y presentar flujos de operación más dinámicos. (Ingeniería Industrial Online.)

ESTIBA: plataforma horizontal, que consta de una estructura definida y adaptable a las necesidades, con una altura que permite ser manejada por equipos tales como montacargas o estibadores, conformando la base para el embalaje de los productos para mayor facilidad en el manejo y el almacenamiento. (López Salazar, Brian, 2012)

FILL RATE: hace referencia a la medición que realizan las compañías en la entrega de pedidos al cliente, la cual establece la relación de lo que se entregó en comparación con lo que solicitó el cliente. (Rabello, Rodolfo, 2011)

LEAD TIME - ALMACENAMIENTO: se define como el tiempo promedio de permanencia de un producto en el centro de distribución, el cual a su vez se puede segmentar por familia logística. (Lokad, 2014)

LEAD TIME – APROVISIONAMIENTO: es el tiempo de abastecimiento que transcurre desde la solicitud de un producto al fabricante hasta la llegada del mismo al cliente. (Lokad, 2014)

LEAD TIME - TRANSPORTE: hace referencia al tiempo que transcurre desde que se carga un vehículo hasta el descargue del mismo en un punto o lugar de destino. (Manufactura Inteligente, 2012)

PICKING: es la preparación de pedidos a partir de una lista de artículos y ubicaciones en las cuales se deben recoger los productos, los cuales conforman uno o varios pedidos. (Expertos en Logística, 2013)

SLOTTING: el slotting es la ubicación inteligente de un producto en el área de picking, por lo tanto es la base del proceso de alistamiento de mercancía de un CEDI.

STAKEHOLDERS: son las partes interesadas desde el punto de vista empresarial los cuales son descritos como participantes, acciones o inversores los cuales se ven beneficiados o afectados por las decisiones que se toman en una organización. (Urroz R, 2010)

TIEMPO MUERTO: es un periodo de tiempo en el cual no se realiza ni agrega valor a un proceso, por lo tanto no se perciben cambios en la actividad del mismo. (Villajulca, 2011)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se sustentó en la necesidad capturada por el investigador gracias a su experiencia en el sector logístico, la observación directa en centros de distribución de diversos sectores y a partir de allí mediante fuentes secundarias se fortaleció aquella necesidad con el aporte de entidades y autores importantes como el Supply Chain Council, Ronald Ballou, Sunil Chopra y para Colombia referentes como Logyca, Anibal Mora, entre otros. La información obtenida permitió sustentar desde un punto de vista general las deficiencias logísticas en Colombia, partiendo desde indicadores como el IDL (Índice de Desempeño Logístico) para posteriormente segmentarlo a las operaciones logísticas internas de los centros de distribución en Cundinamarca, tales como recibo de mercancía, Almacenamiento, inventarios, acopio o picking y despacho de mercancía, caracterizando los recursos y políticas que allí se utilizan y desarrollan, con el fin de entender de manera clara cómo interactúan e influyen los procesos logísticos internos sobre el despacho de mercancía, el cual fue caracterizado de forma detallada, permitiendo así determinar los errores que en el y en procesos como el acopio o almacenamiento se presentan, los cuales terminan afectando la rentabilidad y credibilidad de compañías frente a sus clientes por una diversidad de errores mediante la herramienta de hipótesis dinámica, que demuestra de manera gráfica la relación entre las distintas causales y errores del proceso de despacho, causales priorizadas con ayuda de la matriz Vester para dar paso a una validación con expertos del sector, con perfiles académicos propicios y un bagaje espectacular liderando operaciones logísticas en diversas compañías de varios sectores económicos. Esta validación se realizó bajo el apoyo de herramientas y metodologías como entrevistas dirigidas y estructuradas, psicometría Tri entre otras, para finalmente comparar los resultados de la investigación en fuentes secundarias y el trabajo de campo del investigador con la opinión de los expertos mediante el análisis de convergencia.

Posteriormente se hizo una revisión de modelos matemáticos aplicados a la logística, específicamente a la optimización de procesos en los centros de distribución, entre los que se destacan el VRP (Problema de enrutamiento de vehículos), superficies de respuesta, modelos de priorización dinámica, modelos que soportan y sirven de sustento la estructuración del modelo de optimización para el proceso de despacho de mercancía, una vez analizados los diversos modelos de optimización se estructuró un caso que a diario ocupa las operaciones logísticas, estableciendo ingresos por el despacho de productos con un porcentaje de rentabilidad, ingresos por la venta de materiales reciclables y por costos de almacenamiento que se cobran a proveedores, adicionalmente se tienen en cuenta costos variables y fijos de la operación, bajo los cuales el modelo da la posibilidad de simular cuantos ingresos debe percibir la operación para garantizar un margen de rentabilidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un modelo de optimización para el proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el proceso de despacho de un centro de distribución.
- Diagnosticar las fallas que se presentan en el proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución.
- Identificar los elementos influyentes en la logística que impactan el proceso de despacho.
- Estructurar el modelo que permitirá la optimización del proceso de despacho para centros de distribución.
- Estimar los costos que se necesitan para el óptimo desarrollo del modelo para el proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución.

1. MARCO REFERENCIAL

Las tendencias internacionales a la globalización causada por las aceleradas aperturas comerciales fomentan un entorno altamente competitivo generando la necesidad de que las organizaciones integren su red de valor con los proveedores y clientes en busca de una ventaja competitiva, de esta manera la logística toma un papel trascendente para las estrategias de negocio de las organizaciones.

Es por esto que es de suma importancia desarrollar actividades que estén orientadas a innovar o mejorar los procesos logísticos con el fin de que las organizaciones sea competitivas.

El presente marco referencial se construye a partir de fuentes de información secundarias que se convierte en la base para identificar las variables que intervienen en el proceso de despacho y sobre la cual se constituye el modelo de optimización definiendo conceptos, teorías, referentes históricos y legales que se consideran necesarios para desarrollar la propuesta de investigación.

1.1 MARCO NORMATIVO

Los procesos que integran a un centro de distribución no están regidos bajo una legislación, por lo cual en este marco se hará referencia a las buenas prácticas logísticas que puede adoptar un centro de distribución, las políticas logísticas que quiere adoptar el país para mejorar la competitividad en el sector.

Tabla 1. Normatividad aplicativa al proyecto de investigación

Norma	Alcance	Descripción	Ente Emisor
NTC 5689 15 de Julio de 2009	Especificación para el diseño, ensayo y utilización de estanterías industriales de acero	Dicta la regulación para la construcción de estanterías metálicas, además en el numeral 1.5. Advierte sobre los mantenimientos y prevenciones que el propietario debe hacer a la estantería con el objeto de prevenir accidentalidades.	ICONTEC
NTC 4680 27 de Octubre de 1999	Especificaciones necesarias para la elaboración de estibas intercambiables de madera.	Trata la estandarización y requisitos que deben cumplir las estibas, con el objetivo de facilitar los procesos de descarga, manipulación, transporte y almacenamiento de mercancías.	ICONTEC
Resolución 2400 22 de mayo de 1979	Normas sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo	Dicta las condiciones mínimas de higiene y seguridad que el empleador le debe asegurar al trabajador en el lugar de trabajo.	Ministerio del Trabajo y Seguridad Social
Decreto 2828 23 de agosto de 2006	Organización del Sistema Administrativo Nacional de Competitividad	Establece la Comisión Nacional de Competitividad, sus integrantes y los factores que debe desarrollar para mejorar la competitividad de las organizaciones en los mercados internos y externos.	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Tabla 1. (Continuación)

Norma	Alcance	Descripción	Ente Emisor
Buenas prácticas para contratación de operaciones logísticas Marzo de 2010	Aspectos que las organizaciones deben contemplar para el desarrollo efectivo la gestión logística	Describe los parámetros mínimos que se deben tener en cuenta al momento de contratar servicios logísticos con un operador logístico o tercerizar alguna parte de sus operaciones logísticas.	CEDOL (Cámara Empresarial de Operadores Logísticos)
CONPES 3547 27 de Octubre de 2008	Política Nacional Logística que contiene las estrategias para el desarrollo del sistema logístico nacional	Toca directamente la competitividad del país desde el punto de vista logístico, donde establece las principales problemáticas del país, comparando los distintos ítems estudiados con otros países, estableciendo objetivos bajo los cuales se construyeron planes de acción los cuales permitirán mejorar significativamente la logística del país,	Consejo Nacional de Política Económica y Social, Ministerio de Transporte, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.
CONPES 3568 16 de Febrero de 2009	Seguimiento al Conpes 3547 del 21 de octubre de 2008, específicamente en temas para el desarrollo de infraestructura logística especializada	Presenta una serie de propuestas consideradas estratégicas para el desarrollo de la logística en el país, como por ejemplo el Parque Logístico Nacional del Tolima, la Zona Industrial Logística del Caribe, el Centro logístico de Bosconia entre otros.	Consejo Nacional de Política Económica y Social, Departamento Nacional de Planeación

Tabla 1. (Continuación)

Norma	Alcance	Descripción	Ente Emisor
CONPES 3489 1 de Octubre de 2007	Incentivar la operación eficiente de las empresas de logística que apliquen esquemas empresariales óptimos, y reducción de costos de transporte.	Describe brevemente el sector transporte en Colombia, adicional estructura políticas y estrategias bajo la responsabilidad de cumplimiento del Ministerio de Transporte, enfocados a mejorar aspectos como el desarrollo de servicios logísticos, la seguridad de las operaciones, además de agregar recomendaciones para el cumplimiento del documento.	Ministerio de Transporte, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, DNP
Guía de recomendaciones de mejores prácticas logísticas Mayo de 2004	Recomendaciones sobre cómo se pueden realizar eficientemente los procesos vinculados a la gestión del almacén y transporte	Presenta una estandarización a nivel de logística, la cual no es obligación ya que cada operación tiene sus diferencias, pero aporta en el sentido de gestionar estratégicamente los principales procesos de un centro de distribución, además los procesos de transporte y distribución de mercancía.	GS1
Recomendaciones AECOC para la logística Noviembre de 2012	Recomendaciones para el proceso de carga y descarga	Describe como embalar la mercancía para evitar averías, caracterizando el embalaje SRP, que consisten básicamente en cajas pre cortadas o cintas de rasgado fácil, que tiene como objetivo hacer que el producto sea visible fácilmente.	AECOC (Asociación de fabricantes y distribuidores)
CONPES 3527 23 de junio de 2008	Política Nacional de Competitividad y Productividad	Establece 15 planes de acción a desarrollar en diferentes pilares, con el objetivo de promover el fortalecimiento institucional de la competitividad.	Departamento Nacional de Planeación

1.1.1 Instituciones especializadas. Las siguientes son algunas de las organizaciones más reconocidas a nivel de investigación, estandarización e innovación logística en el país.

Tabla 2. Instituciones Especializadas

Organización	Descripción
	<p>Facilitadora y promotora de la colaboración en comunidades empresariales, la cuales generan valor a través de mejores prácticas logísticas.</p> <p>Líder en innovación en las redes de valor, siendo pionera en la generación de desarrollo de conocimiento logístico en América Latina¹</p>
	<p>Es una asociación internacional sin ánimo de lucro dedicada al diseño e implementación de estándares globales y soluciones para mejorar la eficiencia y visibilidad de las cadenas de abastecimiento de todos los sectores del mundo².</p>
	<p>Es unos de los medios de comunicación especializados en los temas relacionados con la cadena de abastecimiento.</p>

Fuente: Logyca. Disponible en: <http://www.logyca.com/#quienes-somos>
Consultado el 08 de septiembre de 2016)

¹ LOGYCA. Quienes somos. [Consultado el 08/09/2016]. Disponible en: <http://www.logyca.com/#quienes-somos>

² GS1 Colombia. El lenguaje global de los negocios. [Consultado el 08/09/2016]. Disponible en: <http://www.gs1co.org/>

1.2 MARCO HISTÓRICO

Dentro del siguiente marco se presentará un breve repaso de cuál ha sido la evolución e importancia de los centros de distribución a través de la logística tanto en el mundo como en Colombia.

1.2.1 Evolución de la logística en el mundo. Según un artículo de la UNAD (Universidad Nacional Abierta y a Distancia) la logística se presenta desde los inicios de la humanidad, donde los grupos humanos guardaban comida para poder sobrevivir en las estaciones donde la comida escaseaba,³ pero existen registros que datan de los años 2900 – 2800 A.C. según del libro “El arte de la guerra” el cual relata que la logística proviene del campo militar porque era la clave para evitar el desabastecimiento de los ejércitos.⁴ Pero es hasta 1950 cuando Donald J. Bowersox realizó un análisis a la cual denominó “Origen y una nueva dirección” en el cual se destaca la nueva misión de las empresas de la época por controlar los costos de distribución, aunque la logística y la distribución no eran palabras nuevas eran conceptos a los cuales las organizaciones no daban mayor relevancia,⁵ es decir se empieza a contextualizar el beneficio que puede aportar la logística a los costos de distribución en las empresas, cambiando posteriormente hacia un enfoque de equilibrio costo-servicio el cual se basaba en la logística como estrategia para aumentar las ganancias y proporcionando a su vez alguna ventaja competitiva, en los años 60, Peter Drucker escribió “El continente negro de la economía” que es un artículo en el cual Drucker lanza duras críticas al sector industrial, y exhibe a las organizaciones las oportunidades que se pueden generar si se tienen en cuenta más detalladamente los procesos de distribución.⁶ Posteriormente algunas empresas vieron la logística como una actividad económica y por lo tanto se especializaron en la integración de las operaciones logísticas a las empresas, promoviendo el outsourcing o subcontratación como una solución para empresas para las cuales la logística representa altos costos llevando a una reducción de costos de la misma, desde entonces el sector se ha preocupado por estar innovando constantemente, estableciendo relaciones muy cercanas con clientes y proveedores con el fin de llegar a una administración exitosa de la cadena de valor⁷.

³ UNAD (Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Logística integral. Historia de la logística (2009). Disponible en internet: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/21historia_de_la_logistica.html>

⁴ TZU, Sun. El arte de la guerra para directivos.

⁵ BOWERSOX, Donald. Emergiendo de la recesión: El rol de la administración logística. 1950. p. 24-27

⁶ DRUCKER, Peter. El continente negro de la economía. 1962

⁷ UNAD. Op.cit. p. 2.

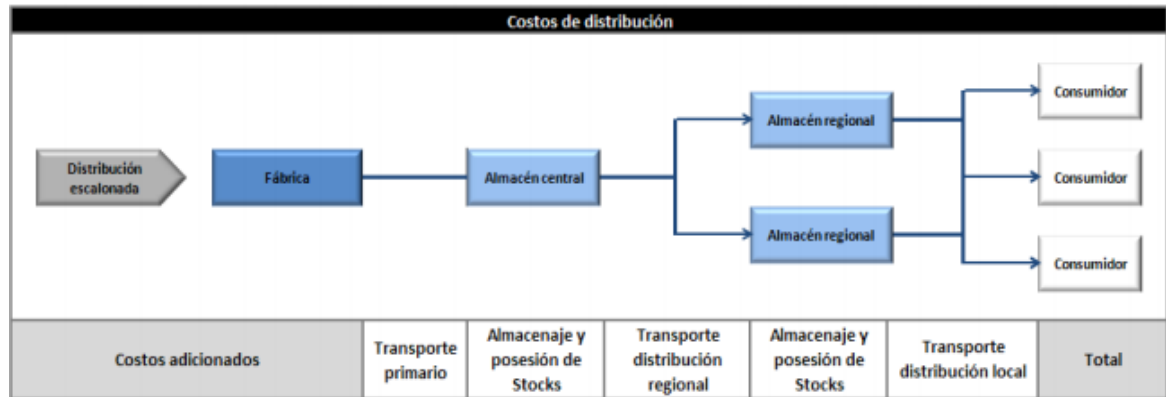
1.2.2 Evolución de la logística y los CEDIS en Colombia. La apertura económica que se dio en Colombia a inicios de los años 90 en el gobierno de Cesar Gaviria que acabo con la economía proteccionista que domino el país durante varias décadas dio paso a la desaparición de industrias que no lograron sobrevivir a la competencia, pero para el consumidor significó mayor variedad de productos a precios más bajos y de mayor calidad,⁸ conllevando así a que las organizaciones fuesen más efectivas y eficientes en todos sus aspectos, incluyendo su logística. En la figura 1.⁹ se presenta un modelo de costos de distribución normal en la cadena de valor de un bien en el cual el centro de distribución o almacén central conforma un eslabón de suprema importancia dentro de la misma. Lamentablemente en Colombia la evolución de bodegas y almacenes a centros de distribución ha sido retardada por falta de personal adecuado para la ejecución de la operación logística, altos costos de inversión en infraestructura, equipos para la manipulación de mercancía, falta de sistemas de información y tecnologías que permitan crear una plataforma logística que permita adoptar estrategias logísticas que ayuden a la consecución de los objetivos organizacionales, sin embargo las organizaciones modernas se han dado cuenta de la importancia y el impacto que tiene una plataforma logística para su crecimiento y actualmente se ha evidenciado un aumento en el desarrollo logístico para la modernización de los centros de distribución además de la contratación de personal especializado para la administración de los mismos¹⁰.

⁸ COLOMBIA, BANCO DE LA REPUBLICA. Disponible en internet: <<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/apertura-economica>>

⁹ BOGOTÁ, CAMARA DE COMERCIO. Logística y distribución física internacional: clave en las operaciones de comercio exterior. Disponible en internet: <<http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/11675/100000048.pdf?sequence=1>>

¹⁰ MORA GARCIA, Luis Anibal. Gestión logística en centros de distribución y almacenes y bodegas, la aplicación de las mejores prácticas logísticas en el almacenamiento de clase mundial. Bogotá, 2009. p.1. Disponible en: <file:///C:/Users/1070970457/Downloads/LIBROG_2.pdf>

Figura 1. Modelo de costos logísticos



Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá

<http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/11675/100000048.pdf?sequence=1> (Consultado el 12 de septiembre de 2016)

1.2.3 Casos de Éxito. A continuación se presentan algunos casos de éxito en la implementación de TIC de carácter logístico que han generado grandes beneficios en las organizaciones donde se han implementado.

1.2.3.1 Grupo Derco – Chile. Fue fundado en Chile en el año 1959 y emplea de forma directa más de 3600 personas, con presencia internacional en países como Colombia, Perú y Bolivia, siendo el principal importador de vehículos, maquinaria y repuestos de Sudamérica comercializando más de 31 marcas relacionadas con el sector automotriz, cuenta además con alrededor de 400 puntos de contacto que funcionan como concesionarios, puntos de venta o de servicio, conformando así la mayor red de distribución de la región¹¹.

Dada la complejidad y crecimiento del sector de automotriz/autopartes las exigencias logísticas obligan a que las distribuidoras estén a la vanguardia de las mismas con la obligación de aprovechar las oportunidades del mercado, para ello el Grupo Derco realizó un detallado análisis de su red de distribución, del cual concluyó centralizar las operaciones en un Cedi de 28.000 m², por lo cual decidió implantar el WMS que ofrece Cerca Technology, con el objetivo de controlar todas las operaciones que allí se realizan. La implementación del WMS en el Cedi del Grupo Derco se realizó parcialmente y se iba avanzando a medida que se iba conociendo sobre la herramienta.

¹¹ DERCO. ¿Quiénes Somos? [Consultado el 12/09/2016]. Disponible en: <http://www.derco.cl/quienessomos/>

Esta herramienta impacto directamente la calidad del despacho estableciéndola en un 98,7%, porcentaje bastante alto para el tamaño de la operación sobre la cual se acoge, de la misma manera que estableció en 91% el indicado de pedidos perfectos, y un Fill rate de 99,3% además de un control del 99% sobre el inventario. Gracias a la adecuada implementación del WMS Derco convirtió su logística en una ventaja competitiva en el sector de la industria automotriz, donde maneja una diversidad de referencias que puede oscilar entre 65.000 y 70.000 SKU's, lo cual permite contextualizar la magnitud del negocio y lo que significa mejorar e impactar positivamente sus operaciones¹².

1.2.3.2 Dinnet – Perú. Es un operador logístico (3PL) desde 1986 que pertenece al grupo Sandoval que cuenta con más de 21 años de trayectoria, desarrollando soluciones logísticas en sectores de consumo masivo, minería, automotriz, bienes duraderos y retail¹³, actualmente cuentan con 18 operaciones logísticas de almacenamiento soportadas en más de 200.000 m² en 6 distintos centros de distribución con más de 1.000 personas, prestando servicios de almacenamiento, distribución, manejos de aduana y valor agregado para sus clientes.

Al ser un 3PL Dinnet debe estar a la vanguardia para la adquisición e implementación de tecnología de primer nivel para impulsar su expansión en la región, para ello Dinnet de la mano de NetLogistiK® decidió implementar el Sistema de Administración de Almacenes (WMS), el cual tenía como objetivo lograr completa visibilidad y trazabilidad del inventario en tiempo real, mejorar el proceso de picking, incrementar la productividad, entre otros, logrando como resultados contundentes incrementando el nivel de productividad realizando el 100% de los despachos sin tener incidencias de error, mejor calidad en el servicio, reducción de costos operativos del 50% para la ubicación de mercancía y del 30% para el surtido de pedidos, mayor rapidez en el proceso de recepción y de ubicación de mercancía, mayor eficiencia operativa en los diferentes procesos logísticos, mejoras que tienen como objetivo ayudar el crecimiento de sus clientes y del negocio. Según los resultados, Victor Cisneros, Gerente de Operaciones de Dinnet Perú afirmó que *“gracias a la implementación del WMS hoy se hacen las cosas de manera distinta: más eficientes, más efectivos y más eficaces”*¹⁴.

¹² Cerca Technology Casos de éxito Derco Chile. [Consultado el 12/09/2016]. Disponible en: http://cercatechnology.com/files/documents/caso_exito_derco_digital.pdf

¹³ DINET Logística Inteligente. Acerca de Nosotros. [Consultado el 12/09/2016]. Disponible en: <http://www.dinet.com.pe/nosotros-acerca.html>

¹⁴ NetLogistiK. Casos de Éxito Dinnet Perú. [Consultado el 22/08/2016]. Disponible en: <http://www.netlogistik.com/casosdeexito/dinet.pdf>

1.2.3.3 Copservir LTDA Cooperativa Multiactiva – Colombia. Es una de las mayores distribuidoras de medicamentos del país, ya que cuenta con más de 813 puntos de venta, con un portafolio de productos que van desde medicamentos tanto formulados como de venta libre, productos de cuidado personal, aseo, hogar, alimentos y bebidas. Para lo cual pensando en el crecimiento de la organización la gerencia tenía claro que debía buscar opciones que le permitieran tanto incrementar el número de puntos de venta, ampliar el portafolio de productos, optimizar sus procesos logísticos, para buscar una solución se aliaron con NetLogistiK® que es una organización especialista en soluciones logísticas y tras un complejo proceso de selección de soluciones Copservir LTDA decidió adquirir Vocollect®, la cual es una tecnología de voz que permite a los operarios de un Cedi llevar a cabo sus actividades de trabajo a través del reconocimiento de voz en los distintos procesos como picking, despacho, almacenamiento, recibo, reabastecimiento, transferencias entre otras, interactuando así con el ERP o el WMS de la compañía.

El sistema Vocollect® traduce las tareas generadas por el sistema a ordenes habladas, las cuales el operario escucha a través de auriculares de reconocimiento por voz y la respuesta por parte del operario se traduce en datos digitales lo cual forma un dialogo en tiempo real entre el trabajador y el WMS¹⁵.

Copservir LTDA eligió Vocollect® porque se caracteriza por ofrecer rápidos retornos de inversión y de muy fácil vinculación con el ERP o WMS de la compañía. Su implantación se dio inicialmente en el Cedi ubicado en Barranquilla, posteriormente se procedió con los Cedis de Bogotá, Bucaramanga y Cali).

Una vez implementado y adecuado el sistema Vocollect® Copservir LTDA logro incrementar la productividad en un 30%, reducir los errores de surtido en 25%, incrementar en un 20% el número de despachos realizados a puntos de venta, disminuir de 3 a 1 hora extra diaria por trabajador, reducción del uso de papel entre otros beneficios que se resumen en la siguiente frase realizada por Mauricio Aragón jefe de logística del Cedi Bogotá *“Si pudiera describir en una palabra el logro obtenido con este proyecto sería fácil: Productividad”*¹⁶.

¹⁵ Cerca Technology. Voice Technology. [Consultado el 22/08/2016] Disponible en: <http://cercatechnology.com/servicios-y-soluciones-software-wms/soluciones-hardware/tecnologia-de-voz/>

¹⁶ NetLogistiK. Casos de Éxito Copservir LTDA Cooperativa Multiactiva. [Consultado el 22/08/2016] Disponible en: <http://www.netlogistik.com/casosdeexito/copservir.pdf>

1.3 MARCO CONCEPTUAL

El siguiente marco está compuesto por diversos conceptos que están acompañados por distintas definiciones de autores o entidades referentes por su experiencia y conocimiento del tema de investigación y los cuales son necesarios para el entendimiento y desarrollo del presente trabajo de investigación.

1.3.1 Red de valor. Este es un término de gran importancia para el entendimiento del proyecto, por lo cual la red de valor se entiende como el conjunto de actividades que se desarrollan desde la extracción de la materia prima a la cual se añade valor mediante la compra, transformación, adecuación y distribución de bienes hasta el consumidor final que implica no solo al fabricante y al proveedor sino también otros actuantes como transportadores, almacenes, vendedores y el cliente dentro de los cuales se presentan flujos de información, materiales, energía y relaciones de beneficio entre la empresa focal, el cliente y los proveedores concibiendo la alineación de sus procesos de manera cíclica, de allí se desprende un concepto muy importante que es el foco de la presente investigación y es la logística.

1.3.2 Logística. La cual se concibe como el proceso de administrar y controlar el flujo de productos e información desde el punto de origen hasta un punto de consumo asegurando que no se presente desabastecimiento a través de la red de valor, supliendo la necesidad de los clientes con la máxima eficiencia, dentro de la logística se estructuran distintos eslabones que intervienen en la red de valor, tales como proveedores, empresa focal, centros de distribución y clientes, allí se hará énfasis en los centros de distribución.

1.3.3 CEDI (Centros de Distribución). Es la instalación o infraestructura destinada para almacenar y manipular productos que tiene como objetivo mitigar los desequilibrios que se presentan entre la oferta y la demanda, además de gestionar actividades logísticas que incorporan valor al producto como maquila, etiquetado entre otras, allí confluyen procesos de recibo, almacenamiento, acopio y despacho de mercancía, procesos sobre los cuales se entre más al detalle en el capítulo 4, sin embargo como factor importante de la investigación se contempla el proceso de despacho y, adicionalmente las TIC que se utilizan para la optimización de los procesos anteriormente nombrados.

1.3.4 Despacho de mercancía. Es la salida de productos terminados por parte del centro de distribución mediante un vehículo de carga hacia los clientes, y se caracteriza por ser la última actividad realizada en los centros de distribución.

1.3.5 TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación). Las Tecnologías para la información y la comunicación más conocidas como TIC son el conjunto de tecnologías que apoyan la gestión de la información respondiendo a la necesidad de conectividad, manejo en tiempo real y confiabilidad de la información, algunas de ellas son el ERP, WMS, TMS entre otras.

1.3.6 WMS (Warehouse Management System). Teniendo en cuenta las anteriores definiciones se considera que el WMS es el cerebro de un centro de distribución, ya que gestiona todo el personal operativo, controla todos los movimientos en el espacio físico donde se desarrollen las operaciones logísticas, impactando positivamente la toma de inventarios para las organizaciones proporcionando visibilidad y facilidad para la toma de decisiones del centro de distribución.

1.3.7 Operador Logístico. El Centro Español de Logística (CEL) lo define como la empresa que lleva a cabo la planificación, implantación y el control de manera eficiente del flujo físico a través de la cadena de suministro, prestando servicios e información asociados al mismo desde el punto de origen hasta el punto de consumo y con el objeto de satisfacer los requerimientos del cliente¹⁷.

Una definición que empleo la Asociación Empresarial de Operadores Logísticos de España (Anadif) junto con Deloitte en un estudio acerca del outsourcing estipula que un operador logístico es aquella empresa que por encargo de su cliente diseña los procesos o varias fases de su cadena de suministro y organiza, gestiona y controla dichas operaciones respondiendo directamente ante su cliente con infraestructuras físicas, tecnológicas propias o tercerizadas¹⁸.

Un operador logístico es una organización especializada en suplir necesidades de la cadena de suministro de su cliente, las cuales funcionan como aliados estratégicos ejecutando, controlando o gestionando actividades encargadas con infraestructura, tecnologías y sistemas de información que permiten cumplir al cliente.

¹⁷ Zona Logística. ¿Qué es un operador logístico? [Consultado el 08/09/2016]. Disponible en: http://www.zonalogistica.com/articulos-especializados/que-es-un-operador-logistico/#_ftn1

¹⁸ Ibíd.

1.3.8 Optimización. Andreas Novy define la optimización como la ponderación entre distintas posibilidades y seleccionar entre las mismas la mejor opción. También infiere que la optimización es minimizar sucesos o variables que no están a favor o como la maximización de las variables que están a favor o representan algo bueno¹⁹.

El concepto de optimización es desarrollar mediante programación o simulación matemática métodos analíticos y numéricos que permitan identificar la mejor opción entre distintas posibilidades con el fin de obtener los mejores resultados, es decir llegar a realizar lo mismo con menos recursos o hacer más con los mismos recursos.²⁰

Optimizar es llegar a la racionalización de recursos u obtención de mayores beneficios por medio de distintos métodos de análisis y conocimiento pleno de las operaciones.

1.4 MARCO TEÓRICO

Dentro de este marco teórico se exponen las teorías de referencia sobre las cuales se basa el presente trabajo de investigación, y conforman el soporte teórico para el diseño del modelo de optimización del proceso de despacho para los centros de distribución ubicados en Cundinamarca.

1.4.1 Tipo de investigación. En el transcurso y desarrollo de la investigación es importante definir dentro de los distintos tipos de investigación donde se puede catalogar el presente proyecto, es por ello que en un artículo Colciencias define que tradicionalmente se presentan tres tipos de investigación, que son:

1.4.1.1 Investigación científica Se subdivide en tres categorías

- **Investigación básica.** Que son trabajos experimentales o teóricos que se realizan para obtener nuevos conocimientos sin darles ninguna aplicación.
- **Investigación aplicada.** Son trabajos que se van dirigidos hacia un objetivo práctico específico.

¹⁹ NOVY, Andreas. Economía política internacional Con ejemplos de América Latina. Universidad de Economía de Viena. (2012).

²⁰ ZULUAGA, Antonio. Introducción a la optimización matemática. Universidad Tecnológica de Pereira. (2011).

- **Desarrollo experimental.** Trabajos sistemáticos que van dirigidos a la producción de nuevos materiales o productos, la puesta en marcha de nuevos procesos o la mejora sustancial de los ya existentes.

1.4.1.2 Desarrollo tecnológico. Es la aplicación de los resultados de la investigación para la fabricación de nuevos materiales, productos, diseño de nuevos procesos, sistemas de producción o prestación de servicios. Esta actividad incluirá la materialización de los resultados de la investigación en un plano, esquema o diseño, además la creación de prototipos siempre que los mismos no se comercialicen.

1.4.1.3 Innovación. Es la introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto, proceso, método, o lugar de trabajo, existen tres tipos de innovación y son los siguientes.

- **Innovación de producto.** Introducción de un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado. Estas mejoras pueden ser de especificaciones técnicas, componentes, materiales, software incorporado, facilidad de uso entre otras.
- **Innovación de proceso.** Implementación de un método de producción o de entrega, nuevo o significativamente mejorado.
- **Innovación organizacional.** Implementación de un nuevo método de las prácticas de negocio de la empresa.²¹

El presente proyecto es una innovación de proceso, ya que el modelo permite optimizar el proceso de despacho de mercancía, adaptando e integrando los elementos y variables que intervengan en el despacho de mercancía para los centros de distribución.

1.4.2 Operadores logísticos. Dentro de la logística hay organizaciones que se dedican a prestar servicios dentro de la cadena de suministros, los cuales según la Organización Empresarial de Operadores Logísticos en España se definen como aquella empresa que por encargo de su cliente, diseña los procesos de una o varias fases de la cadena de suministro (aprovisionamiento, almacenaje, transporte,

²¹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN COLCIENCIAS. Tipología de proyectos de carácter científico, tecnológico e innovación. (2011). p. 4-5.

distribución e incluso ciertas actividades de su proceso productivo), organiza, gestiona y controla dichas operaciones mediante infraestructuras físicas, tecnología, sistemas de información, entre otros. Dentro de los operadores logísticos existen cuatro niveles que los distinguen según el servicio que presten y son los siguientes²²

1.4.2.1 First Party Logistics (1PL). En este tipo de operador logístico, la empresa se encarga de realizar las operaciones logísticas internas, de invertir en las instalaciones, almacenamiento, y el único servicio que subcontratan es el transporte²³. Es considerado como un primer paso para subcontratar actividades consideradas de apoyo para el negocio, el transporte es uno de los servicios más representativos para tercerizar, debido a las ventajas que trae como la disminución de costos, mantenimientos y seguros²⁴.

1.4.2.2 Second Party Logistics (2PL). En esta etapa se encuentran los operadores logísticos encargados de prestar el servicio logístico de transporte y almacenaje de mercancías. La mayoría de empresas que no tienen su core de negocio en logística trabajan con este tipo de operadores logísticos, debido a que no incurren en sobrecostos, sin embargo, las pequeñas empresas suelen trabajar con intermediarios de mayor envergadura, ya que el volumen y el poder de compra en el mercado es más bajo, como los 3PLs, 4PLs²⁵. Para este tipo de operadores logísticos se tienen aspectos relevantes tales como: el operador logístico es considerado un aliado importante para la empresa, debido a que permite tener una reducción de costos logísticos, y se tiene en cuenta el concepto de economías a escala, puesto que al transportar mayores volúmenes se reduce el costo unitario de transporte al ofrecer el servicio de transporte y el servicio de almacenamiento combinado logran repercutir en el flujo de materiales de la organización, y por ende generará una mejora en la cadena de suministro.

²² MEJIA, Fabian. ¿Cómo escoger un operador logístico? Disponible en internet: <<http://www.icesi.edu.co/icecomex/images/Como%20escoger%20un%20Operador%20Logistico.pdf>>.

²³ [Anónimo] Los 4 principales tipos de PL's y sus características | QuimiNet.com. [Consultado el 2/15/2016]. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/los-4-principales-tipos-de-pls-y-sus-caracteristicas-50809.htm>

²⁴ [Anónimo] CIBELES Logistics BLOG: TIPOS DE OPERADORES LOGISTICOS. [Consultado el 2/15/2016]. Disponible en: <http://cibeleslogistics.blogspot.com.co/2013/07/tipos-de-operadores-logisticos.html>

²⁵ GOLDSBY, Thomas J.; IYENGAR, Deepak; RAO, Shashank. Council of Supply Chain Management Professionals,.,. The Definitive Guide to Transportation : Principles, Strategies, and Decisions for the Effective Flow of Goods and Services. 2014.

1.4.2.3 Third party Logistics (3PL). Básicamente un proveedor 3PL puede definirse como un proveedor encargado de apoyar todas o parte de las funciones de logística de la empresa, tales como el almacenaje, la gestión de inventarios, preparación de pedidos y el transporte de las mercancías.

Al tener un proveedor 3PL la empresa puede recibir apoyo por parte del proveedor, quien garantiza la personalización de sus servicios, por medio de la búsqueda de soluciones logísticas adaptadas a la organización.

Según el Council por medio del 3PL, se acreditan factores importantes, el primer factor tiene que ver con la importancia estratégica de la logística. A través de iniciativas estratégicas tales como, sistemas de inventario justo a tiempo y respuestas más eficientes al consumidor, ofrecen de esta manera, los proveedores de servicios un portafolio más amplio de servicios²⁶.

Otro factor que ha influido el crecimiento de las 3PLS ha sido el aumento de la competencia y la globalización en el siglo XXI, con lo que se han presentado cadenas de suministro más largas y más complejas que, a su vez, han creado una necesidad urgente para mejorar la logística a nivel mundial.

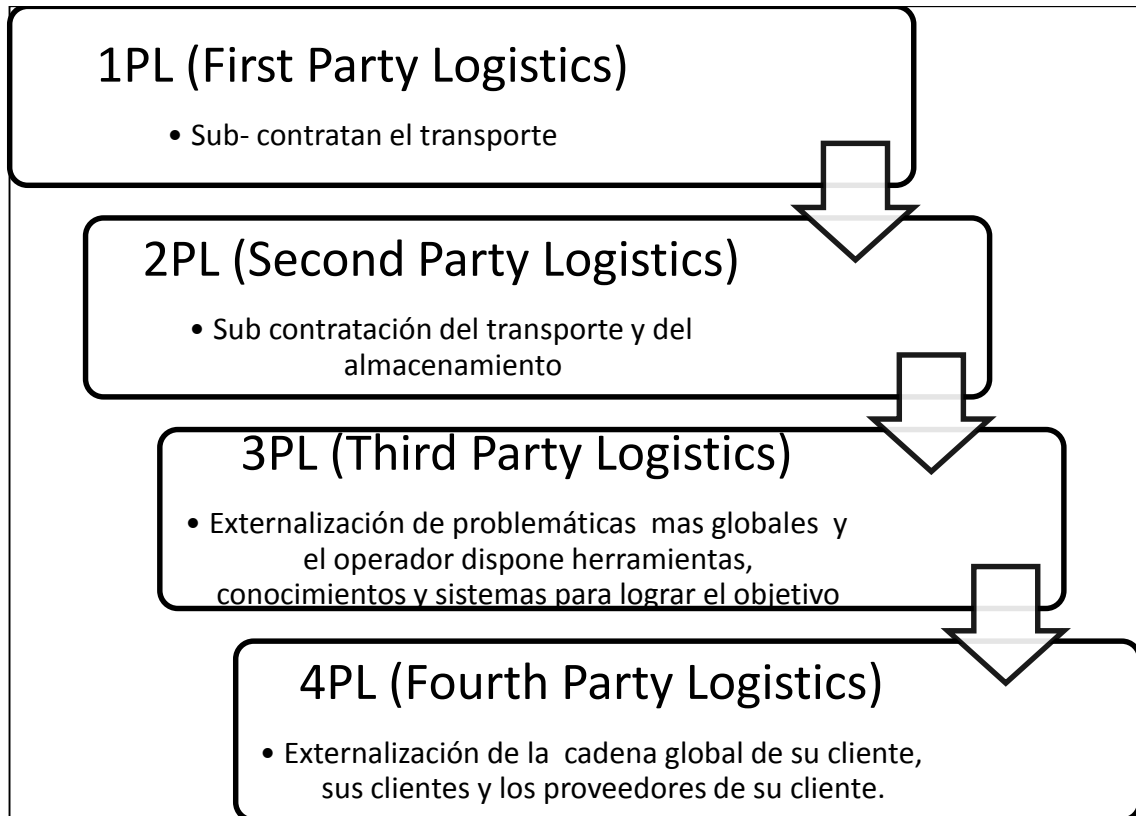
1.4.2.4 Fourth Party Logistics (4PL). El crecimiento en el mercado de los 3PL en diferentes áreas geográficas ha generado que las empresas tengan relaciones con diferentes 3pls al mismo tiempo, lo cual ha generado la aparición de un nuevo intermediario de transporte, conocido como proveedor integrador, el cual presta un servicio de gestión logística, encargándose de gestionar múltiples 3PLs.

En general un 4PLs, es el encargado de gestionar las diferentes etapas de la cadena de suministro, incluyendo a los clientes y a los proveedores. Según la revista Dinero, en la publicación La Tercerización Logística los 4PL, integran otro operador 3PL, 2PL y 1PL, son generalmente transaccionales con respaldo financiero, los cuales se integran a través de cuentas corporativas y acuerdos globales de cadena de abastecimiento, convirtiéndose en socios estratégicos y asumiendo riesgos operativos²⁷.

²⁶ Ibid., p.67

²⁷ Ibid., p.70

Figura 2. Clasificación de operadores logísticos



1.4.3 TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación). La cadena de suministro se ha visto influenciada positivamente por las TIC las cuales según Gunasekaran se han intensificado gracias a la aplicabilidad en los procesos logísticos²⁸, siendo de gran impacto en la cadena de suministro teniendo en cuenta la complejidad de la misma, además de que las TIC en la logística conllevan a la reducción de costos y a la mejora del flujo de bienes Cachon y Fisher²⁹, sus objetivos principales dentro de la SCM es proporcionar información certera, fiable y visible, facilitar la toma de decisiones basadas toda la cadena de suministro, permitir la colaboración e integración de la cadena de suministro³⁰, es por ello que es de gran importancia la elección, aplicación e implementación apropiada de las TIC para los procesos logísticos.

²⁸ GUNASEKARAN.Op. cit p. 549-564

²⁹ CACHON, G. y FISHER, M. Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information. Administración de inventarios en la cadena de valor y la valoración de la información compartida. Vol 46. No. 8. (2004) p. 1032-1048.

³⁰ SHIMICHI, L. y KAMINSKY, P. Designing and Managing the Supply. Diseñando y Administrando el Suministro. McGraw- Hill. (2003).

En el Cuadro 1., se asocian las principales tecnologías de la información y la comunicación que los centros de distribución pueden implementar según sus necesidades.

Cuadro 1. TIC aplicadas a la logística interna de las organizaciones

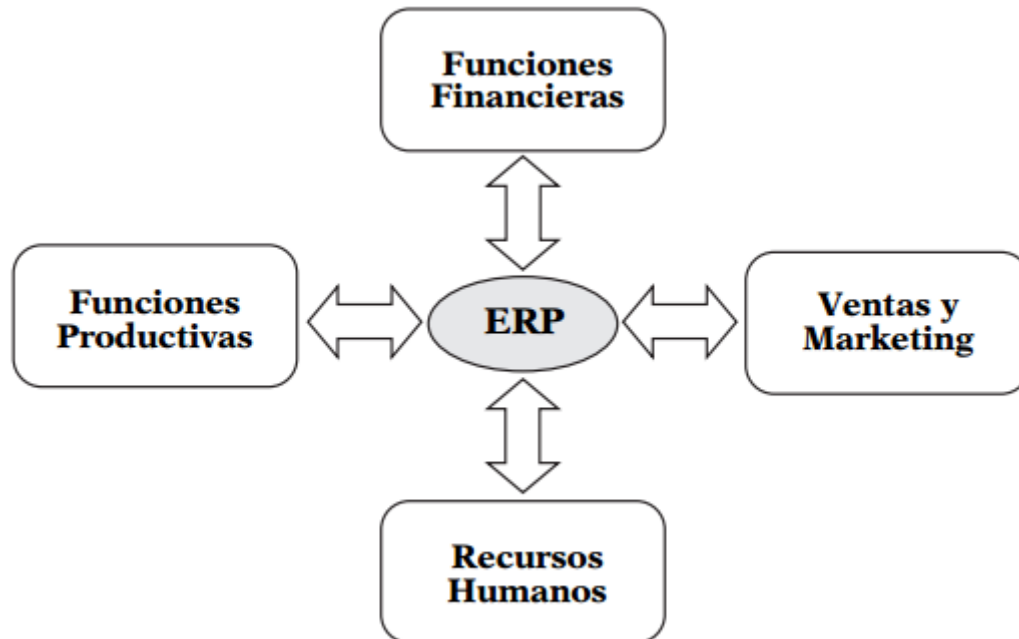
LOGÍSTICA DE INTERNA/ PRODUCCIÓN			
EMPRESA EN GENERAL	ALMACENAMIENTO	PRODUCCIÓN	PICKING
ERP (Enterprise Resource Planning)	WMS (Warehouse Management System)	MRF	EPC(Electronic Product Code)
		MRP	PICKING TO LIGHT
	LMS(Labor Management System)	MRP II	PICKING TC VOICE
	CÓDIGO DE BARRAS		CÓDIGO DE BARRAS
	RFIC		RFIC

Fuente: Correa, Alexander. 2009. Tecnologías de la información en la cadena de suministro. 2008. p 2. (Consultado el 03 de septiembre de 2016)

1.4.3.1 ERP (Enterprise Resource Planning). Es el sistema que permite planificar los recursos disponibles de la organización³¹ el cual automatiza los procesos de la gestión de la cadena de suministros, facilitando la toma de decisiones, reducción de costos y obtener un mejor control sobre el negocio. Tiene aplicaciones a nivel financiero, de recursos humanos, ventas/compras/SCM, gestión de proyectos, gestión de almacenes, entre otras (Figura 3).

³¹ BERENGUER, J. y RAMOS, J. Negocios Digitales. Competir utilizando Tecnologías de Información. Universidad de Navarra. 2003. [Consultado el 03/09/2016].

Figura 3. Representación de un ERP



Fuente: Chen. Analysis and Future Trend. Business Process Management Journal. 2001. p. 374. (Consultado el 03 de septiembre de 2016)

Los ERP se caracterizan por lo siguiente.

- **Genéricos.** Puede ser empleado por cualquier tipo de empresa, sin importar su razón social o particularidades.
- **Pre-parametrizados.** Antes de su implementación es adaptado al sector y a la necesidad de la empresa contratante.
- **Individualizados o a la medida.** Se puede personalizar según los requerimientos de la compañía contratante³².

Es decir que ofrecen flexibilidad y gran capacidad de respuesta que se adecua al sector, mercado y necesidad de las organizaciones. Los mayores proveedores de sistemas ERP son SAP, Oracle, Microsoft, Softland y Calipso.

³² AECA (Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas. Sistemas de Información Integrados (ERP). 2008. p. 19-24. ISBN 9788496648111. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: <http://www.elmostrador.cl/media/2015/05/nt6.pdf>

La principal ventaja de los ERP es que utilizan una única base de datos lo cual facilita la comunicación e intercambio³³ de información entre los distintos departamentos de las organizaciones.

1.4.3.2 WMS (Warehouse Management System). El sistema de gestión de almacenes o warehouse management system es un software que administra los recursos que involucra la operación de un centro de distribución, proporcionando visibilidad, trazabilidad, control en tiempo real de las distintas tareas que se desarrollen. En la Figura 4., se pueden observar los distintos procesos que el WMS impacta en un centro de distribución.

Figura 4. WMS



Fuente: TRADEFAX. Disponible en: www.tradefax.net (Consultado el 03 de septiembre de 2016)

El WMS se ha vuelto mucho más atractivo dado que incorpora componentes como velocidad de respuesta, formalidad, flexibilidad y sensibilidad, los cuales son factores determinantes en la logística de las organizaciones.

Una característica con la que debe contar un WMS es su capacidad de integración con otros sistemas como ERP, RFID, Código de barras, entre otras. Un WMS es un sistema que permite controlar el Cedi ofreciendo las siguientes permisiones que aportan a la facilidad del flujo en las operaciones del Cedi.

³³ CORREA, Alexander y GÓMEZ, Montoya. Tecnología de la información en la cadena de suministro. 2008. [Consultado el 03/09/2016].

Cuadro 2. Permisiones mínimas de un WMS

1. Sistema Avanzado localizador de Ubicaciones

- 2. Cola Dinámica

3. Optimización de Ubicaciones

- 4. WorkFlow de un deposito configurable

5. Configuración de Certificación del empleado

- 6. Rendimiento Laboral & Normas estructuradas

7. Historial de Transacciones

- 8. Retiro / Recall y Trazabilidad

9. Definición del Equipo de depósito

- **Sistema avanzado localizador de ubicaciones.** Establece reglas y parámetros que conllevan una codificación que va de acuerdo con el área, la zona, la estantería, el nivel, el módulo, y demás restricciones para localizar una ubicación dentro de un Cedi con el objetivo de evitar duplicidad y errores.
- **Cola Dinámica.** El trabajo operativo en recogidas, embalaje, despacho, recepción, almacenamiento y de más se convierten en tareas que son asignadas automáticamente por el sistema al personal del Cedi.
- **Optimización de Ubicaciones.** Surge el término de slotting que hace referencia a ubicar de manera inteligente un producto, con el objetivo de disminuir los tiempos de acopio y minimizar recorridos optimizando recursos del Cedi.
- **WorkFlow de un depósito configurable.** Establece un flujo de tareas que se desarrolla de acuerdo con la necesidad de la operación, garantizando la satisfacción del cliente.

- **Configuración de certificación del empleado.** Cuando los empleados reciben capacitaciones en tareas especializadas permite desarrollar escenarios de prueba para evaluar a los mismos.
- **Rendimiento laboral y normas estructuradas.** Permite medir a los trabajadores mediante la generación de informes laborales, permite estipular productividad e incentivos para los trabajadores.
- **Historial de transacciones.** Registra cada tarea del trabajador por lo cual es posible identificar los errores que en el proceso se presenten, arrojando alertas al personal a cargo, permite que los supervisores tengan un control más efectivo de los supervisores hacia sus operarios.
- **Retiro / Recall y Trazabilidad.** Permite realizar una recuperación del producto gracias a que todas las transacciones que se hagan de un producto quedan registradas en la base de datos del sistema.
- **Definición de Equipo de Depósito.** Hace referencia a que el Cedi puede presentar restricciones físicas, por ejemplo, un pasillo muy angosto donde no pueda pasar una montacarga no le va a asignar tareas allí, permite dirigir los recursos hacia los trabajos indicados.

1.4.3.3 LMS (Labor Management System). Permite planificar, seguir, medir, monitorear y reportar las actividades de trabajo dentro del Cedi, es decir proporciona un panorama global del trabajador durante la jornada de trabajo, permitiendo así estandarizar las actividades de cada operación, mayor eficiencia y la determinación de acciones para incrementar la productividad de los trabajadores³⁴.

El LMS aporta un sin número de beneficios enfocados a medir de mejor manera al trabajador, por lo cual potencializa el rendimiento del mismo proporcionando principalmente los beneficios contemplados en el Cuadro 3. Ya que se podrá realizar seguimiento al trabajador, grupos de trabajadores o nivel de tareas, lo cual permite hallar las acciones innecesarias del proceso, las cuales se eliminarán, logrando determina los estándares óptimos para la operación³⁵.

³⁴ Cerca Technology. Artículos Especializados. LMS.

³⁵ *Ibíd.* p 2.

Cuadro 3. Beneficios del LMS



1.4.3.4 Código de barras. Este desarrollo permite capturar la información relacionada con la identificación de la referencia en unidades logísticas, además de la localización de manera confiable y asertiva en cualquier punto de la red de valor³⁶, para que este método sea efectivo se debe procurar que todos los eslabones de la red de valor lo unifiquen y estandaricen, de lo contrario no generará mayor impacto para la organización. Es decir que la verdadera eficiencia del código de barras se produce cuando todos los actores de una red de valor unifican la codificación del producto, ya que se trabaja bajo la misma información, en la Figura 5. Se exponen algunos beneficios y desventajas de la utilización de los códigos de barras.

³⁶ GS1 COLOMBIA. Código de Barras. (2008). Disponible en Internet: <http://www.gs1co.org/Respuestas/verContenido3.aspx?contenido=codigo_barras>

Figura 5. Ventajas y desventajas de los códigos de barras



Fuente: Correa, Alexander. 2009. Tecnologías de la información en la cadena de suministro. 2008. p 4. (Consultado el 03 de septiembre de 2016)

Existen gran variedad de estándares de identificación mediante el uso de los códigos de barras, los cuales han surgido de la necesidad de estandarizar e intercambiar de manera segura y eficiente información referente a bienes y servicios³⁷, bajo el pseudónimo de Global Trade Item Number (GTIN) se estipulan inicialmente dos subdivisiones las cuales se enuncian a continuación.

- **Unidades de consumo.** GS1 lo define como todo aquel producto o servicio sobre el cual existe una necesidad y por lo tanto es prioridad obtener información del mismo, adicionalmente se le puede fijar un precio, el cual se deberá facturar en cualquier punto de la cadena de abastecimiento³⁸, dentro de los cuales se encuentran los siguientes.

³⁷ GS1. Estándares de identificación. Código de barras. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: http://gs1mexico.org/site/wp-content/uploads/2012/06/CUADERNILLO-CODIGO-DE-BARRAS-2.2_1.pdf

³⁸ *Ibíd.*, p.5-7.

Figura 6. GTIN-13



Fuente: GS1. Disponible en:

<http://www.gs1co.org/Respuestas/verContenido3.aspx>
(Consultado el 03 de septiembre de 2016)

Figura 7. GTIN-12



Fuente: GS1. Disponible en:

<http://www.gs1co.org/Respuestas/verContenido3.aspx>
(Consultado el 03 de septiembre de 2016)

Figura 8. GTIN-8

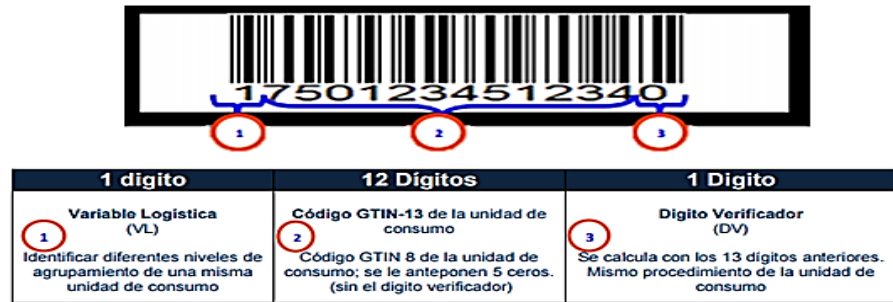


Fuente: GS1. Disponible en:

<http://www.gs1co.org/Respuestas/verContenido3.aspx>
(Consultado el 03 de septiembre de 2016)

- **Unidades de expedición.** Considera la identificación y codificación de cajas, corrugados y pallets, a las cuales se conoce como unidades de expedición, se utiliza para almacenar y distribuir mercancía de manera fácil y organizada en un centro de distribución³⁹.

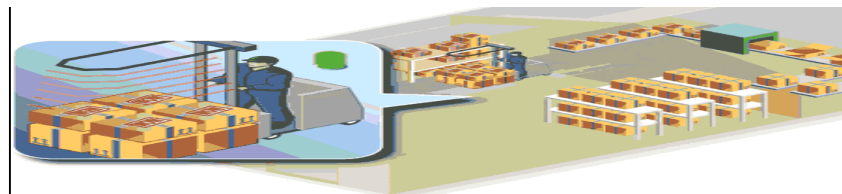
Figura 9. GTIN-14



Fuente: GS1. Disponible en: (Consultado el 03 de septiembre de 2016)

1.4.3.5 RFID (Radio Frequency Identification). Es la denotación genérica de todas las tecnologías que usan ondas de radio en la identificación de artículos sin necesidad de contacto, lo que se requiere es una etiqueta que tiene un microchip denominado TAG en el cual se almacenan características del producto y emite señales de radio a los dispositivos considerados lectores, los cuales identifican inequívocamente mediante una antena de radio uno o varios productos, proporcionando grandes beneficios en comparación a los código de barras ya que pueden ser leídos masivamente sin necesidad de contacto conllevando a prácticamente la eliminación de errores aunque la implementación de este sistema conlleva altos costos⁴⁰.

Figura 10. Ejemplo de uso de RFID



Fuente: DIPOLE. Disponible en: <http://www.dipolerfid.es/>
 (Consultado el 10 de septiembre de 2016)

³⁹ *Ibíd.*, p.16.

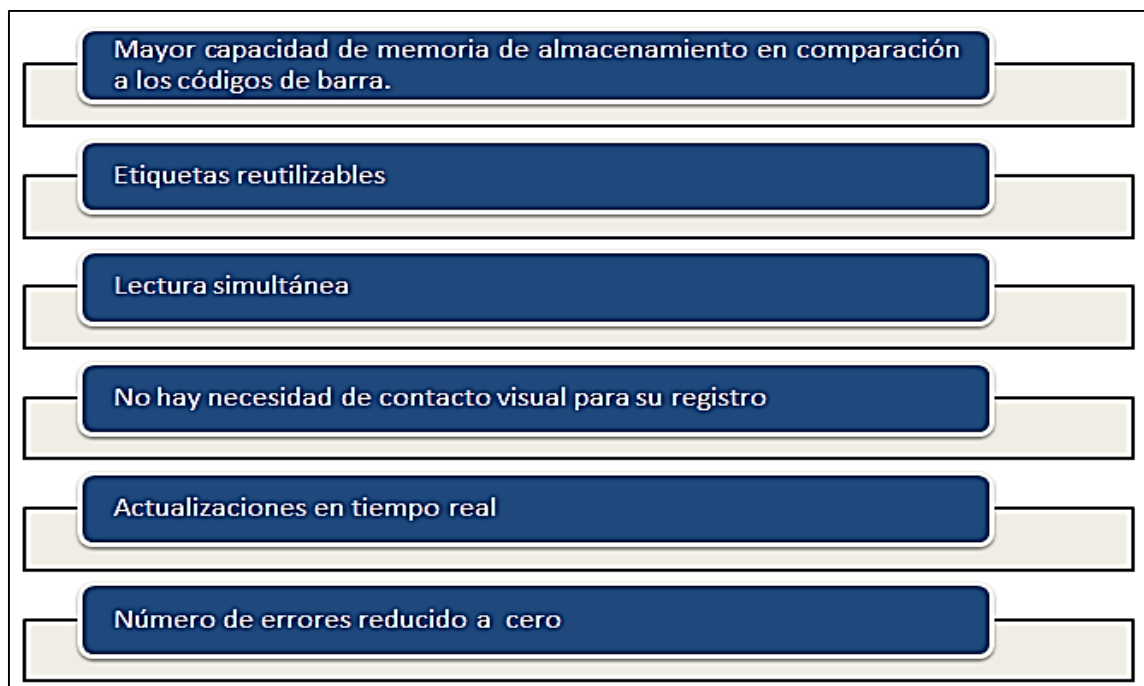
⁴⁰ CORREA, A. y GÓMEZ, R. *Op.cit.*, p. 43. (Consultado el 03 de septiembre de 2016)

En la Figura 10., se observa un ejemplo del uso de tecnologías RFID, allí hay productos embalados en cajas los cuales tienen TAG's, un operador toma un número de productos los cuales pasa por un lector de RFID, el cual almacena la información que los TAG's contengan.

Este ejemplo permite imaginar la cantidad de usos y beneficios aplicativos de la tecnología RFID para un Cedi, los cuales se enumeran en el cuadro 6, sin embargo una gran desventaja del RFID son los altos costos de implantación del mismo, lo cual hace que en la industria en Colombia no se implemente masivamente, por lo cual no impacta de gran manera la competitividad de las organizaciones y las redes de valor⁴¹, sin embargo actualmente se posiciona como la tecnología más utilizada en el mundo de las operaciones logísticas⁴².

El sistema RFID está diseñado para integrarse con los ERP, WMS, TMS o cualquier otro tipo de Sistemas de Información.

Cuadro 4. Ventajas de la tecnología RFID



Fuente: CORREA ESPINAL, Alexander; & GÓMEZ MONTOYA Andrés.
(Consultado el 10 de 2016)

⁴¹ MAULEÓN, MIKEL. Sistema de Almacenaje y Picking. [Consultado el 10/09/2016].

⁴² RFID Controls. Tecnología RFID en la industria de transporte y logística. [Consultado el 10/09/2016]

2. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE DESPACHO

De las distintas operaciones que se desarrollan en un Cedi la preparación de pedidos y el despacho son considerados como críticos, ya que son las que impactan directamente la promesa de servicio del cliente⁴³ y representan alrededor del 70% de los costos logísticos del Cedi⁴⁴. El autor de la presente investigación define el proceso de despacho de mercancía como la salida de productos terminados por parte del centro de distribución mediante un vehículo de carga hacia los clientes, y se caracteriza por ser la última actividad realizada en los centros de distribución, apoyándose en conceptos de referentes logísticos Aníbal Mora quien además afirma que este proceso es de los que más incurre en costos por la intensa cantidad de personal y recursos que requiere para llevar a cabo esa labor⁴⁵.

2.1 FUNCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROCESO DE DESPACHO

Ya que el proceso de despacho de mercancía es considerado como el último proceso de validación y control de existencias debe realizarse bajo unos criterios de calidad y buenas prácticas con el propósito de cumplirle al transportador y al cliente final, las condiciones para tener en cuenta son las siguientes.

- Enviar las referencias y productos correctos.
- Cumplir con la promesa de entrega tanto al transportador como al cliente final.
- Exactitud en las cantidades relacionadas en el despacho físico y la lista de cargue o de ordenamiento.
- Documentación completa.
- Asegurar la entrega de productos de la mejor calidad al transportador.
- Servir de control en la consistencia de los inventarios del Cedi.

⁴³ MIN, Hokey. Application of a decision support system to strategic warehousing decisions. Disponible en: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. March 2009. p. 270-281.

⁴⁴ FRAZELLE, Edward. Supply chain strategy: the logistics of supply chain management. McGraw-Hill Professional. 2002. p.10.

⁴⁵ MORA. Op.cit, p. 114-116.

- Asegurar el despacho efectivo y fluido de vehículos, para evitar errores de enviar mercancías trocadas, acumular los muelles de embarque entre otros.

2.2 ACTIVIDADES DEL DESPACHO DE MERCANCÍAS

El proceso de despacho se considera como la culminación o el último cuarto de milla que se lleva a cabo en la operación de los Cedi, este a su vez se compone de actividades o subprocesos los cuales se describen a continuación:

2.2.1 Preparación de pedidos. El proceso de preparación de pedidos se desarrolla después de que la mercancía se ha acopiado y llevado a una zona de preparación o packing, la cual se va a dividir en dos sub-procesos que son.

2.2.2 Selección y Agrupación. Este subproceso se desarrolla según el flujo de operaciones que estipule la organización, ya que puede que sea o no necesario, allí se realiza un nuevo picking que va a permitir agrupar los productos para el cliente para que posteriormente sean consolidados en unidades de empaque como cajas, además se realizan las marcaciones que sean pertinentes a cada envío, por ejemplo el destino, el nombre o dirección del cliente, alguna restricción o simplemente algún tipo de acondicionamiento o re etiquetado del producto o envío.

- **Empaque de mercancías.** Básicamente es la consolidación de los productos en los tipos de empaque que maneje el Cedi, también va a depender de las características del producto.

2.2.3 Embalaje de mercancía. Según el tipo de mercancía, el destino de la misma, el vehículo e incluso el cliente se van a realizar actividades de acondicionamiento al producto con el objetivo ya sea de contener, conservar, proteger, facilitar o brindar algún tipo de beneficio al cliente⁴⁶.

- **Paletizado, sellado y marcación.** Consiste en consolidar o agrupar el producto en empaques como displays, cajas o empaque primarios, pasando posteriormente a un empaque secundario con el objetivo de obtener cargas unitarias para que el transportador pueda manipular más fácilmente la mercancía, reduciendo considerablemente la posibilidad de que el producto se averíe, también en algunos casos se marca la mercancía informando el destino, esto para efectos de cargue del vehículo.

⁴⁶ Almex. Empaque, Embalaje y Paletización de Mercancía

2.2.4 Programación del transporte. Es el proceso que implica la elaboración de los ordenamientos y remisiones de los vehículos, el cual se subdivide de la siguiente forma.

- **Elaboración de remisiones de transporte.** Es el proceso que implica elaborar un documento consolidado que va a informar al transportador los productos y cantidades que le van a ser cargados, además de especificar el destino, en algunos casos también se registran los pesos y volúmenes de los mismos.

2.2.5 Validación del despacho. Es la última verificación que se le realiza a la carga.

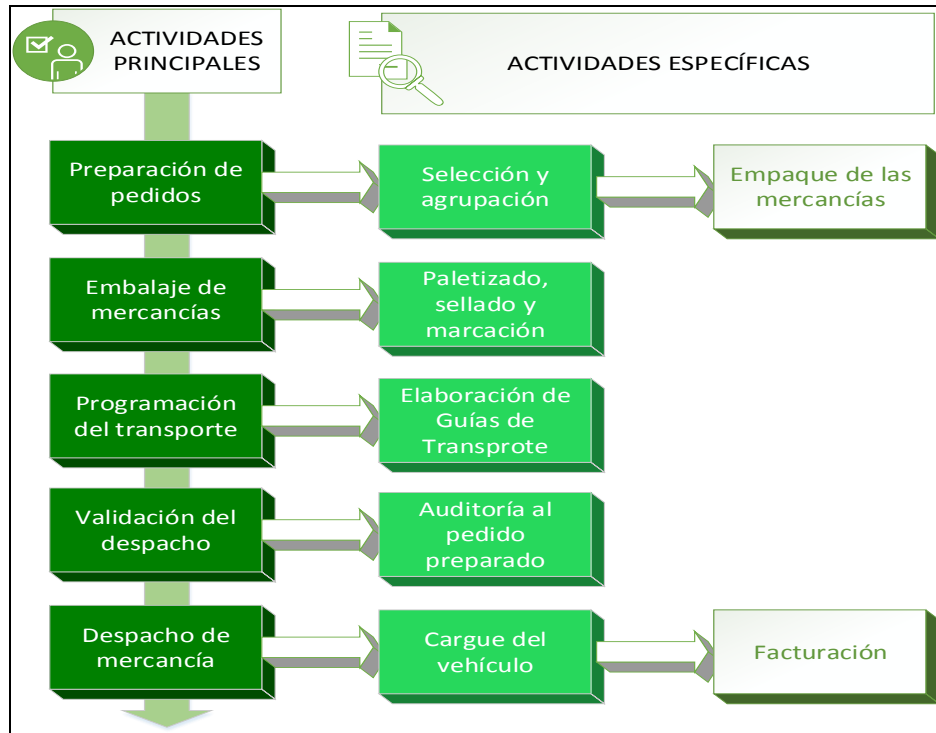
- **Auditoría al pedido despachado.** Según el flujo de la operación de un Cedi puede ser el último control que se realiza a una carga, en la cual se verifican los productos, las cantidades, la calidad del producto, es decir que no presente daños para evitar entregar no conformidades al cliente y dado el caso que sea importación que tenga la declaración de importación y demás requisitos que exija el cliente.

2.2.6 Despacho de mercancía. Es el proceso en el cual el trabajador le entrega físicamente la mercancía al transportador.

- **Cargue del vehículo.** Es la entrega formal de mercancía por parte del Cedi al transportador que va a realizar la distribución, allí el trabajador en representación del Cedi valida físicamente con el transportador, el cual va cargando físicamente ya sea con ayuda de una cuadrilla de carga, con personal y recursos del Cedi o con recursos propios, según lo estipulado por cada organización.

2.2.6.1 Facturación: Una vez finalizado el proceso de carga del vehículo se procede a generar la factura de venta de la mercancía que lleva el vehículo, las cuales una vez generadas se le deben entregar al transportador, el cual una vez finalizado el cargue y con todas las facturas procede a distribuir la mercancía según el destino.

Figura 11. Sub procesos del proceso de despacho



Fuente: MORA, Anibal. Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. 1ed. Ecoe Ediciones. (2010) (Consultado el 10 de septiembre de 2016)

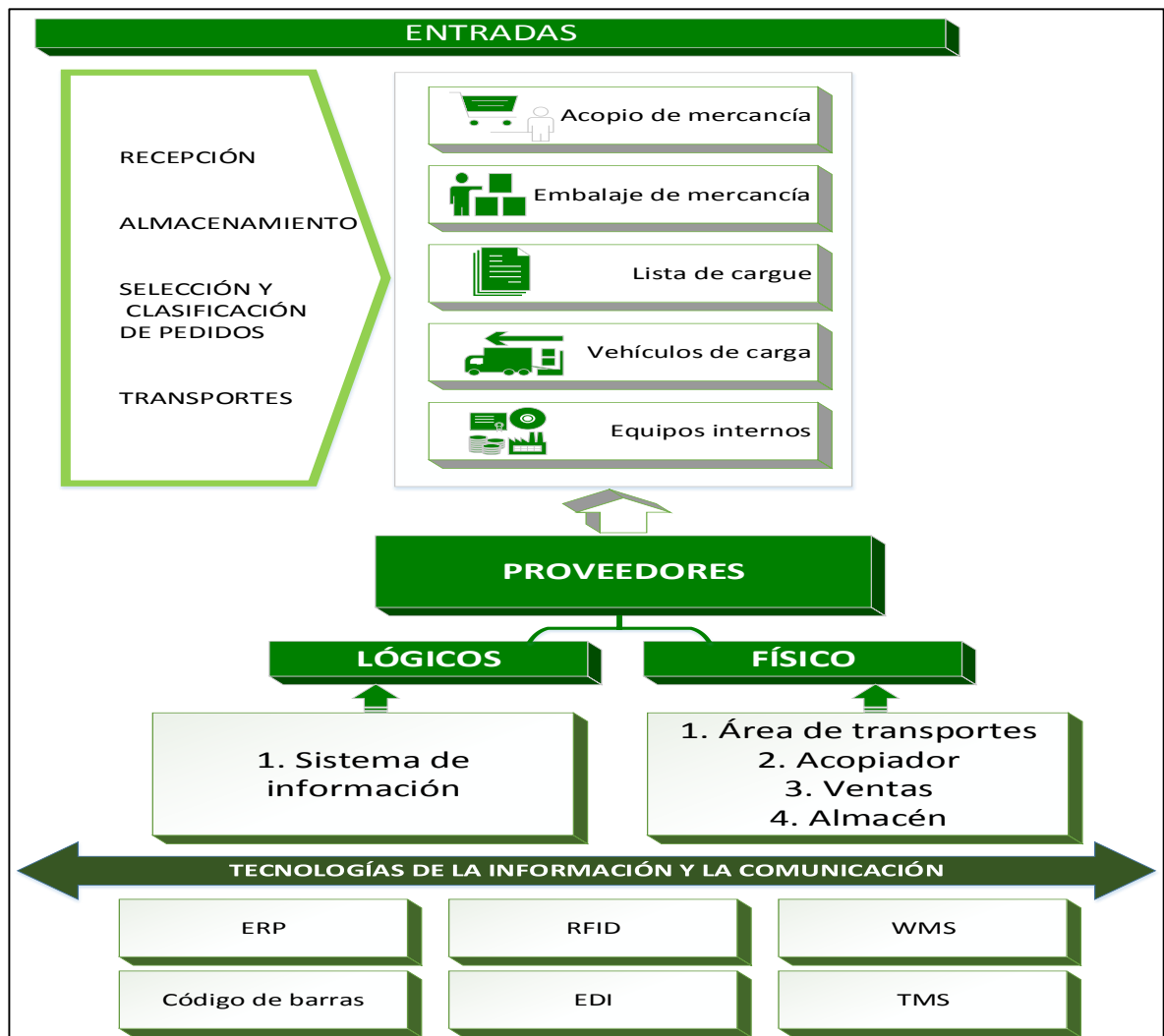
La Figura 11., esquematiza un flujo estándar de un proceso de despacho de mercancía, sin embargo, puede variar según el tipo de negocio y el tipo de operación que tenga la organización, ya que puede omitir algunos de los anteriores sub procesos o puede adicionar algunas actividades.

Es importante tener en cuenta en el momento del despacho realizar buenas prácticas de manejo para productos especiales, los cuales pueden alterar las condiciones de otro producto o afectar la salud y el medio ambiente.

La metodología del presente trabajo se estructuró a partir de fuentes de información primaria, las cuales se integraron con la experiencia del investigador en los centros de distribución de la empresa Colombiana de Comercio S.A. y/o Alkosto S.A., factores que permitieron dar cumplimiento al primer objetivo de la presente investigación la cual concluye con la caracterización del proceso de despacho de mercancía en los Cedi, la cual se segmenta en tres partes.

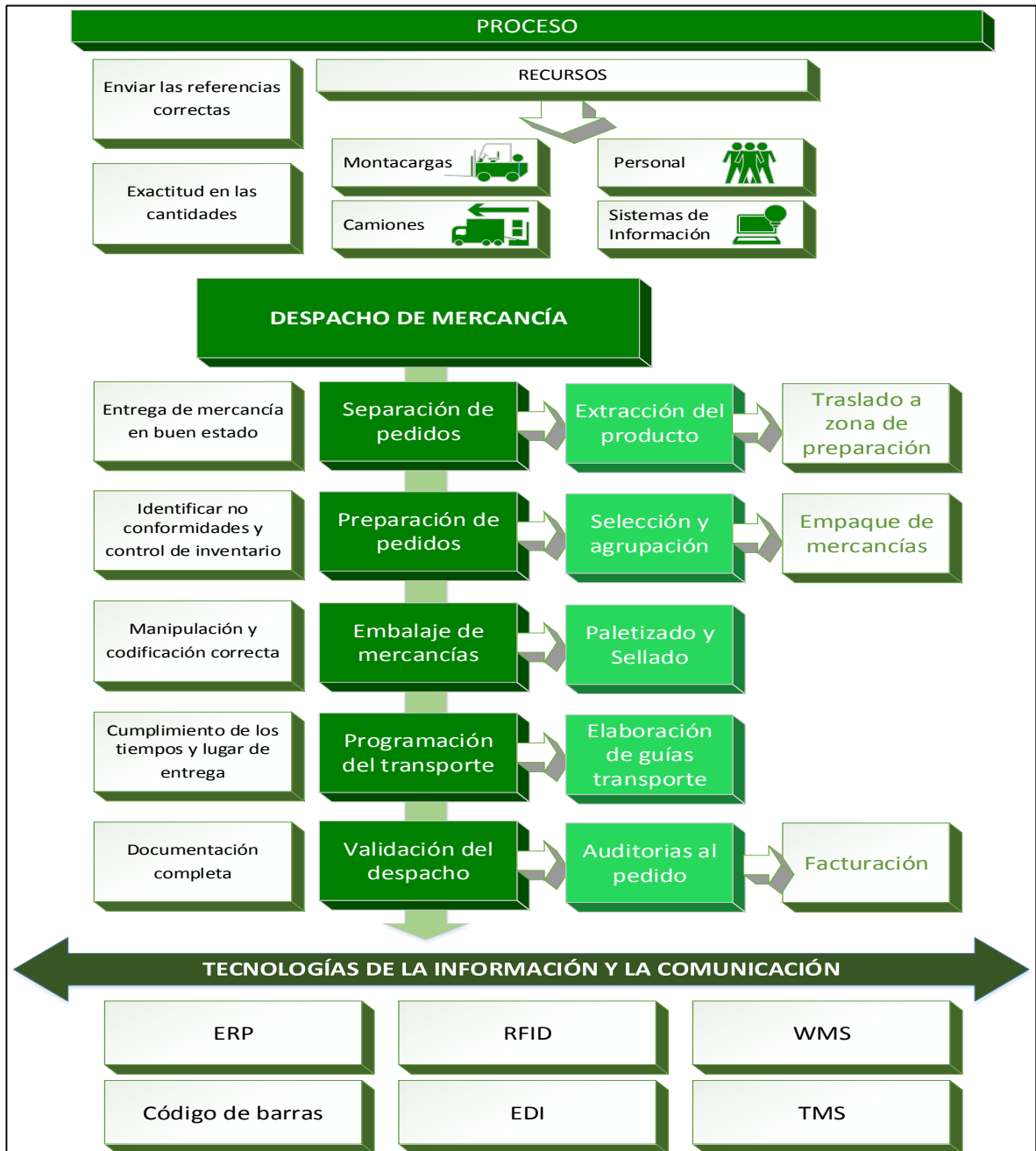
2.2.7 Entradas. Las entradas para el proceso de despacho son proporcionadas por proveedores lógicos y físicos, las cuales son generadas por áreas principales o tercerizadas de la organización tales como recibo o recepción de materia prima, el proceso de almacenamiento, el proceso de selección y clasificación de pedidos y transportes quienes proporcionan los vehículos de carga, estos procesos son apoyados transversalmente por las TIC que tenga la organización en el Cedi destinadas para controlar y realizar de manera eficiente las tareas.

Figura 12. Entradas del proceso de despacho de mercancía



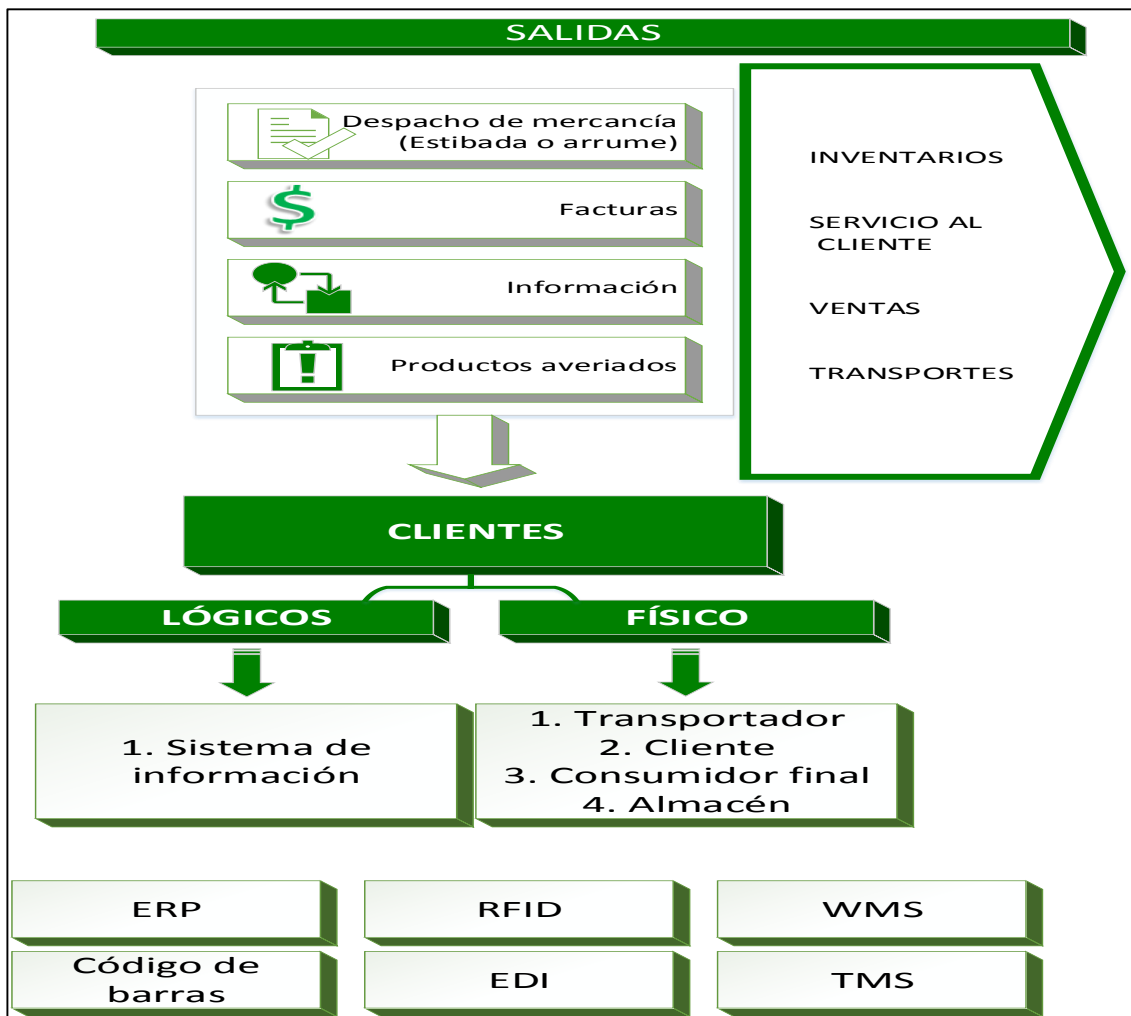
2.2.8 Proceso. El proceso de despacho está constituido en la parte izquierda de la figura por el deber ser del proceso, acompañado por los recursos que consume tales como montacargas o equipos internos, personal, vehículos, entre otros, apoyado transversalmente por sistemas de información en los distintos subprocesos que componen finalmente el proceso de despacho de mercancía.

Figura 13. Proceso de despacho de mercancía



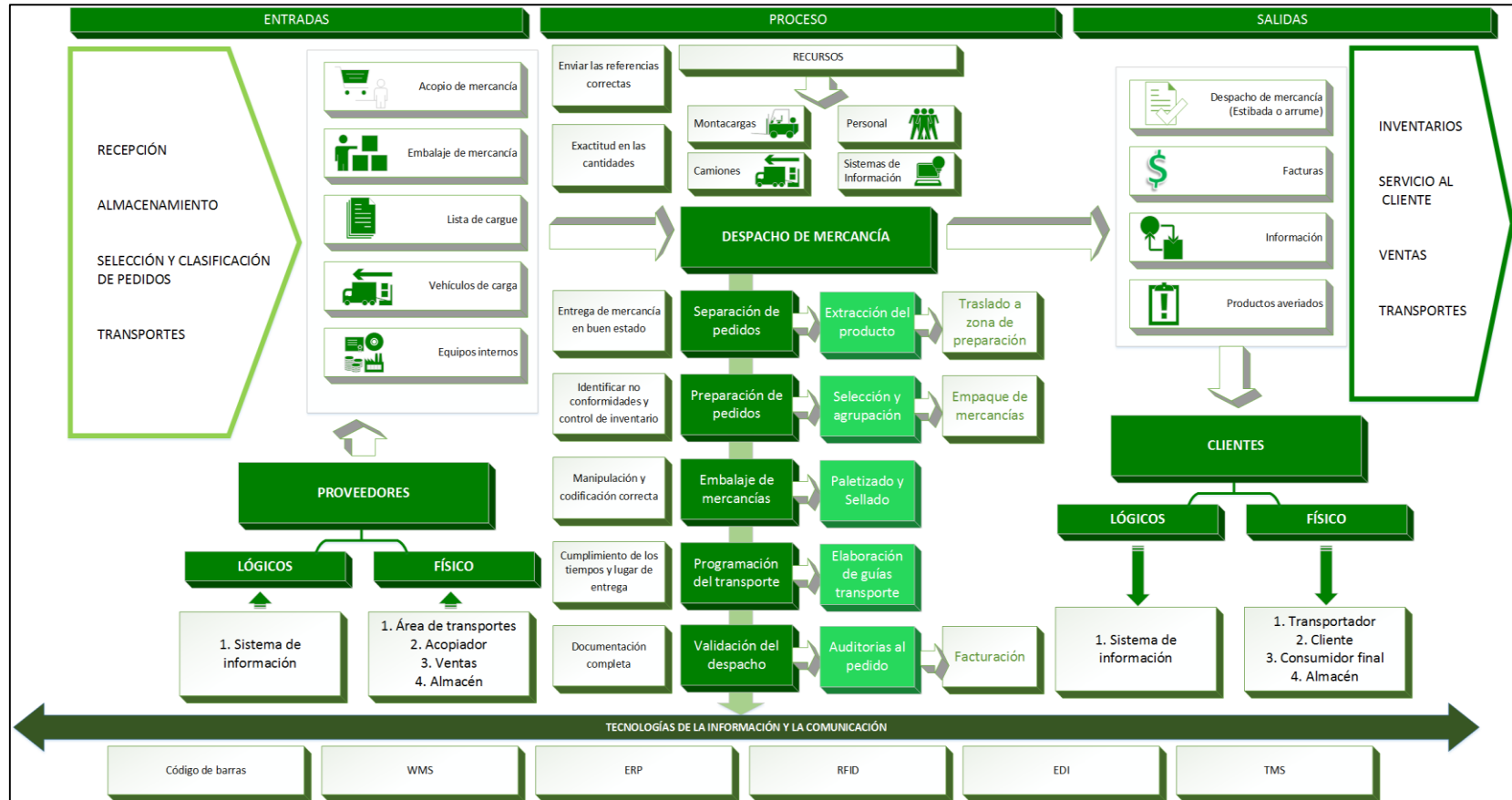
2.2.9 Salidas. Es el resultado de una labor que finalmente impacta al consumidor final, y que cuenta con clientes lógicos y físicos además de impactar las distintas áreas del Cedi, generando el despacho y cargue de mercancía en vehículos, proporcionando facturas a los transportadores quienes son los encargados de entregar los productos al cliente, también genera información que se utiliza para controlar los inventarios de la organización, entre otras salidas que impactan finalmente al consumidor final.

Figura 14. Salidas del proceso de despacho de mercancía



A continuación, en la Figura 15., se presenta el consolidado que contiene las entradas, el proceso de despacho de mercancía y las salidas que este genera.

Figura 15. Caracterización del proceso de despacho de mercancía



3. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE DESPACHO DE MERCANCÍA

3.1 METODOLOGIAS PARA OPTIMIZAR EL DESPACHO

Teniendo en cuenta que las técnicas anteriormente referenciadas se estructuran bajo distintas metodologías se pretende establecer cuál método es el más apropiado al modelo de optimización del proceso de despacho para los centros de distribución ubicados en Cundinamarca.

3.1.1 Métodos exactos. Son aquellos que garantizan una solución óptima usando algoritmos y programación matemática para la exploración de soluciones⁴⁷ de ecuaciones lineales con n variables que integren el problema.

3.1.1.1 Programación lineal. Se aplica a modelos de optimización en los cuales la función objetivo y sus restricciones son de carácter lineal, siendo aplicada en áreas como la agricultura, industria, transporte, economía entre otras, siendo la columna vertebral de gran cantidad de modelos en la investigación de operaciones⁴⁸. El objetivo es minimizar o maximizar una función lineal de n variables la cual está sujeta a restricciones lineales de igualdad o desigualdad que lleva por nombre función objetivo⁴⁹.

Para poder realizar un problema de programación lineal se debe cumplir con los siguientes factores:

- Los conjuntos de variable inmersos en el problema deben contener los dominios respectivos de definición.
- Las restricciones de carácter lineal del problema que definen el conjunto de soluciones.
- Las funciones lineales que se debe optimizar ya sea enfocada a la minimización u optimización.

⁴⁷ POVEDA, J y FLOREZ, C. Aplicación de algunos métodos exactos y heurísticos para resolver el problema de balanceo de línea simple. 2009. p. 30-37. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2144/519703F634.pdf?sequence=1>

⁴⁸ HAMDY, A. Investigación de operaciones. 2004. p. 11-67. ISBN 970-26-498-2. [Consultado el 03/11/2016]. Disponible en: <https://vagosuatfis.files.wordpress.com/2012/07/thaja-investigacion-de-operaciones-by-k9.pdf>

⁴⁹ MARCHENA, W. y ORNELAS, C. Optimización y la programación lineal: Una introducción. 2007. p. 3-10. [Consultado el 07/11/2016]. Disponible en: <http://fglongatt.org/OLD/Reportes/RPT2007-07.pdf>

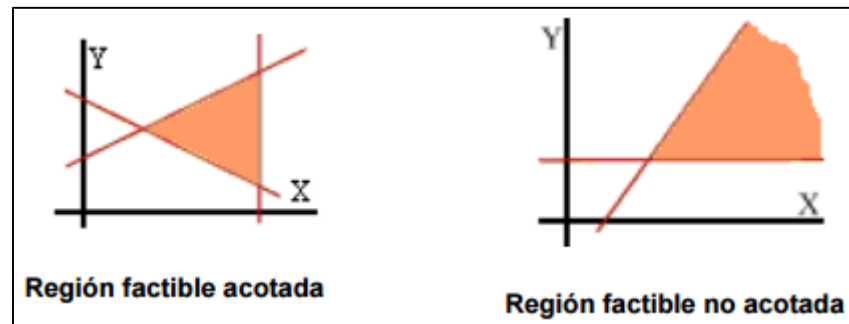
La función objetivo debe tener relación directa con lo que se quiere llegar a responder con el modelo, para establecer posteriormente las variables de decisión las cuales se sub dividen de forma similar a la relación existente entre los objetivos específicos con el objetivo general, ya que estas se derivan de una serie de preguntas que derivan de la pregunta fundamental, los cuales son los factores controlables del modelo, pueden tomar diversos valores para contribuir a la consecución del objetivo.

Las restricciones son todas aquellas variables que limitan la libertad de los valores que pueden tomar las variables de decisión, que aplicadas a nuestro modelo condicionarían el modelo según la operación y recursos de los Cedi.

Los siguientes son algunas de las técnicas matemáticas de la programación lineal que pretenden optimizar una función objetivo sujeta a variables y restricciones lineales.

- **Determinación de la región factible.** La solución de un modelo de programación lineal parte de un supuesto de que exista una solución, la cual se encuentra en una región que se determina por las restricciones, siendo esta la región factible⁵⁰.

Gráfica 1. Región factible



Fuente: CARRO, R. Investigación de operaciones en administración. Universidad de Mar de Plata. 2009. p. 66-78. (Consultado el de noviembre de 2016)

Para la realización de este método se deben tener en cuenta los siguientes aspectos.

⁵⁰ CARRO, R. Investigación de operaciones en administración. Universidad de Mar de Plata. 2009. p. 66-78. [Consultado el 07/11/2016]. Disponible en: <http://nulan.mdp.edu.ar/1851/1/01464.pdf>

- Resolver cada inecuación por separado, ya que la solución de la inecuación genera una recta la cual dividirá el plano en dos regiones, allí como resultado de resolver las restricciones se generará la región factible la cual está conformada por la intersección o región común entre las distintas soluciones de las inecuaciones, por ejemplo.

Se tienen las siguientes restricciones: $x + y \geq 4$
 $y \leq 4$
 $y \geq x$

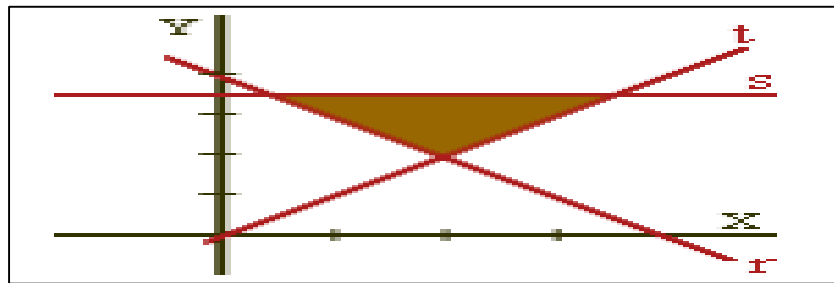
De las cuales surgen las siguientes rectas asociadas:

$$r : x + y = 4$$

$$s : y = 4$$

$$t : y = x$$

Gráfica 2. Rectas asociadas a la región factible



Fuente: CARRO, R. Investigación de operaciones en administración. Universidad de Mar de Plata. 2009. p. 66-78. (Consultado el de noviembre de 2016)

Allí es necesario entender que la región factible está formada por los puntos que cumplen las tres restricciones dadas por las inecuaciones, para este caso la solución es la región sombreada considerada factible.

- **Método Gráfico.** Es una técnica de ensayo y error que permite resolver modelos de programación lineal que tienen dos variables de decisión, partiendo desde una región factible hasta llegar hasta a la determinación del óptimo de la función objetivo, probando todos y cada uno de los extremos o vértices del polígono de la región factible.

Para llegar a la solución se deben seguir los siguientes pasos.

- Dibujar la región factible según las restricciones.
- Calcular las coordenadas de los puntos extremos de la región factible.
- Sustituir las coordenadas en la función objetivo para calcular el valor óptimo, este paso se debe realizar a manera de ensayo y error hasta encontrar el óptimo, según sea el objetivo de la función.
- **Método Simplex.** Es un método más completo que los anteriores, ya que es capaz de resolver modelos más complejos sin restricción en el número de variables.

Se constituye como un método iterativo, lo cual quiere decir que una vez encontrada una posible solución verifica si se puede optimizar hasta encontrar la solución óptima.

3.1.2 Heurísticas. Una metodología heurística es un algoritmo generado de manera rápida en tiempos polinomiales, que indican soluciones factibles, aunque no necesariamente sean óptimas, es decir que funciona como un método de aproximación a los distintos problemas en los cuales se aplique. La ventaja que poseen sobre los métodos exactos es que su aplicabilidad es mayor en problemas de gran envergadura a los cuales se les asigna una escalabilidad y se permiten encontrar soluciones cercanas al óptimo sin incurrir en grandes tiempos de ejecución.

3.1.3 Meta-heurísticas. Son procedimientos que no garantizan el óptimo del problema, se utilizan en su mayoría a los problemas de optimización combinatoria, problemas que se caracterizan por tener variables de decisión enteras, es decir que las técnicas meta-heurísticas proponen un conjunto de soluciones que no son óptimas, las cuales cumplen condiciones previamente establecidas. Las técnicas meta-heurísticas más reconocidas son los algoritmos genéticos, la búsqueda tabú, el recocido simulado, la búsqueda acatar, las colonias de hormigas, la técnica GRASP entre otras. Estas técnicas se caracterizan por ser ciegas, es decir que así como nos proporcionan posibles soluciones también hay que indicarles cuando se deben detener, en ocasiones se aceptan soluciones no factibles para acceder a nuevas regiones no exploradas de las cuales pueden surgir soluciones factibles⁵¹.

⁵¹ GARCIA, Álvaro. Técnicas Meta heurísticas. Disponible en: <http://www.iol.etsii.upm.es/arch/metaheurísticas.pdf>

La eficiencia depende en gran parte de la relación que la técnica mantenga con el problema a considerar, por lo tanto, requiere de una adecuada representación que permita explorar un tejido de soluciones, lo cual permite dar solución a problemas de carácter combinatorio. Comprendiendo el alcance de las técnicas meta-heurísticas y ya que no proporcionan la solución óptima y en general no es posible conocer la proximidad de las soluciones al óptimo se descarta su uso para la aplicación al presente trabajo investigativo.

3.2 HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

En el artículo de Aprender a Investigar del ICFES define información primaria como “aquella que el investigador recoge directamente a través de un contacto inmediato con su objeto de análisis”⁵², es decir que proporcionan dato de primera mano⁵³ es decir que podemos inferir que la información primaria es la recolección de forma directa sobre un tema en específico. Para la recolección de estos datos se utiliza principalmente métodos como la encuesta o entrevista a los sujetos que están inmersos en el campo, la observación directa sobre el objeto de estudio y la experimentación.

3.2.1 Encuesta. La encuesta la define el Profesor García Fernando como “La investigación que se realiza sobre una muestra de sujetos que representan un colectivo más amplio, con ayuda de métodos o procedimientos interrogativos que permiten obtener datos u estadísticas objetivas y subjetivas de la población”⁵⁴. Es considerada como punto medio entre la observación y la experimentación, allí se registra un acontecimiento o situación que presencio la persona a la cual se cuestiona, constituyéndose como un método descriptivo del cual se pueden generar ideas, planes o necesidades.

⁵² ICFES. Aprender a investigar, Modulo 3 recolección de la información. [Consultado el 07/11/2016]. Disponible en:

<<http://www.unilibrebaq.edu.co/unilibrebaq/images/CEUL/mod3recoleccioninform.pdf>.

⁵³ CALDERÓN, Diana. Fuentes de Información. Centro de gestión de conocimiento. 2011. [Consultado el 07/11/2016]. Disponible en:

<http://bvspers.paho.org/videosdigitales/matedu/cam2011/Fuentes_informacion.pdf?ua=1>

⁵⁴ TORRES, Mariela. Métodos de recolección de datos para una investigación. [Consultado el 07/11/2016]. Disponible en:

<http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33095415/METODOS_DE_RECOLECCION_DE_DATOS_PARA_UNA_INVESTIGACION.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1492134418&Signature=lh8DtrneXzu0vZLq3V%2BgfsGFfDE%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D6_02_14_METODOSDERECOLECCIONDEDATOSPARA_U.pdf>

Usualmente se basa en un gran número de datos que pueden variar según la técnica estadística utilizada, las cuales requieren una base de información amplia para mostrar un resultado contundente⁵⁵.

3.2.2 Observación directa. Se utiliza cuando no es posible realizar un experimento, esta es la manera de estudio de las variables den su contexto natural, permitiendo que el observador acumule y sistematice datos, registrando lo observado, lo cual implica cierta complejidad, ya que no es posible aislar las variables que se desean,⁵⁶ existen dos tipos de observación directa.

3.2.2.1 Observación con un enfoque cuantitativo. Se debe dar respuesta con anterioridad a preguntas tale como ¿Qué se va a observar?, ¿Dónde y cuándo se va a observar? Y ¿Quiénes van a observar y cómo?, con el objetivo de poder analizar y categorizar cuantitativamente los registros⁵⁷.

3.2.2.2 Observación con un enfoque cualitativo. Es más flexible y menos planificado, se caracteriza porque usualmente el observador es el propio investigador y presta atención a los detalles que necesita y son de su interés.⁵⁸

3.2.3 La entrevista. Es un proceso de comunicación que se realiza normalmente entre dos personas, de esta manera el entrevistador obtiene la información de manera directa, la cual implica objetivos de la investigación o tema de interés⁵⁹. Las entrevistas pueden ser:

3.2.3.1 Estructurada: La entrevista se planifica previamente, bajo un guion estructurado y secuenciado, generalmente son preguntas de carácter cerrado para evitar que el entrevistado se salga del guion.

3.2.3.2 Semiestructurada: Se determina previamente la información que el entrevistador desea conseguir, se caracteriza por hacer preguntas abiertas que dan la oportunidad de entrelazar temas de relación con el tema de investigación principal.

⁵⁵ ICFES. Op. cit., p. 71.

⁵⁶ TORRES, Mariela. Op. Cit p. 4.

⁵⁷ Operación Éxito. Recolección de datos. [Consultado el 07/11/2016]. Disponible en: <<https://matematicasintermedias.files.wordpress.com/2012/02/recoleccion-de-datos.pdf>>

⁵⁸ Operación Éxito. Op. cit p. 3.

⁵⁹ PELAEZ, Alicia. La Entrevista. UAM. [Consultado el 07/11/2016]. Disponible en: <https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/Entrevista.pdf>

3.2.3.3 No estructurada: No hay un guion previamente estructurado, esto quiere decir que las preguntas se dan a medida que avanza la entrevista, el investigador requiere tener bastantes conocimientos del tema de interés.

3.3 MÉTODOS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

A continuación se presentan las herramientas que se utilizarán para estructurar el diagnóstico de las fallas que se presentan en el proceso de despacho de mercancía.

3.3.1 Hipótesis Dinámica. La hipótesis dinámica es una metodología que se utiliza para el manejo de sistemas complejos y se basa en la definición de variables que hacen parte del modelo y son determinantes para el sistema, es decir que explica de manera teórica como se crea un problema estableciendo las causales y sus conexiones con las variables ya establecidas, adicional la manera en que las consecuencias se propagan, implicando cierta complejidad en el modelo. Esta hipótesis debe ser aprobada por el modelo, de lo cual puede resultar ser aceptada o rechazada e incluso modificada, y se logra un mayor conocimiento del proceso. Esta metodología permite una comprensión y visualización más amplia del problema del sistema, permitiendo analizar complejas relaciones entre los elementos que estructuran el sistema. Para desarrollar la hipótesis dinámica se deben generar reglas de interacción de las variables y las reglas de decisión del modelo y establecer una estructura general, aspectos que pueden surgir desde el punto de vista teórico, aunque se debe incluir un análisis exógeno del problema, así como su comportamiento y variaciones que pueden afectar el comportamiento del sistema. El desarrollo de este tipo de metodologías se puede describir de dos maneras.

3.3.1.1 Cualitativas. En las hipótesis dinámicas cualitativas no hay simulación ya que según varios autores es suficiente tener inferencias de comportamientos o intuiciones sobre la estructura que fundamentará el sistema⁶⁰, por lo cual los autores consideran que se realiza una simulación mental, la cual permite “especular enfocada mente” a lo cual los autores se refieren como “insights”, otros autores acuden a otras metodologías que surgen desde el análisis de comportamientos de los cuales permite identificar la polaridad del sistema y se realizan ciclos de retroalimentación⁶¹.

⁶⁰ MEJÍA A. "Ser directo puede traer problemas, pero ser indirecto también: las realimentaciones en dinámica de sistemas cualitativa y cuantitativa.," in V Congreso Latinoamericano Dinámica de Sistemas, Buenos Aires, Argentina, 2007.

⁶¹ DÍAZ G. "Tipos de arcos y hacia dónde disparan: Sobre la naturaleza y las posibilidades de los arquetipos " in IV Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas, México, 2006.

3.3.1.2 Cuantitativas. Para la realización de hipótesis dinámicas cuantitativas de asume que es necesario que contengan elementos matemáticos para la elaboración del sistema, los cuales deben relacionarse para establecer el comportamiento del sistema⁶². Se han desarrollado gran variedad de metodologías que se basen en simulaciones por computador las cuales tienen como objetivo determinar el dominio entre las variables de los ciclos de retroalimentación. Por ejemplo, la autora Nathan Forrester estructura un método basado en la linealidad de las variables que intervienen en el sistema, analizando los cambios y dominios de las variables⁶³.

Algunos otros autores como Ford proponen la desactivación o eliminación de un enlace causal de un ciclo, ya sea por medio de simulaciones que permiten analizar el comportamiento del sistema⁶⁴, entre otros que proponen métricas que permiten determinar la participación de cada enlace causal del modelo.

Como se expuso anteriormente existen posturas que los autores presentan ya sean de carácter cualitativo o cuantitativo, los cuales para la presente investigación permiten definir las variables y relaciones del modelo, promoviendo las ideas y entendimiento del tema con la ayuda de cálculos computacionales que brindan fiabilidad y permiten argumentar los modelos para concluir el comportamiento de sistema.

La hipótesis dinámica se entiende como una explicación del comportamiento de una variable la cual se basa en el razonamiento y estructura del modelo, el cual puede definir políticas y escenarios que pretenden cumplir con los objetivos planteados, se puede representar mediante herramientas gráficas, las cuales permiten entender con mayor claridad los flujos generados entre las diferentes variables, las cuales se pueden clasificar en exógenas o endógenas.

La relación entre una Variable A y otra B la cual se describirá mediante una flecha, sin embargo, existen influencias de relación positiva y negativa la cuales se describen de la siguiente manera.

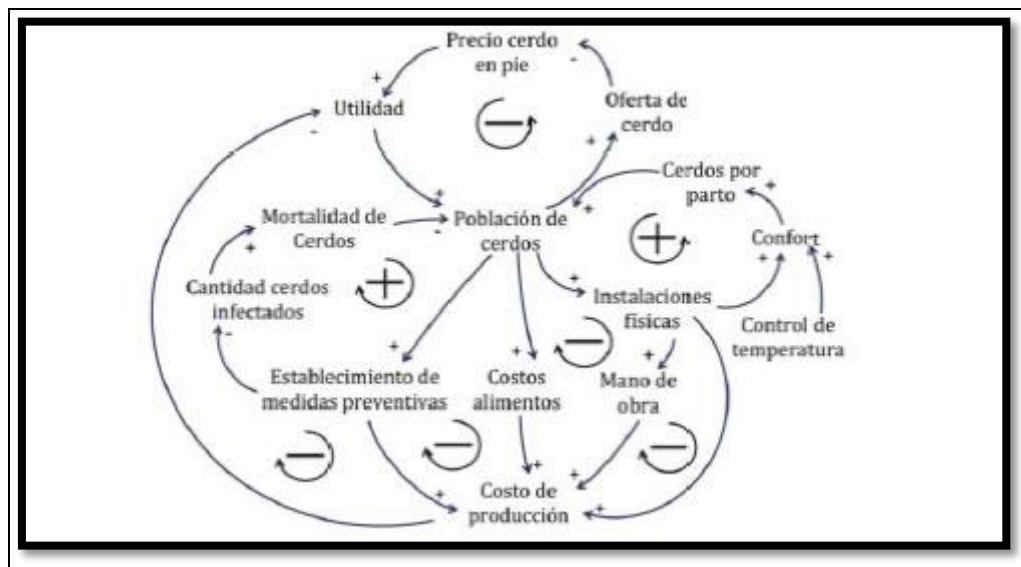
⁶² J. Homer and R. Oliva, "Maps and models in system dynamics: a response to Coyle," *System Dynamics Review*. Mapas y modelos en sistemas dinámicos: Una respuesta a Coyle. 2001. vol. 17, pp. 347-355.

⁶³ FORRESTER N. "Eigenvalue Analysis of Dominant Feedback Loops". Análisis de la retroalimentación dominante. 1st International Conference of the System Dynamics Society. Primer conferencia internacional de la Sociedad de Sistemas Dinámicos. Estados Unidos. 1983.

⁶⁴ D. Ford, "A behavioral approach to feedback loop dominance analysis". Un enfoque conductual para el análisis de dominancia de enlaces de retroalimentación. *System Dynamics Review*. Revisión de los sistemas dinámicos. 1999. Vol. 15, pp. 3- 36.

- “A á B”. Corresponde a un vínculo causal
- “A á B+”. A corresponde a un aumento de B (Relación positiva)
- “A á B-“. A corresponde a una disminución de B (Relación negativa)
- ≠. Hace referencia a una rotura de la causa, es decir que es una acción que mitiga o elimina la relación de las variables.

Figura 16. Ejemplo de diagrama causal



Fuente: CEBALLOS, Yony. Modelo de dinámica de sistemas para La predicción del comportamiento del mercado porcícola. Consultado el 26 de marzo de 2017.

3.3.2 Matriz Vester. Es una tipología de matriz de priorización, desarrollada por el científico Alemán Frederic Vester (23/11/1925 – 02/11/2003), la cual facilita la identificación y la relación de las causas y consecuencias de un problema⁶⁵, esta matriz permite de manera sencilla la participación del grupo de investigadores en la comprensión y explicación de los problemas⁶⁶, además de permitir establecer planes o acciones de control.

⁶⁵ VELÁZQUEZ, F.J. Análisis y diagnóstico participativo en sistemas de producción con cerdos criollo cubanos. Revista computarizada de producción porcina. 2008. Vol 15. [Consultado el 26/03/2017].

⁶⁶ CHAPARRO, A.O. Análisis y priorización de problemas secuencia 1. Manual para la gestión de proyectos de desarrollo tecnológico. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). p. 37-49.

La matriz se constituye por un formato de doble entrada que ubica los problemas o variables a estudiar en filas y columnas, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Formato de la Matriz Vester

	Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	...	Problema n
Problema 1	0					
Problema 2		0				
Problema 3			0			
Problema 4				0		
...					0	
Problema n						0

Fuente: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/paginas/propuestas-para-el-desarrollo-territorial.aspx> (Consultado el 26 de marzo de 2017)

Basándose en la cantidad de variables o problemas identificados se le debe asignar a cada problema un número o letra u cualquier tipo de identificación, posteriormente se debe asignar un nivel de causalidad sobre cada problema con base en el siguiente recuadro.

Cuadro 5. Codificación e identificación del problema

Codificación	Identificación
0	No es causa
1	Es causa indirecta
2	Es una causa medianamente directa
3	Causa muy directa

Fuente: VELÁZQUEZ, F.J. Análisis y diagnóstico participativo en sistemas de producción con cerdos criollo cubanos. Revista computarizada de producción porcina. 2008. Vol 15. (Consultado el 26 de marzo de 2017)

Esta calificación que se le asignará a cada problema debe ser fruto de un consenso, para finalmente calcular el total de activos y pasivos lo cual conlleva a determinar el grado de causalidad o consecuencia entre los problemas. Para hallar el total de los activos se debe sumar la puntuación horizontal de cada problema y corresponde al nivel de causalidad y sumatoria del total de los pasivos se realiza de manera vertical y hace referencia al nivel de consecuencia.

Tabla 4. Ejemplo de matriz Vester calificada.

Problema	Problema				Total activo
	A	B	C	D	
A	0	3	0	1	4
B	1	0	0	0	1
C	1	1	0	0	2
D	3	3	2	0	8
Total pasivo	5	7	2	1	

Fuente: VELÁZQUEZ, F.J. Análisis y diagnóstico participativo en sistemas de producción con cerdos criollo cubanos. Revista computarizada de producción porcina. 2008. Vol 15. (Consultado el 26 de marzo de 2017)

En el Cuadro 6., se puede observar una breve explicación de la calificación asignada al problema A con base en la Tabla 8.

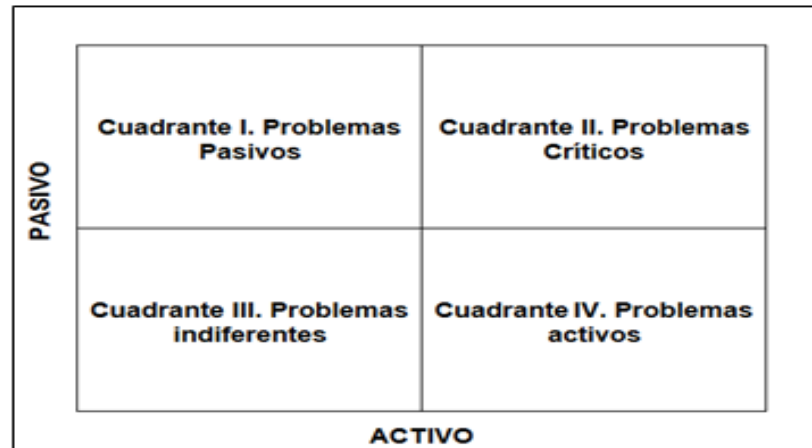
Cuadro 6. Ejemplo de análisis en la matriz Vester.

Problema	Identificación	Calificación
A	No es causa del problema A	0
A	Es causa muy directa del problema B	3
A	No es causa del problema C	0
A	Es una causa indirecta del problema D	1

Fuente: VELÁZQUEZ, F.J. Análisis y diagnóstico participativo en sistemas de producción con cerdos criollo cubanos. Revista computarizada de producción porcina. 2008.Vol 15. (Consultado el 26 de marzo de 2017)

Es importante destacar que los problemas activos son los que tienen una puntuación total alta y una puntuación de pasivo baja, representando así los problemas que influyen bastante en los demás problemas y que a su vez no son generados por otros problemas, es decir que se puede inferir que son causales primarias y los problemas pasivos tienen un comportamiento viceversa a los problemas activos, es decir que tienen una puntuación baja en los activos y una puntuación alta en el total de los pasivos, los cuales nos indican que son los problemas generados por los demás, sin embargo también se pueden presentar los problemas críticos y los indiferentes, el primero se caracteriza por tener una puntuación alta tanto en el pasivo como en el activo y el segundo por tener una puntuación baja en el activo y en el pasivo.

Figura 17. Ejemplo del plano cartesiano para la matriz Vester



Fuente: Universidad Libre. Disponible en:
<http://www.unilibre.edu.co/> (Consultado el 26 de marzo de 2017)

Seguido de la calificación y sumatoria de los activos y pasivos, mediante un plano cartesiano se deben graficar las causas y efectos, donde el eje horizontal hace referencia a los activos y el eje vertical representa los pasivos, el plano se divide en cuatro cuadrantes (ver Figura 17.)

3.3.3 Herramientas de validación. Una vez finalizada la priorización de causas por medio de la matriz Vester, se debe hacer una validación a través de fuentes de información primarias, en consecuencia, para la presente investigación se realizará un entrevista dirigida y estructurada con el fin de obtener una validación sensata por parte de los expertos sobre las principales causales de errores en el proceso de despacho de mercancía. Para la construcción de la entrevista dirigida se analizarán y estructurarán una serie de teorías que servirán como apoyo para el diseño de la misma, con el objetivo de validar y determinar si existe o no alineación con las causales de errores señaladas por los expertos con las causales validadas mediante fuentes secundarias y trabajo de campo.

3.3.3.1 Psicometría TRI (Teoría de Respuesta al Ítem). La construcción de estos modelos tiene como objetivo evaluar la calidad de las respuestas proporcionadas por los expertos⁶⁷.

⁶⁷ ATTORRESI, Horacio y LOZZIA, Gabriela. Teoría de Respuestas al ítem. Conceptos básicos y aplicaciones para la medición de constructos psicológicos. Revista Argentina de Clínica Psicológica. p. 178-180. [Consultado el 26/03/2017]. Disponible en:<
http://www.cienciaried.com.ar/ra/usr/35/825/racp_xviii_2_pp179_188.pdf>.

Es decir que ha servido como método para interpretar los puntajes asignados por las personas o grupo de personas sobre un tema basándose en el dominio que el mismo tenga del tema mediante entrevistas o test. Es importante destacar que el modelo se enfoca sobre los logros educacionales del entrevistado.

El propósito de las pruebas de medición es “describir la forma en la cual pueden hacerse inferencias a partir de las respuestas a una persona que en la mayoría de ocasiones se considera experta sobre un tema o características no observables o fácilmente comprendidas para el investigador.”⁶⁸

Una posible limitación de este método es que las respuestas o puntuaciones de las personas entrevistadas pueden diferir de gran manera, lo cual impactaría negativamente el análisis. Esta metodología tiene las siguientes particularidades.

- Cada ítem mide únicamente un rasgo.
- Debe haber independencia entre las respuestas correspondientes a cada ítem, es decir que una respuesta no debe influir o afectar las respuestas de otro.
- Se asume la existencia de una variable no observada, con lo cual se explica las respuestas de los test revisados.

Michael Scriven trata la psicometría en su artículo “La metodología de la evaluación” de allí se puede inferir que la meta del evaluado es emitir juicios confiables y bien informados que finalmente terminaran orientando sistemas educativos.

La teoría de respuesta al ítem (TRI) pretende eliminar las falencias del diseño del test e identificar preguntas sesgadas que puedan afectar el estudio y realizar comparaciones entre los puntajes de las pruebas realizadas.

La teoría de respuesta al ítem se concentra en propiedades que tienen particularidades por ítem, partiendo de unos supuestos que son los siguientes⁶⁹.

⁶⁸ TYLER, Ralph. Principios básicos del currículo. 1986. [Consultado el 26/03/2017]. Disponible en: <http://www.terras.edu.ar/biblioteca/1/CRRM_Tyler_Unidad_1.pdf>.

⁶⁹ BELLOC, C. Evaluación adaptiva. 2014. [Consultado el 26/03/2017]. Disponible en: <<http://www.uv.es/bellochc/logopedia/NRTLogo3.wiki?3>>.

- **Unidimensionalidad del rasgo latente.** Las preguntas que constituyen un test deben medir solo una aptitud o rasgo.
- **La independencia.** Es decir que las respuestas a cualquier pregunta tienen carácter de independencia, es decir que no existe relación entre las mismas.

Es importante aclarar que cuando se habla de ítem se hace referencia a una pregunta la cual compone el cuestionario.

3.3.3.2 Escala de Likert. Es una herramienta para la medición de problemas o fenómenos sociales, se utilizan en la mayoría de investigaciones cuando se evalúan actitudes y opiniones⁷⁰.

Se desarrolló en 1932 y su aplicación ha tenido un crecimiento exponencial a lo largo de los años convirtiéndose en la herramienta preferida por los investigadores.

Se caracteriza por ser de nivel ordinal y se caracteriza por ubicar frases seleccionadas en una escala de acuerdo/ desacuerdo, utilizada para la medición de actitudes permitiendo que el entrevistado aprenda rápidamente el sistema de respuestas.

El uso de la escala de Likert tiene como objetivo hallar la interrelación con el problema estudiado, así como explicar los niveles de homogeneidad y heterogeneidad y correlación de las variables que se investigan⁷¹. Hay contempladas cinco tipos de escalas las cuales son adoptadas según el investigador y el tipo de la investigación para realizar la validación de las causas y son las siguientes.

- **Escalas de acuerdo.** Dictan hasta cuando el entrevistado está o no en acuerdo con la pregunta propuesta.
- **Escalas de frecuencia.** Determina la frecuencia con la cual se presenta un suceso o una actividad.

⁷⁰ ANTZ. Información clave para la toma de decisiones. Full Service Research Company. [Consultado el 28/03/2017]. Disponible en: <http://www.ict.edu.mx/acervo_bibliotecologia_escalas_Escala%20de%20Likert.pdf>.

⁷¹ MAVALE, Nestor. Trabajo modelo para enfoques de investigación acción participativa de programas nacionales de formación. Escala tipo Likert. 2007. [Consultado el 26/01/2017]. Disponible en: <<https://es.slideshare.net/gtrujillo2010/fsico-de-escala-likert-54129353>>.

- **Escalas de importancia.** Permite conocer al investigador la importancia que tienen uno o varios factores evaluados para los entrevistados.
- **Escalas de probabilidad.** Hace referencia a la posibilidad de ocurrencia de un suceso o actividad determinada.
- **Escalas de calidad.** Permite determinar los estándares del entrevistado en relación con un producto o servicio.

A continuación, se presentan las distintas alternativas de las escalas de Likert.

Cuadro 7. Alternativas de escalas de Likert

Escalas de acuerdo		Escalas de frecuencia	
Calificación	Valoración	Calificación	Valoración
1	Totalmente desacuerdo	1	Siempre
2	Desacuerdo	2	Con mucha frecuencia
3	Neutral	3	Ocasionalmente
4	De acuerdo	4	rara vez
5	Totalmente de acuerdo	5	muy rara vez
		6	nunca
Escalas de importancia		Escalas de probabilidad	
Calificación	Valoración	Calificación	Valoración
1	Muy incidente	1	Casi siempre es cierto
2	Incidente	2	suele ser cierto
3	Poco incidente	3	por lo general no es cierto
4	Nada Incidente	4	casi nunca es cierto
Escalas de calidad			
Calificación		Valoración	
1		Excelente	
2		Bueno	
3		Regular	
4		Malo	
5		Pésimo	

Es importante aclarar que el objetivo de la escala de Likert es agrupar numéricamente los datos expresados por los entrevistados en las entrevistas con el propósito de analizarlos⁷².

⁷² MAVALE. Op.cit. (Consultado el 26/03/2017)

3.4 APLICACIÓN DE LA HIPÓTESIS DINÁMICA

A través de la revisión de fuentes secundarias y trabajo de campo por parte del investigador se realizó un diagrama de hipótesis dinámica en el cual se estructuraron las principales causales de errores en el proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución ubicados en Cundinamarca.

3.4.1 Identificación del problema. El objetivo de la presente investigación es optimizar el proceso de despacho, para ello hay que entender y definir claramente los elementos y variables que allí interfieren en el proceso de despacho mercancía, lo cual se hizo anteriormente en el capítulo dos donde se expusieron los diferentes procesos, actividades y recursos que se presentan en los centros de distribución, de igual manera se caracterizó el proceso de despacho, sin embargo a continuación se analizarán los errores más comunes en el proceso de despacho de mercancía.

3.4.2 Errores del proceso de despacho de mercancía. El despacho de mercancía es una operación sobre la cual a las organizaciones le ha faltado innovación, provocando excesivos tiempos de espera, un sin número de novedades entre otras aumentando el riesgo de entregar o faltar a la promesa de entrega al cliente final, adicional ocasionan sobrecostos para los transportadores, según Ronald R, el 68% de los conductores tienen demoras por falta de personal capacitado, equipos e infraestructura adecuados a la actividad, calidad del servicio entre otros,⁷³ demoras que afectan a los eslabones que intervienen en la operación y varía según el sector económico, tamaño de la empresa y tipo de mercancía.

A nivel logístico existen un sin número de posibles errores que impactan negativamente el proceso de despacho de mercancía, por lo cual a continuación se presentarán las principales causales de errores en las organizaciones, las cuales serán estructuradas mediante la metodología de hipótesis dinámica la cual se explicará a continuación.

3.4.2.1 Causales de errores en el proceso de despacho de mercancía. A continuación, se presentan las principales causas de errores detectadas gracias al trabajo de campo y la investigación en fuentes secundarias.

⁷³ RONALD K. Potential Safety Benefits of Motor Carrier Operational Efficiencies. Beneficios Potenciales de Seguridad de las Eficiencias Operacionales. Transportation Research Board. Junta de Investigación de Transporte. (2011). Consultado el 26/03/2017)

- C1. Desconcentración por parte del operario.** Es una de las causas de generación de errores en el proceso de despacho de mercancía, adicional organizaciones de prevención de riesgos y seguridad en el trabajo la destacan como causa principal de accidente en logística ya que intervienen traslados o desplazamientos de productos que incluso en el almacenamiento puede generar atrapamientos, volcamientos y atropellamientos entre otros⁷⁴, por lo tanto la desconcentración no se traduce únicamente a nivel de accidentalidad si o también se evocan a errores en un proceso que precede el despacho de mercancía y que puede que no sea detectado en el mismo lo cual termina siendo una afectación al cliente final generando insatisfacción y otros inconvenientes como diferencias en los inventarios proporcionando menor confiabilidad, adicional genera sobrecostos por la logística inversa que implicaría. Con base en lo anterior la consultora logística LRM clasifica los errores de acopio de la siguiente manera:

Gráfica 3. Causas de los errores de acopio



Fuente: CONSULTORA LOGÍSTICA. Diseño logístico de un centro de distribución. Rosario, Argentina. (2010). (Consultado el 27 de marzo de 2017)

A continuación, en el Cuadro 8., se presenta un cuadro resumen de la gráfica anterior.

⁷⁴ ACHS. Prevención de riesgos en empresas de transporte y almacenamiento. Disponible en: <http://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrosdeFichas/Documents/prevencion-de-riesgos-en-empresas-de-transporte-y-almacenamiento.pdf> (Consultado el 27/03/2017)

Cuadro 8. Resumen de la distribución causal de errores de acopio

Distribución causal de los errores de acopio	Definición
45% Artículo omitido	Se presenta cuando no hay un sistema de información y el paso de confirmación en el acopio no hay un control por lo tanto no hay un registro de lo que será despachado.
30% Artículo equivocado	El operario que puede está en una ubicación incorrecta o toma la referencia incorrecta o también está la posibilidad de que tome la referencia y cantidad correcta, pero lo ubica en un pedido distinto.
23% Cantidad mal leída	Se presenta cuando el acopiador lee mal la cantidad y acopia la cantidad incorrecta, es muy común cuando se acopia con una lista de papel.
2% Cantidad acopiada errónea	Ocurre cuando se acopia gran cantidad de unidades y de tamaño pequeño y él colaborador se equivoca acopiando un número mayor o menor de unidades.

Con base en lo anterior se puede evidenciar que la desconcentración es la mayor causa de errores de acopio que impactarán posteriormente el despacho de mercancía⁷⁵, se presenta por ejemplo cuando el sistema indica al operario que debe acopiar 10 unidades del producto x, el cual se encuentra en una ubicación específica de un rack o estantería, el operario llega a la ubicación correspondiente pero cuenta mal y solo acopia 8 unidades, enseguida confirma su tarea y lleva las unidades acopiadas al muelle que indique el sistema. Este es un claro ejemplo de desconcentración que provoca un posible error en el proceso de despacho y que si no es detectado a tiempo generará una posible devolución que se traduce en sobrecostos.

⁷⁵ LRM Consultoría Logística. Distribución por porcentajes de los errores de picking. Sección: Consultoría Almacén. Madrid España. 2010. Disponible en: <http://www.lrmconsultorialogistica.es/blog/feed/9-articulos/115-distribucion-porcentajes-errores-picking.html>

- **C2. Rotación del personal.** La rotación del personal es una problemática que preocupa en las organizaciones ya que dependiendo el cargo su reemplazo puede costar hasta doce veces su salario adicional a los sobrecostos la curva de aprendizaje representa menos experticia que se traduce en retrasos y desgastes para las organizaciones⁷⁶, este fenómeno según expertos se produce por las actitudes propias de las nuevas generaciones, para los procesos logísticos el personal toma una mayor importancia porque en su mayoría es personal técnico y adicionalmente se le debe capacitar constantemente para la realización adecuada de sus labores, valores agregados que se pierden si las organizaciones no se preocupan por generar programas de bienestar y crecimiento a sus colaboradores e incluso también estudiar la carga salarial y prestacional a los trabajadores.

Jorge Américo Flores es el director de Recursos Humanos de Onest Logistics, el cual afirma que la retención del talento humano se base en ofrecer oportunidades de aprendizaje utilizando prácticas como la rotación interna que permite aprender cosas nuevas a los colaboradores⁷⁷.

Por otra parte, el Eduardo Inestrillas destaco en su conferencia mensual del Council of Supply of Management Professional (CSCMP) destacó que contar con personal altamente calificado permite obtener ahorros a las organizaciones, ya que se cuenta con experiencia que permite modificar procesos que aportan a la optimización de los costos.⁷⁸

Un claro ejemplo se presenta cuando la persona que tiene experiencia conoce la operación y sabe solucionar de manera correcta situaciones, por ejemplo hay productos que se componen de distintos artículos y se relacionan bajo un mismo EAN, para este caso un combo sanitario (Figura 18).

⁷⁶ EL TIEMPO. Lo que cuesta a empresas que sus trabajadores se aburran y no duren. Colombia. 2016. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/impacto-de-la-rotacion-de-personal-en-las-empresas-46479> (Consultado el 28/03/2017)

⁷⁷ FLORES, Baldemar. T21MX. Capacitación permite reducir rotación de personal en industria logística. 2013. Disponible en: <http://t21.com.mx/logistica/2013/08/15/capacitacion-permite-reducir-rotacion-personal-industria-logistica> (Consultado el 28/03/2017)

⁷⁸ Ibid., p.2.

Figura 18. Combo sanitario.



Fuente: CORBETA. Disponible en:
<https://www.corbeta.com.co> (Consultado el 28 de marzo de 2017)

Para este caso la persona que cuenta con la experiencia sabe y tiene conocimiento de todo lo que contiene un producto como el combo sanitario, por lo tanto lo acopia de manera correcta, sin embargo cuando una persona es nueva usualmente comete el error de no preguntar y hacer las cosas a su modo lo cual lleva a equivocaciones tales como despachar el combo sanitario con alguna parte faltante, lo cual impacta directamente el despacho y si no es detectado este error va a generar inconformidades y reprocesos, e incluso averías por lo delicado que puede ser el producto. Ejemplos como el visto anteriormente son los que ocasionan la rotación de personal en los centros de distribución, es por ello que es catalogado como una causal directa de errores en el proceso de despacho de mercancía.

- **C3. Mala manipulación del producto.** Es una variable que va a depender directamente del tipo de producto que se maneje en el centro de distribución y los equipos con los que cuente la organización, ya que cada mercancía puede ser manipulada de maneras distintas. Es importante aclarar que la manipulación del producto no se da únicamente en el despacho, ya que es una acción que se presenta desde el recibo de mercancía, y si alguno de los colaboradores manipula de manera incorrecta el producto generara inconvenientes en los procesos futuros, la figura 18 permite observar de manera general la manipulación de la mercancía en los procesos internos de los centros de distribución.

Figura 19. Procesos de manipulación de mercancía



Las acciones anteriores implican manipulaciones del producto, la cual puede ser caótica si el colaborador no conoce como manipular los productos con sus respectivas particularidades ya que puede generar tanto accidentes como deterioros del empaque o directamente del producto y en muchas ocasiones no puede detectarse o corregirse en el despacho de mercancía⁷⁹, un claro ejemplo de esta causal se evidencia en la manipulación de una caja de baldosa (Figura 20).

⁷⁹ DEMARÍA, Gerónimo. Errores en el picking. É Logística. Disponible en: <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/3753-errores-el-picking>

Figura 20. Caja de baldosa



Fuente: GRUPO MILLAN. Disponible en:
<http://www.grupomilan.com/> (Consultado el 30 de marzo de 2017)

Se caracteriza por ser un producto pesado y muy frágil, el cual en el transcurso de su manipulación se puede averiar por descargues bruscos, es decir que las organizaciones deben ser especialistas para evitar los daños de productos específicos como el piso, grandes electrodomésticos entre otros, ya que para el caso del piso puede que sea una avería que no se detecte ya que puede estar desportillada o puede tener las baldosas del medio rotas y puede que la avería no se evidencie, por lo tanto va a generar un error al despachar un producto que no se encuentra en perfectas condiciones para el cliente final.

- **C4. Errores de interfaz de los sistemas de información.** Es un error que impacta en su mayoría a centros logísticos que cuentan con sistemas de información tales como ERP, WMS, TMS entre otros. Estos se manejan por módulos, los cuales por ejemplo el WMS solo se ocupa de la parte logística y el ERP de las demás áreas de la compañía, tanto financieras, contables, comerciales o de ventas entre otras las cuales al enviar la información de las ventas se debe reservar el inventario en el WMS, el error se evidencia en este cruce de información cuando se presentan caídas en la red o actualizaciones que producen demoras o errores tales como facturar pedidos que no fueron preparados o viceversa, preparar más pedidos o productos de los que fueron facturados, errores que generan discrepancias en las entregas al cliente final⁸⁰.

⁸⁰ TECNOLOGISTICA CONSULTORES. WMS-Almacenes. Soluciones para la cadena de abastecimiento. [Consultado el 03/02/2017]. Disponible en: < <http://www.sistema-logistico.com.ar/sistema-logistico/gestion-de-almacenes>>

- **C5. Similitud entre empaques o productos.** La calidad y diferenciación del empaque en la logística es importante ya que proporciona eficiencias en los procesos, gracias a que permite una identificación y almacenamiento más fácil del producto, entre un sin número de beneficios, sin embargo cuando un producto es muy similar en su empaque o incluso se hacen promociones bajo el mismo código de identificación se hace más complejo la entrega de los mismos.
- Por ejemplo Kelloggs tiene producto de cereal Zucaritas (1) que trae un promoción, actualmente se distribuye desde un centro de distribución, sin embargo por cuestiones de mercado decide lanzar una misma presentación pero con una pequeña diferencia en el empaque, todo esto bajo el mismo código de identificación, trasladando un gran inconveniente al centro de distribución, ya que el acopio se debe realizar ahora sobre la referencia 2 aun con inventario del otro cereal que volverá a ser distribuido una vez finalice la campaña de la nueva presentación.

Figura 21. Ejemplo empaques similares



Fuente: KELLOGGS. Disponible en:
http://www.kelloggs.com.co/es_CO/home.html (Consultado el 30 de marzo de 2017)

Retos como estos son los que enfrentan a diario los centros de distribución, los cuales en casos como estos dependen de la experticia del operario para evitar que se generen errores a nivel publicitario que afectan al cliente final.

- **C6. Desconfianza del inventario.** Es un causal muy común ya que a la hora de corroborar el inventario entre el sistema y la mercancía física se presentan inconsistencias porque en las organizaciones se omiten pasos en los procedimientos estipulados en los procesos, generados por algún funcionario o colaborador que no registra las salidas o entradas de mercancía generando discrepancias que afectan el acopio y posterior despacho de mercancía⁸¹.

Por ejemplo un operario se dirige a una ubicación donde hay 20 unidades de un producto x, el sistema le indica que debe acopiar 10, pero por error acopio 12 y confirmo las 10 unidades, en este caso el sistema asume que aún quedan en el ubicación 10 unidades del producto x cuando en verdad solo hay 8, por lo tanto cuando el sistema genere una nueva tarea de acopio pidiendo de nuevo 10 unidades para esa misma ubicación el acopiador llegará y solo va a ver 8 cancelando parcialmente la tarea generando demoras e inconsistencias en el proceso. Es muy común que organizaciones cierren la operación para hacer conteos o auditorias de inventario, lo cual implica pérdidas para la organización debido al desorden y falta de capacitaciones procedimentales en la gestión de inventarios, que no es solamente de las personas de inventarios, por el contrario, debe ser una gestión mancomunada entre todas las partes de interés que opera en los centros de distribución.

- **C7. Errores de etiqueta.** En las organizaciones que importan productos en la gran mayoría vienen sin código de identificación, o si lo traen es muy distinto al EAN 13 o EAN 14 que se maneja en Colombia, por lo tanto en ocasiones como esta o cuando hay promociones los productos se etiquetan, de allí se pueden partir varios errores como ingresar fechas de consumo preferentes erróneas, código distinto al asignado que son los errores que más impactan logísticamente, porque ahí otros como colocar ingredientes erróneos o direcciones erróneas entre otros⁸².

Por ejemplo, se importó un contenedor de atún proveniente de China, el Cedi debe hacer la logística de etiquetado, para ello paga una maquila que se encarga de etiquetar producto por producto, en medio del proceso se ingresó al sistema una fecha de caducidad errónea, la cual era un año más larga a la permitida.

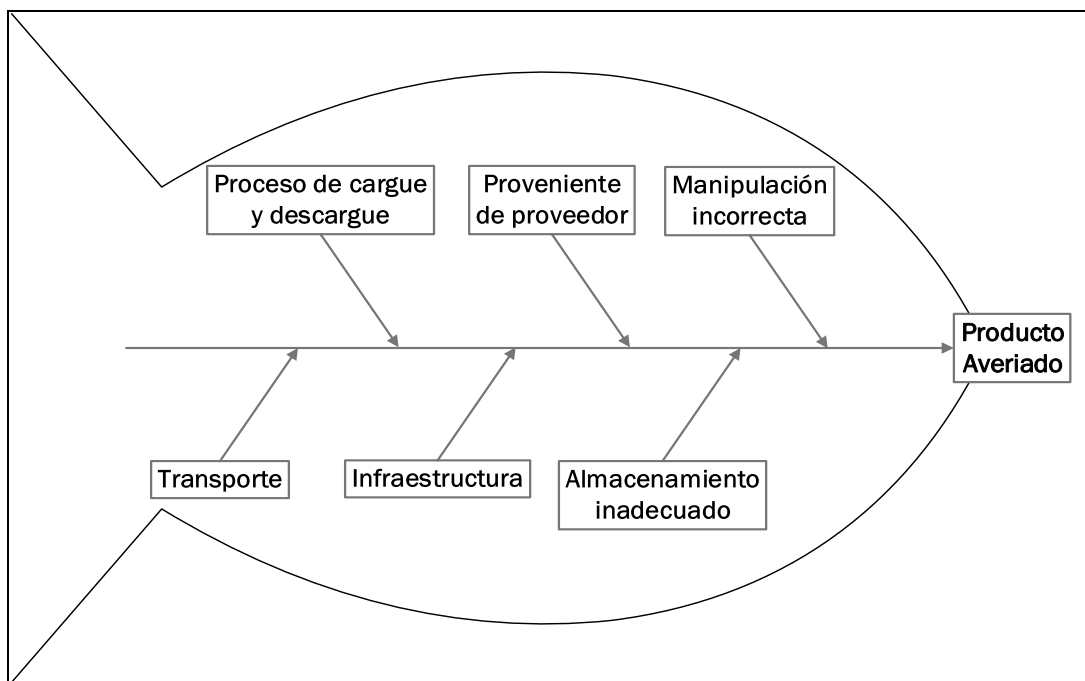
⁸¹ PLUS EMPRESARIAL. Gestión del liderazgo. Los 10 problemas más comunes en logística. Disponible en: <http://plusempresarial.com/los-10-problemas-mas-comunes-en-logistica/>

⁸² AINIA. Los cinco errores más comunes en el etiquetado. 2014. [Consultado el 03/02/2017]. Disponible en: < <http://www.ainia.es/insights/los-5-errores-mas-comunes-en-el-etiquetado/>>

Por lo tanto el sistema genera la prioridad en el despacho según su caducidad, por lo tanto el lote de atún que ingreso bajo una fecha equivocada será el último en ser despachado y adicionalmente cuando se vaya a despachar si no se dan cuenta que esta vencido pueden generar un error muy delicado porque ya pueden generar daños a la salud del cliente, que adicionalmente conllevan problemas legales y todo gracias a un error en la generación de etiquetas.

3.4.2.2 Producto averiado. Este error se puede presentar por distintos factores los cuales se pueden observar en la Figura 22.

Figura 22. Causas principales de la avería de productos

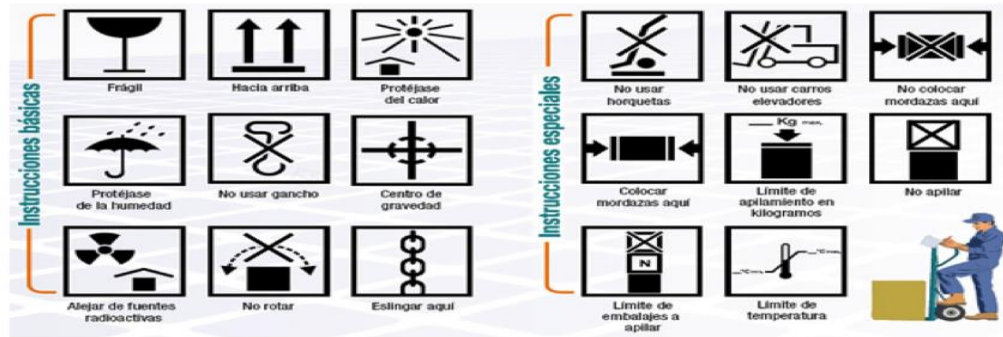


- **Manipulación incorrecta.** Se caracteriza porque se puede presentar en varias operaciones que se realizan en los centros de distribución como recibo de mercancía, picking, packing o en el despacho de mercancía y depende exclusivamente del colaborador que realiza la operación, haciendo posible que se pueda acopiar y despachar sin que sea detectada. Para prevenirlos las organizaciones deben capacitar y brindar inducciones adecuadas sobre el manejo del tipo de mercancías que la organización fabrique o distribuya a sus colaboradores.

- **Almacenamiento Inadecuado.** Es la forma en la cual se almacenan los productos, ya sea en arrume, estantería entre otras. Se presenta la avería si se almacena de forma errónea la mercancía, si se ubica en el sentido equivocado un producto, e incluso si se estiba con una altura que no aguanta la mercancía. Estas son algunas de las posibles variantes que pueden averiar la mercancía por un almacenamiento inadecuado.
- **Proveniente del proveedor.** Es mercancía que pasa el filtro del proceso de recibo de mercancía establecido por la organización, es almacenada y transcurre los procesos en los centros de distribución sin ser localizada provocando que se entregue al cliente generando una insatisfacción.
- **Infraestructura.** Es influyente cuando se tienen centros de distribución a cielo abierto y se almacena mercancía susceptible al daño por lluvia o contacto directo con el medio ambiente, con infraestructura descuidada la cual tenga filtraciones de agua que averíen los productos e incluso centros de distribución sin control de roedores que pueden averiar la mercancía.
- **Proceso de cargue y descargue.** Es común en organizaciones en las cuales no se tengan disponibles recursos apropiados para el cargue y descargue del tipo de mercancía que se maneje, generando golpes y roturas a los productos. Recursos tales como montacargas, rampas, estibadores eléctricos, gato eléctrico entre otros.
- **Transporte.** Se relaciona con dos aspectos que son la posible avería por elección de tipo de vehículo errónea, como por ejemplo el cargue de mercancía que necesite refrigeración en vehículos que no la tengan, lo cual conlleva a dañar el producto, y por otro lado la infraestructura vial que afecta directamente los productos por las malas condiciones que presenta.

3.4.2.3 Deterioro del embalaje del producto. Se caracteriza por la mala ubicación que se pueda dar a la caja o embalaje del producto, ya que por ejemplo las cajas que contienen la mercancía tienen una simbología de entendimiento global que indica el deber ser para acomodar mercancías, con el propósito de evitar daños a la misma tales como se expresan en la Figura 23.

Figura 23. Simbología para manipulación y transporte de mercancías



Fuente: ENCAJA. Disponible en: <http://blog.cajaeco.com/los-simbolos-iso-para-embalajes/> (Consultado el 30 de marzo de 2017)

Si los colaboradores conocen y entienden esta simbología se mitigarían los daños a embalajes de productos disminuyendo las devoluciones que sufren las organizaciones. Actualmente a nivel logístico también se evalúan los toques que lleguen a tener la mercancía, teniendo como objetivo simplificar los movimientos y manipulación de la misma.

3.4.2.4 Discrepancias en las cantidades. Generalmente se presenta en los procesos de acopio y despachos como se caracterizan a continuación.

- **Discrepancias en el acopio.** El trabajador comete el error de acopiar un número mayor o menor de productos, para mitigar errores de este tipo que son muy frecuentes existen diferentes tipos de tecnologías de acopio tales como.
- **Pick to Light.** Permite una gran eficiencia, velocidad y precisión en el acopio. Consiste en ubicar displays en las ubicaciones de la mercancía y cuando el sistema solicita mercancía el display se enciende y se hace visible de manera más fácil para el acopiador, quien debe confirmar el acopio pulsando un botón, posteriormente el indicador se apaga, sin embargo, no garantiza que por desconcentración del trabajador se acopie un mayor o menor número de unidades.
- **Picking guiado por voz.** El sistema que utilice el centro de distribución envía una tipología de señales que son recibidas por terminales de voz que traduce e interpreta esas señales y las convierte en un dialogo con el trabajador, de esta manera será guiado, adicionalmente tendrá las manos libres para operar de manera más rápida.

- **Picking por radiofrecuencia.** El trabajador posee terminales con las cuales escanea códigos de barra tanto de la ubicación donde está el producto como del EAN del producto y adicional confirma la cantidad en la terminal de radiofrecuencia, es un método muy común y eficaz en los centros de distribución ubicados en Cundinamarca.
- **Picking tradicional.** Cuando el centro de distribución no cuenta con sistemas de información como un WMS, el acopio se realiza con la impresión de los requerimientos del pedido que deben ser acopiados y el trabajador busca el producto sin alguna guía tecnológica específica, lo cual demora de manera importante el acopio de mercancía y genera un gran número de novedades sin trazabilidad alguna. Las organizaciones colombianas usan en su mayoría alguno de los métodos anteriormente nombrados, de lo cual podemos inferir que según el método variara la precisión, pero siempre estarán susceptibles a errores ya que son manipulados por seres humanos, es por ello que se debe tener un control específico en el momento del despacho de mercancía.
- **Discrepancias en el despacho.** Se presenta cuando en el momento del cargue del vehículo se entregan cantidades que no corresponden a las correctas, es un error muy común, que muchas veces pasa desapercibido por el transportador y por el despachador, lo cual conlleva a entregas incompletas o faltantes en el inventario que finalmente se transforman en devoluciones y sobrecostos.

3.4.2.5 Entrega por fuera de la promesa de servicio. Es el incumplimiento a la promesa de servicio al cliente por parte de la organización, lo cual conlleva a insatisfacción del mismo, y desde el punto de vista logístico se presenta por retrasos en alguno de los procesos que confluye en el Centro de Distribución o por políticas internas como consolidación de carga o costos no cumple y se retrasan los envíos siendo entregados por fuera del rango de tiempo estipulado, por lo general provoca un aumento en las devoluciones y pérdida de clientes.

3.4.2.6 Documentación incompleta. Tengan trazabilidad del error, son comunes en las importaciones, donde las declaraciones de importación pueden ser trocadas y si cae en manos de la ley puede ser decomisada o aprehendida por entidades como la DIAN, las cuales expresan en el artículo 31 del Decreto 2101 de 2008 donde se estipula que las mercancías que lleguen al territorio nacional sin información del manifiesto de carga o sin que se haya notificado y entregado la información de documentos de transporte a la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales.

De igual manera en el artículo 6 del Decreto 1161 de 2002 en la cual la mercancía no se encuentra amparada en una planilla de envío, Factura de Nacionalización o Declaración de Importación o no corresponda con la descripción declarada o se encuentre en una cantidad superior a la señalada en la Declaración de Importación.

3.4.2.7 Diferencias de inventario. Genera inconvenientes porque si sistemáticamente se encuentra el producto que solicita el cliente y está en buen estado significa que se va a despachar pero puede que en el momento de realizar el acopio no se pueda completar por discrepancias que se presenten entre el inventario físico y el registrado por los sistemas donde las organizaciones almacenen la información, por lo tanto si no hay más inventario se procede a cancelar o a despachar de manera incompleta los pedidos a los clientes.

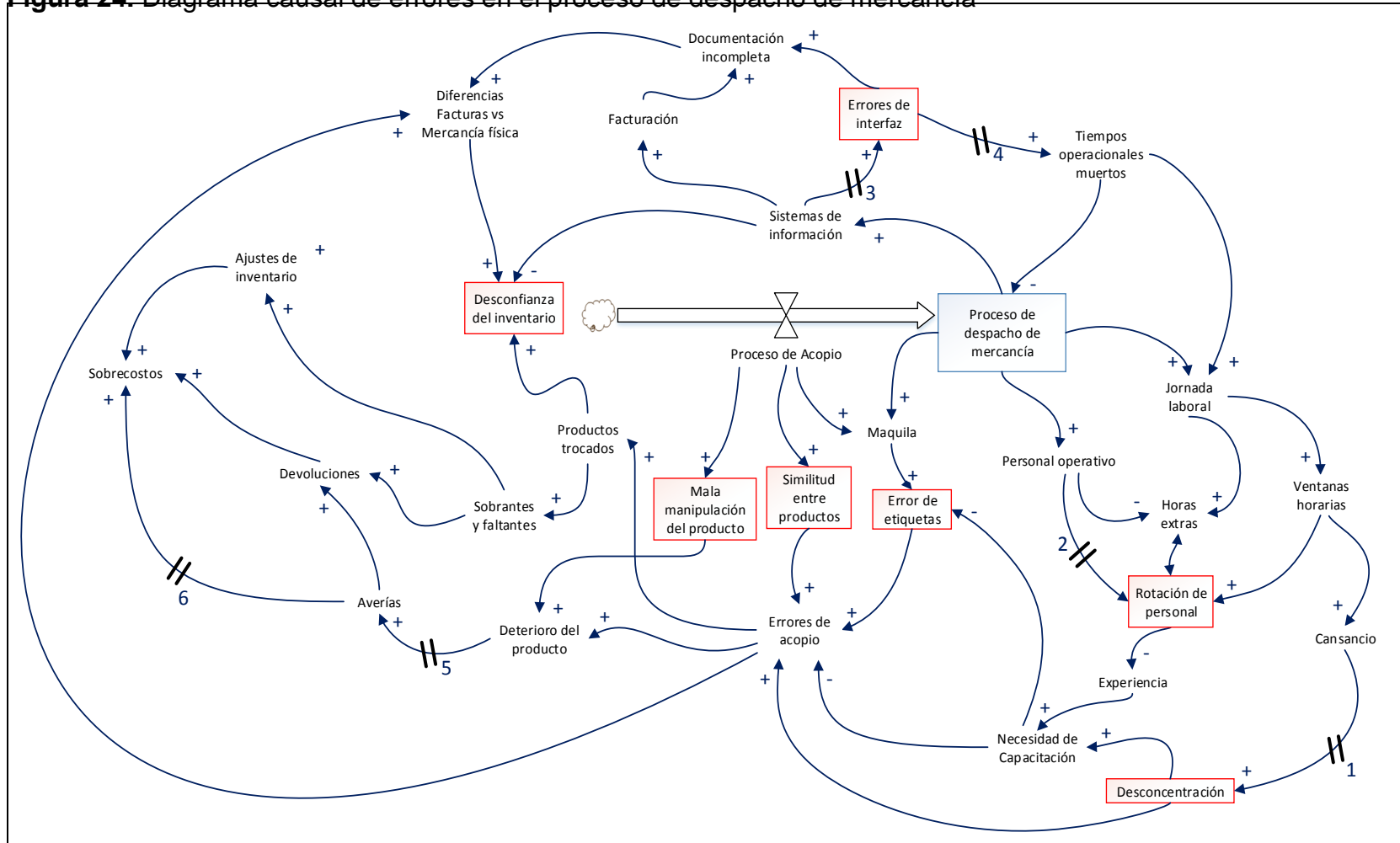
3.4.2.8 Error de etiquetas. Es visible cuando se realizan maquilas a productos o promociones y se intercambian embalajes, etiquetas de lectura como el código de barras o RFID y son despachas sin que el WMS o ERP lo detecten, por lo tanto, son insatisfacciones que impactan la calidad de las entregas de las organizaciones e implican descompensaciones en inventarios con bastantes sobrecostos, reprocesos y en algunas ocasiones implicaciones legales.

3.4.2.9 Productos trocados. Es un error bastante común que se genera por desconcentración del operario en el acopio o despacho de la mercancía, error que muchas veces pasa desapercibido, sin embargo es muy frecuente que se de en la última milla, donde el transportador en el momento de la entrega al cliente entrega productos cambiados en un cliente que a su vez no se da cuenta y posteriormente le hace falta producto y le sobra otra referencia, de igual manera es desconcentración y es muy significativo en las devoluciones que registran las organizaciones.

Cuadro 9. Roturas del diagrama causales de errores

#	ROTURAS
1	Pausas activas
2	Buenos salarios y programas de bienestar a empleados
3	Mantenimiento preventivo
4	Metodología de trabajo back up
4	Re empaque del producto
6	Estrategias de salida comercial

Figura 24. Diagrama causal de errores en el proceso de despacho de mercancía



La Figura 24., es el diagrama de hipótesis dinámica del proceso de despacho de mercancía, que se estructuró teniendo en cuenta las causas de los errores y los errores del proceso de despacho de mercancía.

3.5 PRIORIZACIÓN DE VARIABLES

Una vez identificadas las causales de errores en el proceso de despacho de mercancía mediante el diagrama causal de hipótesis dinámica se procede a determinar cuáles causas son críticas y tendrían un impacto importante en el diseño del modelo de optimización sobre el proceso de despacho de mercancía.

Después de haber construido el diagrama causal de hipótesis dinámica se lograron identificar seis roturas generales, las cuales tienen la particularidad de que su aplicación permitiría mitigar o disminuir errores que impactan el despacho, y se leerá de la siguiente manera, por ejemplo: La rotura número uno son las pausas activas las cuales generan una rotura entre que surge del cansancio que a su vez genera desconcentración, pero si se desarrollan pausas activas tal como lo dicta la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT), las cuales dictan que las pausas activas han sido una de las principales herramientas de la salud ocupacional, que promueven la actividad física con el objetivo de mejorar la movilidad de las articulaciones, la atención y demás cargas osteomusculares⁸³, mediante estiramientos y ejercicios, de esta manera se disminuiría la desconcentración en el momento del acopio u otras labores que los colaboradores realizan, mejorando significativamente la calidad y confiabilidad del despacho, adicionalmente se identificaron siete causales principales de errores, las cuales se enuncian en el Cuadro 10., el cual nos facilitará la construcción de la matriz Vester.

⁸³ MINSALUD. Abecé de las pausas activas. [Consultado el 04/04/2017]. Disponible en: <<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/abece-pausas-activas.pdf>>

Cuadro 10. Listado de causales de error en el proceso de despacho.

ID	Descripción
A	Desconcentración por parte del operario
B	Rotación del personal
C	Mala manipulación del producto
D	Errores de interfaz de los sistemas de información
E	Similitud entre empaques o productos
F	Desconfianza del inventario
G	Errores de etiqueta

En el Cuadro 11., se establece la escala de calificación para realizar el cruce de causas y así poder determinar la incidencia entre ellas, tal como lo indica la matriz Vester.

Cuadro 11. Escala de calificación de la matriz Vester

Grado de incidencia	Valoración
Sin relación	0
Baja influencia	1
Mediana Influencia	2
Muy influyente	3

Fuente: Hurtatis, Hector. (Consultado el 02 de 2017)

A continuación, en la Tabla 5., se presenta la matriz Vester.

Tabla 5. Matriz Vester

ID	A	B	C	D	E	F	G	Activo
A		3	2	0	2	3	3	13
B	0		3	0	0	4	1	8
C	0	1		0	2	0	0	3
D	2	0	0		0	3	0	5
E	2	1	2	0		3	3	11
F	0	1	0	2	2		1	6
G	2	0	2	0	3	2		9
Pasivo	6	6	9	2	9	15	8	

La matriz Vester permite agrupar cada variable involucrada según el grado de causalidad de las mismas, de las cuales se obtuvieron los activos y pasivos correspondientes los cuales se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de la matriz Vester

ID	Total de Activos	Total de Pasivos
A	13	6
B	8	6
C	3	9
D	5	2
E	11	9
F	6	15
G	9	8

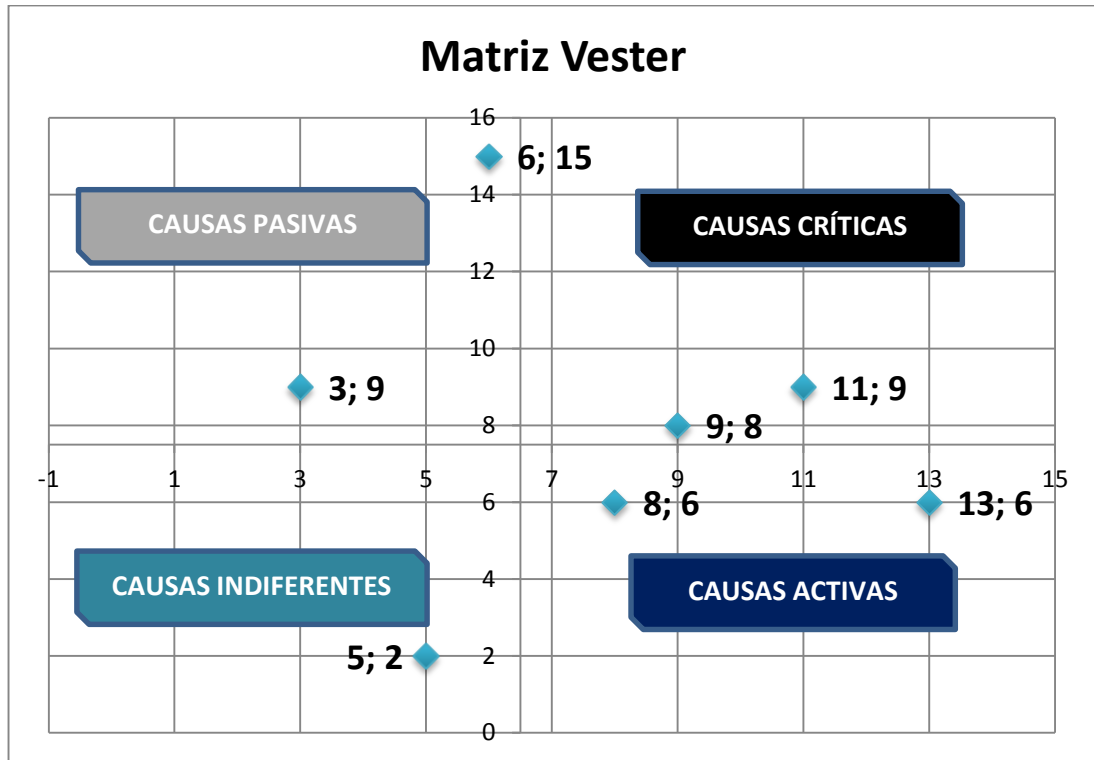
El total de los activos surgió de la sumatoria de cada fila por variable, el cual indica el grado de causalidad de una variable sobre las demás, es decir que un puntaje alto significa que el problema causa muchos problemas. El total de los pasivos se determina realizando la sumatoria de las columnas por cada variable, si el puntaje es alto indica que es un problema causado por muchos otros problemas. Para desarrollar la gráfica de la matriz Vester es necesario hallar el punto medio para los activos (eje x) y pasivos (eje y), para ello se toma el puntaje más alto por variable que para el caso de los activos es de 13 y para los pasivos es de 15, y posteriormente se dividirán dos para encontrar el punto medio, tal como lo indica la Tabla 7.

Tabla 7. Identificación del punto medio

Máx. Activo	13
X	6,5
Máx. Pasivo	15
Y	7,5

La gráfica de la matriz Vester está constituida por cuatro cuadrantes que asocian las variables del problema, tal como se presenta a continuación.

Gráfica 4. Matriz Vester



Una vez identificadas las causas en el plano cartesiano de la matriz Vester se obtienen la enmarcación de las causas (ver Tabla 8).

Tabla 8. Enmarcación de la matriz Vester

ID de Causa	Causas Pasivas	ID de Causa	Causas Críticas
C	Mala manipulación del producto	E	Similitud entre empaques o productos
F	Desconfianza del inventario	G	Errores de etiqueta
ID de Causa	Causas Indiferentes	ID de Causa	Causas Activas
D	Errores de interfaz de los sistemas de información	A	Desconcentración por parte del operario
	---	B	Rotación del personal

Como se puede observar a pesar de que son pocas causales hay una distribución muy pareja en los cuadrantes de la matriz Vester, a continuación, se realizará la validación en fuentes de información primaria.

3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN FUENTES PRIMARIAS

El trabajo de campo y la consulta de fuentes secundarias especializadas en logística y distribución, permitieron identificar las principales causas asociadas al problema del ¿Por qué se presentan errores en el proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución ubicados en Cundinamarca?, de esta manera de lograron identificar las más importantes, de las cuales derivan la mayoría de los problemas que desembocan en un error que impacta negativamente tanto a las organizaciones como a los clientes.

En consecuencia es necesario realizar la validación de estas causales a través de fuentes de información primaria, para realizar esta validación se realizara una entrevista dirigida y estructurada para expertos que están ligados con el día a día en organizaciones que tienen eslabones en la operación logística, con vastos conocimientos y experiencia en el sector logístico, especialmente con el manejo de centros de distribución, con el objetivo no solo de validar la información encontrada, también permitirán caracterizarlas, establecer estrategias y actividades de mejora que permitan mitigarlas e incluso proponernos un nuevo panorama de causales influyentes que no se conocían, todo esto enfocado a los errores y restricciones que se presentan en el proceso de despacho mercancía en los centros de distribución.

A continuación, en el Cuadro 12., se presenta el objetivo de cada una de las ocho preguntas que se estructuraron en la entrevista:

Cuadro 12. Objetivos de las preguntas de la entrevista dirigida

No. pregunta	Objetivo
1	Conocer el criterio de los expertos, respecto a un académico como lo es Anibal Mora para la logística en Colombia, respecto al proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución.
2	Conocer cuales considera como fallas el experto en el proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución.
3	Conocer si las causales de errores en el proceso de despacho detectadas mediante fuentes de información secundaria y trabajo de campo también se han hecho presente en la experiencia el experto
4	Indagar si los expertos conocen otras causales de errores que no hubiesen sido objeto de estudio por parte del investigador
5	Conocer si las estrategias o acciones de mitigación sobre las causales de errores en el despacho aplican y son incidentes para los expertos
6	Conocer de mano de los expertos posibles estrategias o acciones de mitigación para los errores en el proceso de despacho
7	Conocer si las restricciones formuladas son incidentes para así tenerlas en cuenta en la construcción del modelo
8	Destacar e incluir una restricción o variable que no se ha tenido en cuenta para la construcción del modelo

El diseño de la entrevista dirigida se estructura según la pregunta, con el propósito de conseguir el objetivo planteado cada pregunta puede ser abierta, cerrada, con escala de Likert o múltiples opciones de calificación. En consecuencia, el formato que se estructuro con sus respectivas preguntas se relaciona en el **ANEXO A**.

3.6.1 Cálculo del número de expertos. Una vez definido el perfil de los expertos y la estructuración de la entrevista se procede a realizar el cálculo del número de los expertos a los cuales se les aplicará la entrevista como herramienta de recolección de fuente primaria.

Este cálculo se realiza con el propósito de garantizar mayor confiabilidad en la información recolectas y por ende lograr el objetivo de validar las variables encontradas en la investigación.

Se aplica la metodología multicriterio con la siguiente formula:

Ecuación 1. Fórmula para calcular el número de expertos a Entrevistar

$$\text{Número de expertos a consultar} = \frac{P * (1 - P) * k}{i^2}$$

P = Porcentaje de aceptación

i = Nivel de precisión

k = Constante asociada al nivel de confianza

El porcentaje de aceptación y el nivel de precisión será de 95% para la presente investigación.

$$\text{Número de expertos a consultar} = \frac{0,95 - (1 - 0,95) * 95}{0,95^2} = 5$$

El resultado fue de cinco, lo cual nos indica que mínimo se deben consultar a cinco expertos para cumplir con la metodología multicriterio.

3.6.2 Perfil de los expertos a entrevistar. Los expertos que van a ser entrevistados deben tener grado profesional, contar con una especialización en logística y adicionalmente deben contar con una experiencia mínimo de cinco años dirigiendo centros de distribución, bajo este enfoque se obtendrá confiabilidad en las respuestas formuladas en la entrevista.

En el Cuadro 13., se presenta el perfil de manera más específica de los expertos consultados.

Cuadro 13. Perfiles de los expertos entrevistados

No	Nombre	Estudios	Experiencia	Empresa	Cargo
1	Mauricio Vélez Lopez de Mesa	Ingeniero Industrial de la Universidad de Antioquia con especialización en gerencia logística y un MBA de la Universidad de los Andes	Trece años de experiencia en el área logística tanto en empresas de producción como de servicios	Colombiana de Comercio	Director Nacional de Logística
2	Elvia Fernanda Bernal	Ingeniera Industrial con especialización en Logística Integral de la Pontificia Universidad Javeriana	Más de diez años en el sector logístico, en áreas tales como transporte, inventarios y almacén	Corbeta S.A.	Directora de Operaciones Logísticas
3	Sergio Ramiro Pardo	Ingeniero Industrial con especialización en gerencia logística	Dieciocho años de experiencia en organizaciones de producción y de servicios	Alkosto S.A.	Director Logístico de Centros de Distribución
4	Samael Castañeda Ocampo	Ingeniero de Sistemas con especialización en Gerencia Logística	Quince años de experiencia en el sector logístico de automotores	AKT FOTON	Jefe de Almacén
5	Maria Camila Arredondo	Ingeniera Industrial con especialización en Logística Integral y maestría en gerencia de Proyectos	Nueve años de experiencia dirigiendo organizaciones como la FLA	Corbeta S.A.	Directora de Operaciones Logísticas Medellín

Tal como se observa en el cuadro 13, los expertos cumplen a cabalidad con los criterios de formación y experiencia establecidos, es importante resaltar que tienen amplios conocimientos en la implementación sistemas como WMS e incluso TMS que son sistemas de gran envergadura para el manejo de las operaciones logísticas, lo cual les permite hacer comparativos de un antes y después de las operaciones logísticas, comprendiendo la importancia y lo que significa una implementación de un sistema con estas características.

3.6.3 Resultados de la realización de la entrevista. A continuación., se exponen las respuestas que los expertos suministraron en las entrevistas, la cuales de distribuirán en tres tablas, la Tabla 9., tendrá las respuestas de las respuestas de las preguntas inducidas, en la siguiente (ver Tabla 10) estarán las respuestas de las preguntas abiertas y por último la Tabla 11., tendrá las respuestas de las preguntas de calificación.

Tabla 9. Respuesta de la pregunta Inducida

#	Pregunta	Escala de Calificación	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
1	Para Anibal Mora de las actividades que se desarrollan en los centros de distribución, el despacho de mercancía es un proceso de alto riesgo además de que se constituye en uno de los procesos críticos y susceptibles de mejora ya que este es la última actividad ejecutada en el centro de distribución antes del contacto con el cliente. ¿Qué tan de acuerdo se encuentra usted con la afirmación anterior?	De acuerdo	3	3	4	3	3

Tabla 10. Respuesta de la pregunta abierta.

#	Pregunta	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
2	Como bien se sabe un elevado porcentaje de las devoluciones se propicia en los procesos logísticos internos de la organización, en consecuencia el despacho de mercancía es considerado como el último proceso ejecutado en los centros de distribución en términos del flujo de material, por lo tanto ¿Cuáles considera usted que son los principales errores que se presentan en el despacho de mercancía que terminan propiciando devoluciones?	<p>*Pedidos incompletos entregados al cliente por errores en el despacho o en la entrega.</p> <p>*Calidad del producto no está acorde con las expectativas del cliente y el en despacho no se detecta la novedad.</p> <p>*Falta de seguimiento a la fecha de entrega.</p>	<p>*Trocamiento de mercancía.</p> <p>*Avería del producto</p> <p>*Tiempos muertos que generan incumplimiento en la promesa de servicio.</p>	<p>*Falta de capacitación al personal nuevo dentro de la operación.</p> <p>*Mayor y eficiente auditoria en los despachos de mercancía.</p> <p>*Conocimiento pleno de las referencias a despachar.</p> <p>*Inadecuada manipulación.</p>	<p>*Mercancía averiada</p> <p>*Mercancía trocada</p> <p>*Faltante de mercancía</p>	<p>*Pedidos incompletos por discrepancias en el despacho.</p> <p>*Entregas por fuera de la promesa de servicio acordada</p>

Tabla 11. Respuestas de las preguntas de calificación

#	Pregunta	Factores a calificar	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
3	Marque el grado de incidencia que tiene cada uno de las siguientes causas en la generación de errores en el proceso de despacho de mercancía.	Desconcentración por parte del operario.	1	2	1	1	1
		Rotación del personal.	2	2	1	1	2
		Mala manipulación del producto.	3	1	3	1	3
		Errores de interfaz de los sistemas de información.	3	1	3	2	3
		Similitud entre empaques o productos.	3	1	2	2	2
		Desconfianza del inventario.	3	2	3	2	3
		Errores de etiqueta.	3	2	2	2	2
4	Si conoce alguna causal distinta a la ya mencionada, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia.		-----	Nivel de experticia del operario (2) Falta de capacitación (2)	-----	-----	-----

Tabla 11. (Continuación)

#	Pregunta	Factores a calificar	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
5	Las causas nombradas en el punto 2. Pueden ser mitigadas con acciones o actividades que se denominan roturas en el diagrama de hipótesis dinámica, en ese sentido a marque el grado de incidencia que tiene cada uno de las siguientes roturas identificadas en el modelo para la mitigación de errores en el proceso de despacho de mercancía.	Pausas activas	2	2	2	1	1
		Buenos salarios y programas de bienestar	3	3	3	3	2
		Mantenimiento Preventivo	2	2	3	2	3
		Metodología de trabajo Back up	3	1	3	2	3
		Re empaque del producto	2	2	3	2	2
		Estrategias de salida comercial	1	1	2	2	1
6	Si conoce alguna acción que funcione como rotura distinta a las mencionadas en el punto anterior, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia.		Sistemas de control de despacho más eficientes como por ejemplo el despacho por voz que evita errores y minimiza la desconcentración. (4)	Empoderamiento de la organización 4	----	----	-----

Tabla 11. (Continuación)

#	Pregunta	Factores a calificar	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5
7	Realizando la validación en fuentes de información secundaria se encontraron modelos de priorización los cuales tienen una serie de restricciones o variables que se deben tener en cuenta para la construcción del modelo, a continuación, se enumeraran, por favor marque el grado de incidencia que tiene cada una de las siguientes restricciones para la construcción del modelo.	Demanda diaria/cliente	2	2	2	1	2
		Demanda total /día	3	2	1	1	1
		Demanda total/mes	2	2	3	2	2
		Lead Time/cliente	1	1	2	1	1
		Capacidad del vehículo	2	1	1	1	1
		Disponibilidad de recursos	2	1	2	1	2
		Documentación					
		Disponibilidad de muelles o puertas de embarque	1	1	1	1	1
		Talento humano	2	3	2	2	3
		Ventanas de tiempo para cargar y entregas	1	1	2	2	2
		Número de entregas	2	2	2	1	2
		Puntos de suministro	3	3	2	3	2
		Restricciones horarias	1	2	2	1	1
		Paradas o descansos del vehículo	3	3	2	1	3
Restricciones vehiculares	2	3	3	1	3		
Satisfacción de la demanda de los clientes	2	2	1	1	1		
8	Si conoce alguna restricción que no esté incluida en el punto anterior, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia.		-----	Costo de la operación del transporte (4)	-----	-----	-----

3.6.4 Análisis de Contexto. Todos los expertos están de acuerdo con el enfoque dado a la investigación hacia el proceso de despacho, ya que en su experiencia este proceso y una serie de restricciones son variables de alto riesgo operacional por robos de mercancía, novedades en la última milla tanto con el cliente como con el transportador y que allí es donde se deben filtrar y eliminar todos los errores de la logística interna de la organización para prestar un buen servicio en pro de fidelizar y adquirir más clientes.

3.6.5 Análisis de Convergencia. Para realizar la integración de los resultados obtenidos en la matriz Vester y la aplicación de la entrevista a los expertos se recurre al método de análisis de convergencia como método comparativo, la cual radica en hacer un cruce de la calificación asignada a las distintas variables en la matriz Vester y la calificación asignada por el experto a cada uno de los criterios.

Se pretende que este análisis defina los elementos y variables que estructurarán el modelo de optimización para el proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución ubicados en Cundinamarca.

La Tabla 12., explica las equivalencias que utiliza el presente método de investigación para relacionar la matriz Vester y la entrevista a expertos.

Tabla 12. Equivalencias entre la matriz Vester y escalas de Likert

Matriz Vester	Escala de Likert	
	Calificación	Valoración
Indiferente Pasiva Activa Crítica	1	Totalmente en desacuerdo
	2	En desacuerdo
	3	De acuerdo
	4	Totalmente de acuerdo
Crítica Activa Pasiva Indiferente	1	Muy incidente
	2	Incidente
	3	Poco incidente
	4	Nada incidente

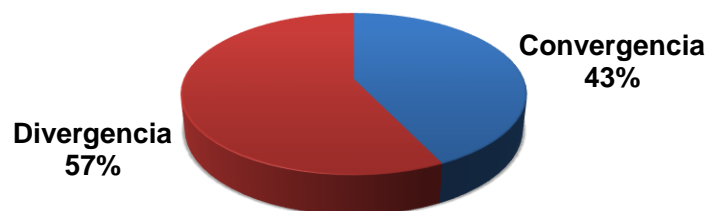
Con base en la tabla de equivalencias se estructuraran las causales de errores en el proceso de despacho en los centros de distribución, aquellas causales que presenten convergencia y tenga una calificación crítica o activa serán las causales que tienen mayor incidencia, y para aquellos que sean divergentes el punto de vista del experto será el que tenga prioridad dada su experiencia y conocimiento, por lo tanto las causas que los mismos califiquen como críticas o activas serán consideradas como incidentes.

Tabla 13. Análisis de convergencia y divergencia

Causa	Matriz Vester	Entrevista	Convergencia	Divergencia
Desconcentración por parte del operario	Activa	Crítica		X
Rotación del Personal	Activa	Activa	X	
Mala manipulación del producto	Pasiva	Pasiva	X	
Errores de interfaz de los sistemas de información	Indiferente	Pasiva		X
Similitud entre empaques o productos	Crítica	Activa		X
Desconfianza del inventario	Pasiva	Pasiva	X	
Errores de etiquetas	Crítica	Activa		X
TOTAL	---	---	3	4

De lo anterior podemos inferir que un 43% de las causas convergen y en el restante 57% de las causas se presenta divergencia entre la investigación y la opinión de los expertos (Gráfica 6.)

Gráfica 5. Análisis de convergencia

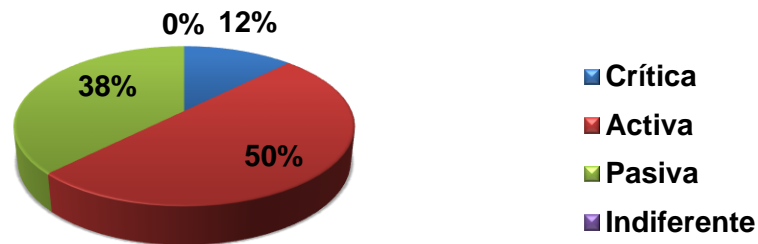


En la siguiente tabla se encuentra el resultado de las causales.

Tabla 14. Resultado definitivo de las causales de errores en el despacho

Causa	Resultado
Desconcentración por parte del operario.	Crítica
Rotación del personal.	Activa
Mala manipulación del producto.	Pasiva
Errores de interfaz de los sistemas de información	Pasiva
Similitud entre empaques o productos.	Activa
Desconfianza del inventario.	Pasiva
Errores de etiqueta.	Activa
Falta de capacitación	Activa

Gráfica 6. Distribución de las causales de error



Las roturas en la hipótesis dinámica como ya se había mencionado es una acción que permite mitigar o disminuir la relación entre dos variables, en el diagrama de hipótesis dinámica se estipulan seis posibles roturas que mitigarían los errores en el proceso de despacho, estas roturas también fueron compartidas y validadas por los expertos, quienes de igual manera calificaron la incidencia de las mismas con base en su experiencia y conocimiento, en consecuencia, la Tabla 15., permite observar la calificación de las roturas que deben ser incluidas en el sistema.

Tabla 15. Calificación de las roturas por parte de los expertos.

Rotura	Calificación Expertos
Pausas activas.	Incidente
Buenos salarios y programas de bienestar.	Poco incidente
Mantenimiento preventivo.	Incidente
Metodología de trabajo back up.	Poco incidente
Re empaque del producto	Incidente
Estrategias de salida comercial	Muy incidente

4. ELEMENTOS INFLUYENTES EN EL PROCESO DE DESPACHO

Este capítulo proporciona inicialmente una descripción de los recursos y características más comunes de los centros de distribución, que se define como la instalación o infraestructura destinada al almacenamiento y manipulación de productos que tiene como objetivo mitigar los desequilibrios que se presentan entre la oferta y la demanda⁸⁴, además de gestionar actividades logísticas que incorporan valor al producto como maquila, etiquetado entre otras.

La gestión de los Cedi se soporta en políticas, recursos y operaciones⁸⁵, las cuales van de acuerdo a la necesidad y capacidad del negocio, dentro de las políticas se encuentran las estrategias de operación que se adopten, horarios de operación, condiciones de operación, medición de productividad, entre otros⁸⁶, políticas sobre las cuales no ahondaremos porque son particularidades de las organizaciones y de la administración logística de los centros de distribución.

4.1 RECURSOS

Los recursos son los equipos y configuración física de los procesos logísticos con los cuales dispone el Cedi para dar respuesta a las necesidades del negocio, y se clasifican principalmente en:

4.1.1 Equipos de transporte de mercancía. A continuación, se mencionan los equipos de transporte que se manejan en un Cedi.

4.1.1.1 Montacargas. Es un vehículo que permite transportar, remolcar, empujar, apilar, subir o bajar distintos objetos y elementos. Existen una amplia variedad en el mercado que se distinguen por la capacidad de carga, tipo de horquillas, tipos de propulsión, tipos de ruedas e incluso variando la posición del operador.


⁸⁴CONSULTORA LOGÍSTICA. Diseño logístico de un centro de distribución. Rosario, Argentina. (2010). [Consultado el 02/08/2016].

⁸⁵ BAKER, Peter. Aligning Distribution Center. Operation to Supply Chain Strategy. [Consultado el 05/08/2016]. Disponible en: The International Journal of Logistics Management. P. 111-123

⁸⁶ MONTOYA, Rodrigo y CORREA, Alexander. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución utilizando superficies de respuesta. 2012. [Consultado el 013/08/2016]. Disponible en:

file:///C:/Users/1070970457/Desktop/TESIS/Articulos%20tesis/Mejoramiento%20del%20cargue%20en%20el%20despacho%20de%20un%20centro%20de%20distribuci%C3%B3n.pdf.

Tabla 16. Equipos de montacargas

Nombre	Imagen	Descripción
Eléctricos de 3 ruedas		Diseñados para pasillos angostos los cuales minimizan el tiempo y utilización del equipo
Apiladoras eléctricos		Diseñados para trabajar en interiores reducidos y su capacidad varía entre 1,5 ton – 3 ton
Carros de arrastre o carretillas eléctricas		Útil para la descarga de vehículos y puede mover cargas de hasta 400 kg
De combustión interna		Diseñado para ciclos de trabajo intensivos con grandes capacidades
Montacargas eléctrico contrabalaceado		Se adecuan al tipo de negocio, de gran capacidad
De doble profundidad		Equipo de trabajo pesado que tiene horquillas que se extienden hasta 53”, la cual le permite tomar cargas de estanterías de doble profundidad, las cuales permiten aumentar el espacio de almacenamiento.

Fuente: LOGISMARKET. Disponible en:
<https://www.logismarket.com/> (Consultado el 2 de abril de 2017)

4.1.1.2 Transpaletas. Es una carretilla con poca elevación, la cual permite trasladar mercancía de forma horizontal con ayuda de dos brazos horizontales, los cuales pueden variar de longitud según los requerimientos⁸⁷, en la Tabla 17. se pueden algunos tipos de transpaletas.

Tabla 17. Tipos de Transpaletas

Nombre	Imagen	Descripción
Manual o estibador manual		La longitud de las tenazas puede variar entre 80 cm y 300 cm y con diversas capacidades entre los 1000 y 3000 kg
Eléctrico o estibador eléctrico		Permite trasladar de forma rápida la carga, las tenas suelen ser de gran longitud para el traslado de dos estibas.
Estibador eléctrico de doble profundidad		Tiene horquillas de mayor longitud, lo cual le permite mayor capacidad sin presentar inconvenientes en el desplazamiento.

Fuente: LOGISMARKET. Disponible en:

<https://www.logismarket.com/> (Consultado el 2 de abril de 2017)

4.1.1.3 Bandas transportadoras. Son sistemas que permiten automatizar el transporte de materias primas, productos en procesos o productos terminados, y consiste básicamente en un sistema consistente en una cinta que se mueve continuamente entre dos tambores los cuales son accionados por un motor⁸⁸, en la Tabla 18., y Tabla 19., se pueden observar varios tipos de bandas transportadoras que se utilizan en la operación logística.

⁸⁷ Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. NTP 31 9: Carretillas manuales: transpaletas manuales. [Consultado el 03/09/2016].

⁸⁸ QUIMINET. Las bandas transportadoras y su uso en la industria. 2012. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en:

Tabla 18. Tipos de bandas transportadoras

Nombre	Imagen
Transportadores de banda	
Elevadores	
Transportadores curvos- Curvas de Banda	
Transportadores de Banda Modular	

Fuente: LOGISMARKET. Disponible en:
<https://www.logismarket.com/> (Consultado el 2 de abril de 2017)

Tabla 19. Bandas transportadoras de rodillo

<p>Transportadores de Cadena de Charnelas</p>	
<p>Transportadores de rodillo</p>	
<p>Transportadores extensible de roldanas</p>	
<p>Transportadores de malla metálica</p>	

Fuente: LOGISMARKET. Disponible en:
<https://www.logismarket.com/> (Consultado el 2 de abril de 2017)

4.1.2 Sistemas de almacenamiento. En los centros de distribución el espacio es una variable que permite obtener éxito en las operaciones, es por ello que la mejor utilización del mismo sea la razón principal para utilizar estanterías destinadas para el almacenamiento, considerando también los daños a las mercancías y la eficiencia en el manejo de la misma⁸⁹.

⁸⁹ MORA. Op.cit, p. 87-89.

En concordancia con lo anterior y según algunas restricciones como el tipo de producto se presentan los siguientes tipos de sistemas de almacenamiento.

4.1.2.1 Apilado a Piso. Carece de estantería, y consiste básicamente en ubicar estibas con producto encima de otras, y usualmente se operan mediante montacargas, su uso es frecuente en el almacenamiento de materia prima, productos minerales, entre otros, en la Figura 25., se puede observar un claro ejemplo de almacenamiento en piso.

Figura 25. Ejemplo de almacenamiento en piso



Fuente: GRUPO LEA. Disponible en:
<http://www.leademexico.com/>
(Consultado el 10 de abril de 2017)

4.1.2.2 Selectivo. Es el método más común de almacenamiento, el cual permite un acceso directo a cada referencia, brinda un acceso fácil, seguro y rápido. Los sectores que más se destacan por su uso son los productores y comercializadores.

Figura 26. Ejemplo de almacenamiento selectivo



Fuente: MECALUX. Disponible en:
<https://www.mecalux.com.co/soluciones-de-Almacenamiento> (Consultado el 11 de abril de 2017)

4.1.2.3 Doble Profundidad. Se utiliza para almacenar referencias con lotes que requieren alta capacidad de almacenamiento, se caracteriza por tener acceso a dos estibas de la misma referencia aumentando la capacidad de almacenamiento en aproximadamente un 30%, sin embargo disminuye el número de referencias que se pueden almacenar y para poder operar eficientemente es necesario tener montacargas de doble profundidad⁹⁰.

Figura 27. Ejemplo de almacenamiento de doble profundidad



Fuente: DITESA. Disponible en: <http://ditesalogistica.com.mx/>
(Consultado el 12 de abril de 2017)

4.1.2.4 Compacto. Permite maximizar la utilización del espacio disponible en el Cedi, es ideal para Centros de distribución que manejen pocas referencias, baja rotación de inventario, y gran cantidad de inventario por referencia. Es un sistema que se adapta a organizaciones que utilizan materia prima para empresas que trabajan con minerales o frigoríficos.

Figura 28. Ejemplo de almacenamiento Compacto

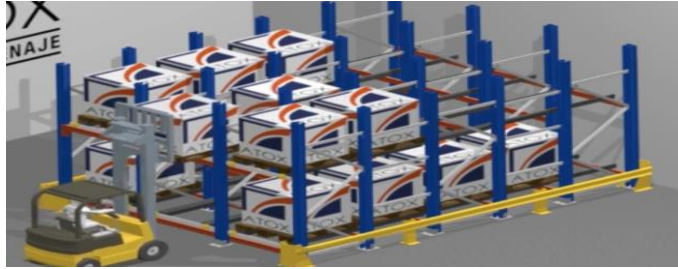


Fuente: DITESA. Disponible en: <http://ditesalogistica.com.mx/>
(Consultado el 12 de abril de 2017)

⁹⁰ *Ibíd.*, p.90-94

Sistema Push Back. Sistema de almacenaje que permite almacenar hasta cuatro estibas de fondo por nivel. Es ideal para productos paletizados de rotación media, que consiste en ubicar el palet en la posición asignada, la cual tiene unos carros que desplazan por empuje la mercancía hacia el fondo del nivel, el tipo de salida del producto es LIFO (Last In First Out).

Figura 29. Ejemplo de almacenamiento Push Back



Fuente: ATOX. Disponible en:
<http://www.atoxgrupo.com/website/>
(Consultado el 12 de abril de 2017)

4.1.2.5 Sistema Dinámico. Se basan en estanterías que incorporan cilindros o rodillos con una ligera pendiente el cual hace que por gravedad desciendan levemente hasta el extremo contrario, es decir que se basa en la filosofía FIFO (First In First Out), es un sistema idóneo para el manejo de productos perecederos.

Figura 30. Almacenamiento Dinámico



Fuente: MECA. Disponible en: <http://www.mecasystem.com/>
(Consultado el 15 de abril de 2017)

4.1.2.6 Cantiléver. Es el modelo ideal para el almacenamiento de tuberías y de productos de gran longitud, y tiene gran facilidad para el acopio del mismo. Es bastante común en los centros de distribución de productos relacionados con ferreterías y muebles.

Figura 31. Ejemplo de Almacenamiento en Cantiléver



Fuente: OHRA. Disponible en: <http://www.ohra.es/>
(Consultado el 15 de abril de 2017)

4.1.2.7 Entrepisos y mezzanines. Es un sistema que tiene varios niveles de acopio a la mano de los operadores, se utiliza cuando numerosas referencias y poco inventario de las mismas.

Figura 32. Ejemplo de entrepisos y mezzanines



Fuente: OHRA. Disponible en: <http://www.ohra.es/>
(Consultado el 15 de abril de 2017)

4.1.2.8 Autoportante. Son estanterías que estructuran la construcción, es decir funciona de soporte de la cubierta. Su gran ventaja es que aprovecha al máximo la altura del Cedi, disponiendo así de gran capacidad de almacenaje, tal como se puede apreciar en la Figura 33., donde primero se estructura la estantería y posteriormente la cubierta.

Figura 33. Ejemplo de Estantería Autoportante



Fuente: <http://www.ohra.es/> (Consultado el 15 de abril de 2017)

4.1.2.9 Carruseles. Son estanterías que rotan con el objetivo de que el acopiador tenga un fácil acceso a la mercancía, permite un menor tiempo en el picking y maximiza el almacenamiento de unidades con poco inventario, permitiendo dar respuesta a los múltiples requerimientos.

Figura 34. Almacenamiento en carruseles

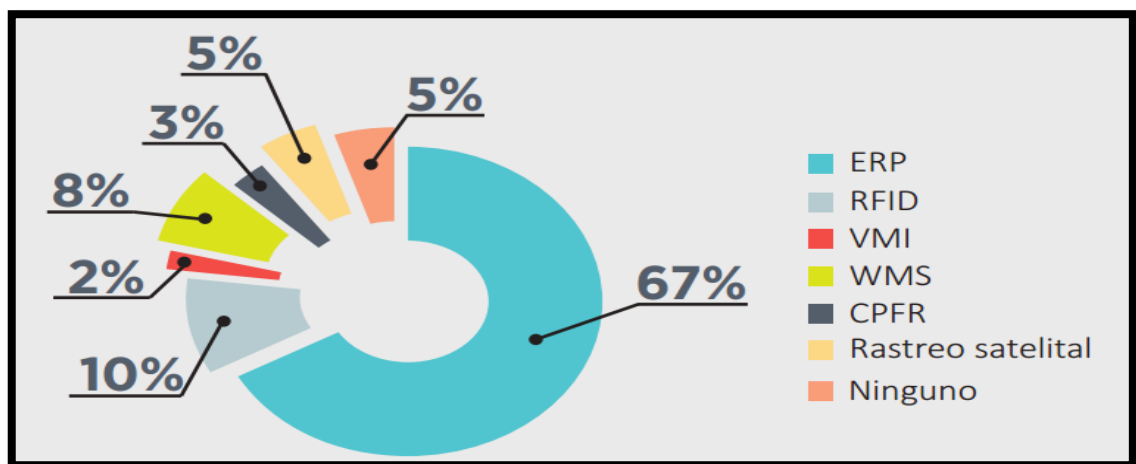


Fuente: LOGITEC. Disponible en: <http://www.logitec.com.ar/logitec> (Consultado el 20 de abril de 2017)

De los sistemas de almacenamiento es complejo inferir cual es el mejor, o que método es el que proporciona mayores beneficios a las organizaciones, ya que cada uno se acopla a una necesidad o tipología de negocio, que va a estar condicionada por el tipo de producto que maneje, políticas organizacionales estipuladas, recursos económicos entre otras variables.

4.1.3 Tecnologías de información y comunicación. Las TIC hacen parte de los recursos que han revolucionado la logística en los últimos años, sin ser ajeno al entorno un estudio de medición del desempeño logístico empresarial del año 2015, refleja la realidad del país, el cual estuvo enfocado principalmente a grandes empresas (Activos superiores a 30.001 SMLV), medianas empresas (Activos entre 5.001 y 30.000 SMLV), pequeñas empresas (Activos entre 501 y 5.000 SMLV) y en un menor porcentaje microempresas (Activos inferiores a 500 SMLV), dentro de los que se encuentran fabricantes, distribuidores mayoristas, minoristas, y operadores logísticos. Este benchmarking logístico permitió saber cuáles son los sistemas de información que más usan las organizaciones en Colombia.

Gráfica 7. Uso de las TIC en Colombia



Fuente: CEIPA. Disponible en <http://www.ceipa.edu.co/ceipa/lp-pregrados-> (consultado el 20 de abril de 2017)

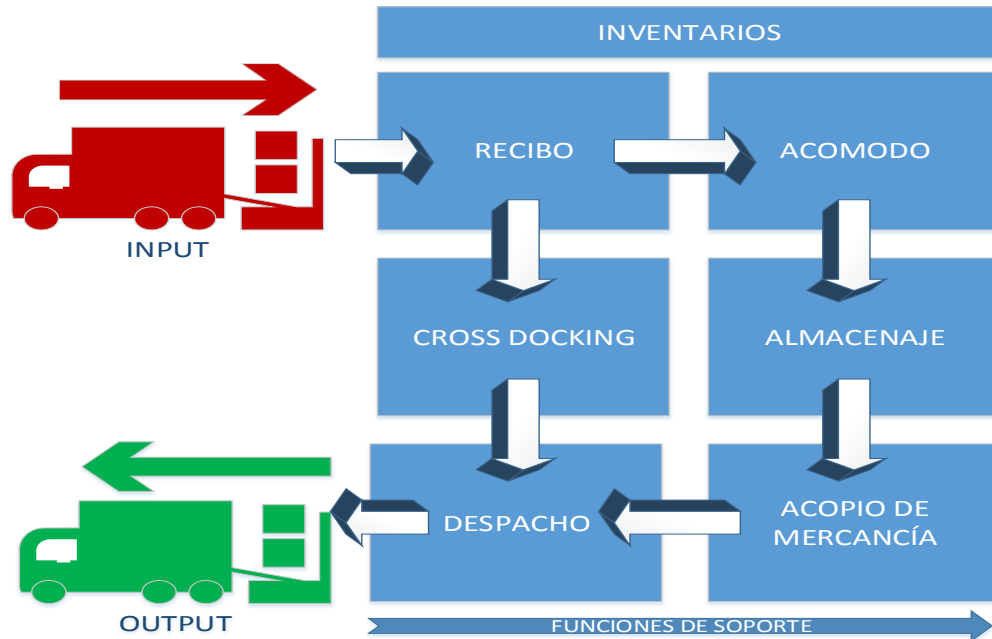
Según la Gráfica 7., el sistema de información más utilizado en Colombia es el ERP con un 67%, seguido del RFID con 10% y finalmente el WMS con 8%, siendo las más destacadas TIC que implantan las organizaciones con enfoque logístico en Colombia⁹¹. La implementación de las TIC en las organizaciones tiene como objetivo incrementar la productividad y eficiencia de los centros de distribución, sin embargo es importante tener cuidado al momento de elegir cuál de las TIC se debe implantar, ya que deben responder a la necesidad del negocio y se deben acoplar de gran manera a la organización para generar resultados visibles a las empresas.

⁹¹ Fundación Universitaria Ceipa. Benchmarking logístico 2015. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: http://material.ceipa.edu.co/contenido/campus/sitio/micro_site/Informe_final_2015.pdf

4.1.4 Distribución de áreas físicas del cedi.

El centro de distribución tiene distintas posibles distribuciones físicas, la cuales hacen referencia a las delimitaciones donde se llevan a cabo las distintas operaciones logísticas internas, descritas en el siguiente diagrama (Figura 35), las cuales a su vez dictan el modo operandi del Cedi.

Figura 35. Flujo de operaciones de un Cedi



El flujo de operaciones normal de un centro de distribución se estipula en la Figura 35., el cual va a tener condicionada su eficiencia a la distribución física, los recursos y el talento humano. En ese sentido a continuación se presentarán algunas posibles configuraciones físicas de un Cedi.

4.1.4.1 Configuración de muelles en paralelo. Es adecuada para realizar operaciones de Cross Docking, ya que, así como ingresa mercancía se pueden realizar las operaciones de consolidación o des consolidación sin incurrir en almacenamiento.

Figura 36. Configuración de Muelles Paralela



Fuente: MORA, Anibal. Logística integral: las mejores Prácticas en la cadena de abastecimientos. 1ed. Ecoe Ediciones. (2010).

4.1.4.2 Configuración del almacén en H. Es usada principalmente en organizaciones productoras, ya que contempla dos zonas de almacenamiento, una para materias primas e insumos y otra de producto terminado.

Figura 37. Ejemplo de configuración del almacén en H



Fuente: MORA, Anibal. Logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. 1ed. Ecoe Ediciones. (2010).

4.1.4.3 Configuración física lineal. Es el método más común, en el cual confluye el área de recibo y despacho por un extremo del centro de distribución y es muy compatible para organizaciones que manejan una misma tipología de productos.

4.1.4.4

Figura 38. Ejemplo de configuración lineal



4.2 PRINCIPALES PROCESOS OPERATIVOS DE LOS CEDI

Para determinar los elementos influyentes del proceso de despacho es importante describir de forma genérica los demás procesos con los cuales converge el proceso de despacho de mercancía, aquella gestión se fundamenta principalmente en cuatro procesos (ver Figura 39) que son.

- Recepción de mercancía
- Separación y alistamiento de mercancía
- Almacenamiento de mercancía
- Despacho de mercancía

Figura 39. Principales procesos operativos de los centros de distribución



Las anteriores operaciones son el mínimo de actividades que desarrolla un Cedi sin importar el tipo de actividad logística, flujo de operación, ubicación o tipo de material que se almacene. Estas operaciones se describen a continuación.

4.2.1 Recibo de mercancía. Es considerado por referentes logístico como el Ingeniero Anibal Mora el primer proceso que tiene lugar en el Cedi, el cual puede ser recepción de productos terminados, materias primas o productos en proceso.

4.2.1.1 Objetivos del Proceso de Recepción de Mercancía.

- Asegurar que la mercancía recibida cumpla con los criterios de calidad establecidos por la compañía es decir que no se presenten daños o averías en el producto (rayones, abolladuras, vencimiento, productos incompletos, corrugados en mal estado, entre otros)
- Identificar en el momento de recibo de mercancía las posibles no conformidades que pueda tener la mercancía, los cuales pueden afectar los procesos productivos o puedan generar sobre costos y pérdidas para la organización.
- Relacionar las órdenes de compra con la cantidad física recibida, con el objetivo de que no se presenten diferencias en los sistemas de información.

4.2.1.2 Métodos para el Ingreso de Información en el Recibo. Los métodos en el registro de información en el proceso de recibo de mercancía pueden variar según el tipo de operación, tamaño de la organización, además de los recursos con los que cuente la organización. En la Figura 38. se asocian los tres métodos que manejan las organizaciones.

Figura 40. Diagrama de métodos para el ingreso de mercancía



Fuente: MORA, Anibal. Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. 1ed. Ecoe Ediciones. (2010)

- **Uso del papel y lápiz:** Es característico de empresas pequeñas, las cuales no tienen muy en claro la importancia de controlar el ingreso de mercancía para el inventario y el impacto que tiene la misma en la operación. Este sistema es susceptible a errores de escritura, legibilidad o transcripción.
- **Registro en Excel:** Es el sistema más común de las organizaciones en Colombia, es realmente simple y no incurre en grandes costos, ya que este programa viene integrado en el paquete office de los equipos de computación, sin embargo, este método obliga a realizar procesos operativos, los cuales también están sujetos a errores de transcripción.

- Aplicación de los Sistemas de Información: Dentro de los sistemas de información ya antes vistos los que aplican a la recepción de mercancía y permiten optimizarla es el RFID y el WMS, los cuales eliminan los errores de transcripción, evita desgaste del operario al ingresar sistemáticamente la mercancía lo cual permite a su vez controlar en tiempo real el inventario de la organización, reduciendo los errores en el mismo y aumentando la confiabilidad del inventario. Este método es característico de grandes organizaciones con capacidad financiera, ya que la implementación de los anteriores conlleva elevados costos.

4.2.1.3 Tipos de Recibo de Mercancía. El recibo de mercancía está ligado directamente al producto que se recibe, es decir según el empaque y clase de producto el proceso que para algunos será necesario equipos, infraestructura diferente a mejor que la de otros, en ese sentido según Anibal Mora existen tres principales grupos que dictan puede variar, ya como se debe realizar el recibo⁹² y son:

- **A granel.** Este aplica para los productos o materias primas que no son empacados de manera tradicional como en bultos, cajas entre otras, ya que son a dimensionados, se aplica en su gran mayoría para proveedores de materia prima, la cual puede ir directamente a silos, tanques con tolvas, entre otros.
- **Paletizado.** El concepto de paletizar hace referencia a la agrupación de productos sobre una estiba o pallet, la cual tiene como objetivo conformar un todo que contenga un mayor número de productos, garantizando un fácil manejo y almacenamiento. Estos pallets pueden ser compactados por materiales como Vinipel, material stretch, zunchos, cartón, entre otros. Este tipo de recibo de mercancía permite agilizar el recibo de mercancía con ayuda de equipos como montacargas, transpaletas e infraestructura como rampas que tengan la altura apropiada, y se debe a una integración de procesos con el proveedor, ya que las estibas tienen un valor por lo tanto son de carácter devolutivo en su gran mayoría.

Por lo tanto tener un recibo paletizado permite reducir los tiempos de manipulación y agilizar el proceso de almacenamiento y descargue del vehículo, liberando de esta manera muelles de forma más ágil, factor importante para la operación logística en un Cedi.

⁹² MORA. Op.cit, p. 24-30

Figura 41. Ejemplo de recibo de mercancía paletizada



Fuente: TRANSPORTE3. Disponible en: <http://www.transporte3.com/>
(Consultado el 25 de abril de 2017)

- **Arrume.** Es el tipo de recibo más común, ya que hace referencia a cajas, bultos, o unidades sueltas, claro está que, si en el recibo de la mercancía la organización precisa que para su almacenamiento lo más indicado es estibar o paletizar deberán crear una huella indicada para cada producto que se reciba y de esa manera paletizar, de lo contrario se almacenara tal como llegue el producto. Las dos opciones se expresan en la Figura 42.

Figura 42. Ejemplo de paletización o traslado de cajas de arrume.



Fuente: TRANSPORTE3. Disponible en: <http://www.transporte3.com/>
(Consultado el 25 de abril de 2017)

En el proceso de recibo se realizan validaciones documentales las cuales permiten responder a la pregunta ¿Qué se debe recibir?, ya que en la documentación se asocian las cantidades físicas que debe contener el vehículo que se va a recibir, y la verificación física de la mercancía, la cual puede ser:

- **Conteo ciego.** El operario encargado del recibo físico de la mercancía no sabe el número de unidades que debe recibir, por lo tanto, debe contar y verificar sin caer en errores, posteriormente después de haber realizado el recibo se procede a validar con la facturación si las cantidades recibidas son correctas, es característico de operaciones que cuentan con tecnologías de la información, ya que la verificación se realiza automáticamente.
- **Conteo anunciado.** Se caracteriza porque el recibidor sabe las referencias y las cantidades asociadas al vehículo que se va a recibir, es confiable cuando se tienen buenas relaciones y confiabilidad en el proveedor, sin embargo, no garantiza que no se presenten errores.

Dado que el recibo sea ciego o anunciado se deben validar las cantidades, condiciones del empaque o corrugado y demás aspectos que varían según el producto, por ejemplo, la fecha de vencimiento, lote, entre otras. Una duda que surge en el proceso de recibo es ¿Qué cantidad de productos debo inspeccionar?, es allí donde surgen varias teorías como la Militar estándar, planes de inspección totales, parciales o sin inspección, sin embargo, también se habla de entregas certificadas, el cual es un proceso que tiene como objetivo eliminar las revisiones del cliente a su proveedor, este proceso requiere todo un acuerdo y proceso de certificación formal acordado entre las partes.

4.2.2 Almacenamiento y reabastecimiento de mercancía. Los objetivos principales del proceso de almacenamiento son guardar, proteger y conservar de manera adecuada y por periodos de tiempo los productos que la organización determine, aportando a la facilidad del proceso de alistamiento.

Es importante destacar que el almacenamiento está ligado a variables tales como la infraestructura, los recursos ya mencionados, el recurso humano, las políticas establecidas para los niveles de inventario, los costos de operación, entre otras variables, las cuales obligan a optimizar el espacio del Cedi mediante el uso de estrategias para determinar el flujo de productos, establecer zonas logísticas que clasifican los productos según su rotación, realizar paretos para agrupar familias de productos, entre otros aspectos que son fundamentales para dinamizar y optimizar el Cedi.

4.2.2.1 Objetivos del proceso de almacenamiento de mercancía.

- Maximizar la capacidad de almacenamiento.
- Maximizar la utilización de los recursos.
- Facilitar el acceso para el alistamiento de la mercancía.
- No generar merma operativa.
- Minimizar los costos operativos.

El almacenamiento tiene por objeto ocuparse de los materiales que mueve la organización, para llegar a la consecución de los objetivos comerciales y productivos, por lo tanto, la gestión que en él se desarrolle debe ser eficaz desde la llegada del producto hasta la salida del mismo, la cual acompañada de la parte comercial deben minimizar el tiempo de almacenamiento del producto.

4.2.2.2 Variables a tener en cuenta para optimizar el almacenamiento. El core del negocio de la organización es quien decide que almacenar y que tipo de estantería y equipos se deben tener para ser eficientes en el manejo de la mercancía, de lo cual pueden ir desde sistemas simples hasta grandes sistemas automatizados que requieren grandes niveles de inversión, sin embargo, el almacenamiento va a depender de las siguientes variables:

- Capacidad para el almacenamiento de mercancía.
- Tipo de producto que se van a almacenar.
- Políticas de inventario de la compañía.
- Velocidad de respuesta.
- Tipo de embalaje.

4.2.2.3 Manejo del almacenamiento. El manejo del almacenamiento anteriormente se basaba en la capacidad de personal con la que contará la organización, rendían sin estandarizar procesos ni métodos, sin embargo con el transcurso del tiempo se dio el concepto de cargas unitarias que dieron paso al pallet, el cual apoyado con el desarrollo e innovación de maquinaria, sistemas e infraestructura como bandas transportadoras, montacargas y estanterías, elementos que integrados permiten aumentar la capacidad de almacenamiento, mejoras en el manejo de mercancía disminuyendo la merma, mejor manejo de stocks y rotación del producto, permitiendo mayor eficiencia en los procesos del Cedi.

Figura 43. Ejemplo de pallet



Fuente: TRANSPORTE3. Disponible en: <http://www.transporte3.com/>
(Consultado el 25 de abril de 2017)

Según el tipo de productos que se almacenen en el Cedi y los recursos de la organización van a variar los sistemas de estanterías, incluso llegando a ser sistemas de almacenamiento totalmente automatizados controlados por ordenadores inteligentes, grúas, estanterías móviles y robots, los pronósticos de la demanda no son certeros en las redes de valor, es por ello que las organizaciones deben tener inventario, pues el objetivo es brindar buen servicio para evitar perder a sus clientes, sin embargo, caen en el efecto látigo que se define a continuación.

4.2.2.4 Efecto Látigo. Hace referencia al aumento de la demanda de un producto por parte del consumidor lo cual genera un gran movimiento a lo largo de la red de valor, provocando que los proveedores de los fabricantes, los fabricantes, los distribuidores, mayoristas, minoristas y demás eslabones realicen movimientos y esfuerzos enormes en sus inventarios, lo cual tiene como resultado grandes costos operativos y financieros⁹³.

⁹³ Grupo Atox. El “efecto látigo” en la cadena de suministro. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/efecto-latigo>

Este se produce porque a medida que van avanzando en la red de valor se van añadiendo mayor número de unidades requeridas, hasta llegar al fabricante el cual recibirá una demanda totalmente desproporcionada a lo requerido por el consumidor final, y todo esto se produce por faltas de comunicación entre los eslabones de la red de valor.

Para evitar que el efecto látigo impacte de gran manera a las organizaciones se debe realizar una planeación estratégica que permita alinear las redes de valor anticipándose a la demanda obteniendo así mejor visibilidad a lo largo de la red, permitiendo tomar mejores decisiones para los integrantes de la red de valor.

Figura 44. Alineación de una red de valor determinada por la demanda



Fuente: VATIC GROUP. Disponible en:

<http://www.vaticgroup.com/nueva-alianza-sdi-colombia/>
(consultado el 25 de abril de 2017)

4.2.2.5 Principios de Almacenamiento. A continuación, se dictan las mejores prácticas para realizar una buena gestión por parte del área de almacenamiento.

- **La unidad más grande.** El movimiento que realice el personal debe contener la mayor cantidad de referencias posibles, por lo tanto, se minimizarían movimientos, costos de personal, menor utilización de los equipos y control más fácil sobre los inventarios.
- **La ruta más corta.** Los recorridos que tienen que hacer los trabajadores en un Cedi son los factores más desgastantes que a su vez no agregan valor al producto, es por ello por lo que se debe procurar que se realicen menores distancias, por lo cual asegurarían tiempos de operación más cortos, optimización de baterías y combustibles entre otras.

- **El espacio más pequeño.** Reduce los costos de almacenamiento, se obtienen procesos más simples, distancias más cortas, aprovechamiento de las áreas disponibles, menores inversiones o arrendamientos en Cedi de gran tamaño.
- **El tiempo más cortó.** Los tiempos de operación deben ser mínimos, cual conllevan a estandarizar procesos, tener menores costos de personal y reducción en los tiempos muertos permitiendo realizar planeaciones más certeras.
- **Mínimo número de manipulaciones.** Tocar los productos la menor cantidad de veces posible, realizando este principio se reducen las averías y se da un flujo de materiales más efectivo con menores tiempos, y se debe asegurar que cada manipulación agregue valor involucrando el menor consumo de tiempo y recursos.
- **Agrupar y recolectar:** Manejar productos similares o de misma categoría, lo cual le permite al Cedi tener condiciones similares para el almacenamiento de los mismos, determinar rangos de dimensiones y peso para manipular de mejor manera los productos.

El reabastecimiento es la entrada de mercancías a las posiciones o ubicaciones destinadas para un producto en una zona de acopio, donde el número de ubicaciones es limitado, ya que son las ubicaciones que están al alcance del operario. Los productos no deben superar las especificaciones de cantidades, volumen y calidad. Esta área está ligada a la gestión de compras que realice la organización, ya que es la encargada de determinar los niveles óptimos de inventario sobre los cuales se realizará el reabastecimiento. Según un artículo publicado por la Universidad de Luján el reabastecimiento es un proceso que tiene mucho potencial de mejora, sin embargo, las organizaciones no han analizado la importancia de optimizar el proceso de reabastecimiento de producto a las ubicaciones de picking⁹⁴.

⁹⁴ MONTERROSO, Elda. La gestión de abastecimiento. (Inbound Logistic). [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/abastecimiento.pdf>

4.2.3 Acopio de mercancía. El acopio o picking de mercancía es la selección de mercancía de las ubicaciones destinadas a ubicar productos los cuales posteriormente van a consolidarse y conformaran los envíos a los clientes, según Aníbal Mora es una de las actividades junto al despacho en la cual se presentan más costos por la cantidad de personal y recursos que consume esta labor⁹⁵. Para realizar esta labor se debe tener en cuenta los siguientes ítems. Clasificar los pedidos en las siguientes opciones.

- Clientes institucionales
- Clientes puerta a puerta
- Según la cantidad de pedidos a despachar se debe organizar y coordinar el transporte, planificar los recursos de personal y equipos destinados al acopio y despacho.
- Organización de los desplazamientos: Se define el recorrido del operador, ya sea separando por pedido o consolidación por referencia.

El picking es propenso a errores ya que es el proceso donde se presenta mayor intervención por parte de los trabajadores, sin embargo existen tecnologías o modificaciones que permiten hacer más eficiente el proceso, como por ejemplo el Pick to light que orienta al trabajador mediante luces en qué lugar debe acopiar y como debe acopiar, el Pick to voice que es el acopio por voz que permite al operario tener sus manos libres y escuchar lo que el trabajador debe acopiar, son algunas de las tecnologías que permiten realizar el acopio de forma más eficiente y con pocos errores.

Figura 45. Ejemplo de Pick to light y Pick to voice



Fuente: ADVENTECH. Disponible en: <http://www.adventech-logistica.com>
(Consultado el 25 de abril de 2017)

⁹⁵ MORA. Op.cit., p. 114.

4.2.3.1 Principios para el acopio de mercancía. De igual manera que existen las mejores prácticas para una buena gestión en el almacenamiento se tienen las mejores prácticas con las cuales se pretende tener un acopio de mercancía eficiente y se presenta a continuación.

- Obtener la máxima productividad del personal maximizando la utilización de los equipos informáticos, estanterías, estibadores y montacargas.
- Minimizar los recorridos con estrategias de rotación de inventario ABC, en la cual ubica los productos A en zonas más cercanas logrando obtener menores desplazamientos en el Cedi.
- Obtener información en tiempo real mediante el uso de tecnologías de información como radio frecuencia.
- Cero errores en cuanto a la exactitud de las cantidades y referencias acopiadas.
- Acopiar mercancía de calidad, es decir que no tenga golpes o abolladuras que afecten el estado del producto y que a usted como cliente lo compre.

4.2.3.2 Metodologías de acopio de mercancía. Unos de los principales objetivos es disminuir los tiempos de acopio sin poner en riesgo la calidad del mismo, para ello las organizaciones han adaptado uno o varios métodos de acopio según el tipo de producto y recursos disponibles, a continuación, se presentan resumidamente las principales metodologías.

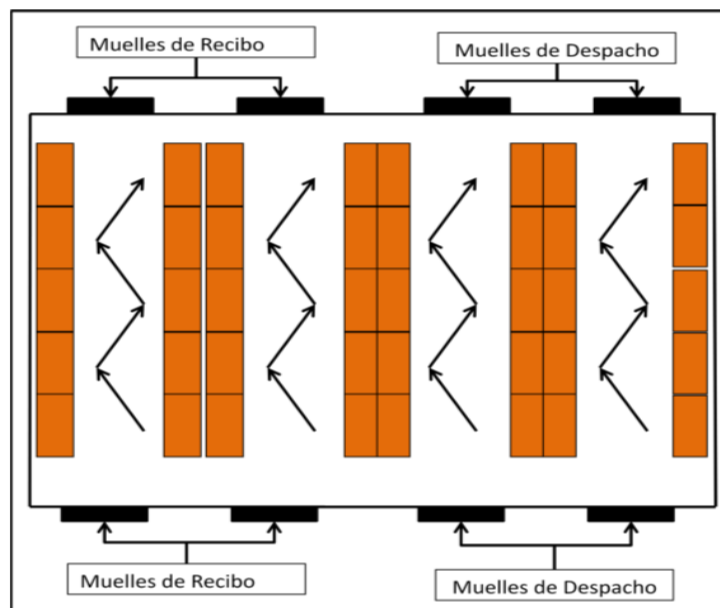
- **Zonal.** Se basa en tener zonificado el Cedi, allí varios trabajadores son repartidos por áreas de picking o familias logísticas y acopiarán varias referencias que finalmente van a conformar un pedido para un cliente, posteriormente son trasladados a zonas de preparación y embalaje para ser consolidado, allí los operarios no realizan recorridos desgastantes.
- **Por pedido.** Un acopiador por pedido, el cual es el encargado de acopiar el total de referencias que contenga el pedido, el operario puede recorrer grandes distancias.
- **Múltiple.** Un operario separa varios pedidos simultáneamente, es decir recorre varias ubicaciones acopiando el total de referencias para los pedidos asignados.

- **Por referencias.** Se tienen grupos de trabajadores para varios pedidos, es decir se hace una separación inicial acopiando referencias y posteriormente se realiza un packing de consolidación de pedidos.

Estas metodologías de acopio se pueden realizar de distintas formas, es decir la ruta de acopio va a diferir según la organización lógica del almacén y de la estantería, y puede ser en:

- **Zigzag.** Se acopian los productos a lado y lado de los racks hasta finalizar la composición de los artículos o pedidos, hacen recorridos como la Figura 46.

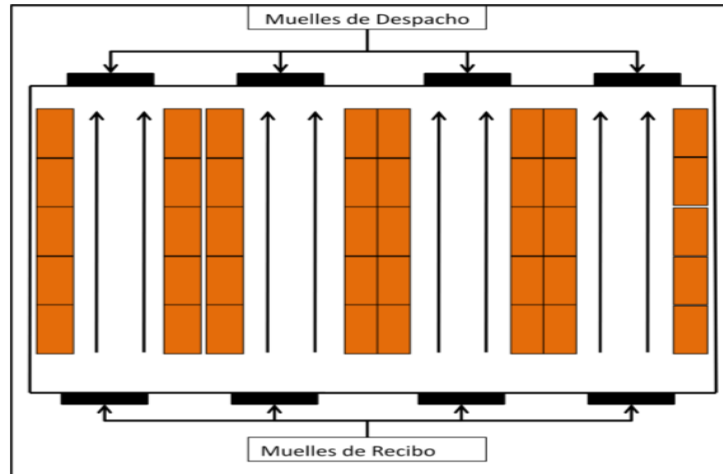
Figura 46. Ruta de acopio en Zigzag



Fuente: MORA, Anibal. Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. 1ed. Ecoe Ediciones. (2010) (Consultado el 26 de abril de 2017)

- **Lineal.** Aplica cuando el Cedi tiene plataformas en paralelo, es decir tiene plataformas para despachar en extremos opuestos, permite disminuir tiempo de recorrido y aumenta la capacidad del acopio.

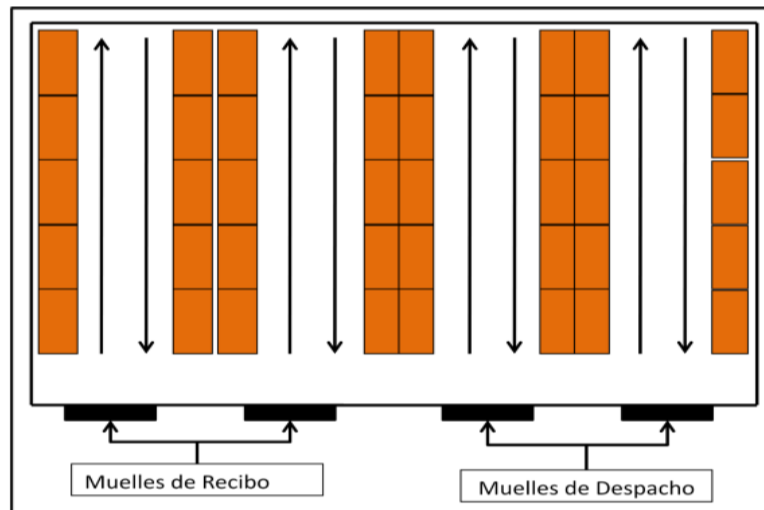
Figura 47. Ruta de acopio lineal



Fuente: MORA, Anibal. Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. 1ed. Ecoe Ediciones. (2010) (Consultado el 26 de abril de 2017)

- **En u.** Se emplea cuando el almacén tiene una configuración física lineal, es decir solo hay muelles en una sola cara del Cedi y están ubicados frontalmente a los racks.

Figura 48. Ruta de acopio en U



Fuente: MORA, Anibal. Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. 1ed. Ecoe Ediciones. (2010) (Consultado el 26 de abril de 2017)

Los recursos y características vistas hacen parte de un panorama general de la operatividad de los centros de distribución, sin embargo, a continuación, se presenta un breve resumen del trabajo de campo y observación directa de algunos centros de distribución.

4.3 DESCRIPCIÓN DE LA OBSERVACIÓN Y TRABAJO DE CAMPO

El presente proyecto de investigación se segmentó para Cundinamarca porque en este departamento particularmente en la sabana de Bogotá y alrededores se centraliza un gran porcentaje de parques industriales dedicados a las operaciones logísticas, adicionalmente el investigador lleva dos años trabajando en Colombiana de Comercio y/o Corbeta S.A. y/o Alkosto S.A. en la operación logística, empresa que centraliza su operación logística en Funza, Cundinamarca, que se constituyó como la principal motivación para realizar un trabajo de investigación enfocado al mejoramiento del proceso de despacho. Es importante recalcar que también se realizaron visitas a varias empresas ubicadas en y alrededor de la sabana de Bogotá, las cuales tienen su core de negocio en distintas actividades económicas, pero para las cuales la logística es un factor fundamental para la consecución de sus objetivos, estas visitas permitieron analizar, determinar factores y variables que influyen en las distintas compañías con enfoque en el proceso de despacho de mercancía. A continuación, se realizará una pequeña caracterización del trabajo de campo realizado por el investigador y de las compañías visitadas.

4.3.1 Colombiana de Comercio S.A. La compañía Colombiana de Comercio incursiona en distintas tipologías de negocio, como automotores con marcas tales como Foton, AKT, Royald Enfield, entre otras, a nivel del retail con negocios como Alkosto, Ktronix y Alkomprar, con el negocio de distribución de consumo masivo con distribuciones Corbeta, algunas marcas propias como Kelly, Magenta. Mi día y otras tantas e incluso en textiles con su marca propia Corbeta textiles, de los cuales el investigador ha tenido la oportunidad de conocer la logística transversal que apoya a los negocios de Alkosto, Ktronix, Alkomprar y Distribuciones Corbeta, es por ello que esta descripción se centralizara en estas unidades de negocio de manera específica.

4.3.1.1 Distribuciones Corbeta. Esta operación cuenta con tres centros de distribución ubicados en Funza (Cundinamarca), Medellín (Antioquia) y Jumbo (Valle), de los cuales se destaca Funza como centro de distribución principal, el cual cuenta con una extensión de 21.000 m^2 (ver Figura 49, número 1) y se centraliza en tres operaciones principales:

Figura 49. Instalaciones del CEDI de distribuciones Corbeta



Fuente: GOOGLE MAPS. Disponible en: <https://www.google.es/maps>
(Consultado el 26 de abril de 2017)

- **Canal tradicional (TAT).** Se basa prácticamente en distribuir productos de consumo masivo a lo largo y ancho del país, de lo cual se desprenden dos tipologías y es la entrega a urbanos y algunas periferias que hace referencia a la entrega tienda a tienda, autoservicios y mayoristas en Bogotá y sus alrededores con tipos de vehículos que pueden oscilar entre las carry y turbos según la demanda de la ruta que abarca un número determinado de clientes y la segunda tipología es la entrega a provincia que ya implica tipos de vehículos con mayor capacidad a los vehículos encargados de entregas urbano, es decir que pueden oscilar entre sencillos y tracto mulas.
- **Ventas Institucionales / E-Commerce.** Tienen un portafolio bastante amplio, lo cual les permite abarcar diferentes mercados dentro de los cuales está la venta a organizaciones y las ventas online a través de su página web, este negocio tiene distintas variables en las cuales se tienen en cuenta criterios de consolidación para despachar con vehículos sub contratados o con empresas terceras, e incluso servicios de Courier lo cual varía según destinos de entrega, demanda de productos, volumetría de los productos entre otras.

- **Traslados interunidad.** Son los traslados que se dan a los centros de distribución ubicados en Cali y Medellín, los cuales a su vez distribuirán mercancía en la zona sur como en la zona norte, estos se realizan por escases de producto en estas unidades de negocio o por la llega de producto de importación que traían productos compartidos y deben des consolidarse en Funza para los demás puntos, se caracteriza porque usualmente son tracto mulas de tres ejes o mini mulas.

4.3.1.2 Centros de distribución Alkosto. Es una operación que tiene diferentes enfoques, los cuales se realizan gracias a que cuentan con dos centros de distribución principales, el primero que se puede observar en la figura 47 con el número 2 tiene una extensión de 15.000 m^2 y se ubica por un corredor vial de gran importancia en el parque industrial San Carlos II el cual abastece con portafolio de línea blanca, televisión, línea marrón, telefonía, audio, accesorios, muebles entre otras y el segundo centro de distribución se ubica en el parque industrial San Carlos I (ver Figura 50.), el cual distribuye el portafolio de llantas, aceite Castrol, temporadas especiales y otras, hacia todas las tiendas Alkosto, Ktronix y Alkomprar del país, para ello define frecuencias de entrega a las tiendas y se apoya con flota subcontratada y empresas especializadas de transporte,

Figura 50. Centros de distribución Alkosto S.A.



Fuente: GOOGLE MAPS. Disponible en: <https://www.google.es/maps>
(Consultado el 26 de abril de 2017)

Sus operaciones de igual manera se fundamentan en tres operaciones.

- **Entregas a clientes directos.** Es la entrega a clientes puerta a puerta, los productos grandes se despachan en su mayoría del Cedi, mediante rutas establecidas en bogotá y sus periferias.
- **E-Commerce.** Son los despachos que se realizan con ayuda de courier por las ventas realizadas a traves de las paginas web de Alkosto y Ktronix.

Esta compañía tienen complejas operaciones logisticas las cuales se han vuelto más eficientes gracias a la apuesta que la gerencia ha tenido hacia la implementación de TIC como el WMS (Warehouse Management System), el uso de terminales de radiofrecuencia y proxicamente la salida de proyectos como TMS (Transport Management System) y el despacho por voz.

En consecuencia ha mejorado bastante en los procesos de logistica interna, sin embargo posee problemas en el proceso de despacho, los cuales espera solventar en su mayoría con la implementación del despacho por voz que reduce y da más fiabilidad en el momento del despacho minimizando las novedades y por ende las devoluciones, sin embargo los tiempos de cargue son relativamente altos por el portafolio de productos que allí se maneja, entre otros tantos inconvenientes, pero cuentan con un gran número de muelles que es un aspecto fundamental para no parar la operación logistica.

4.3.2 Yanbal. Yanbal es una empresa Peruana que se dedica a vender puerta a puerta mediante consultoras, las cuales hacen pedidos por campañas que estipula comercialmente la compañía, estas campañas duran un periodo y puede contener alrededor de 3.000 o 4.000 referencias por campaña, su centro de distribución tiene el WMS como un modulo adicional del ERP SAP, y su proceso de picking se realiza con ayuda de un banda transporadora y terminales de radiofrecuencia, utilizan una metodologia de cartonización la cual consiste en asignar una caja ideal para un pedido basandose en la volumetria y pesos de los productos requeridos, una vez acopiado el pedido en las zonas de embarque hay inhouse de compañías courier que toman la caja que le corresponde, la cargan y se van a sus respectivos centros de consolidacion para ser despachados a una consultora (Figura 50).

Esta visita se realizo en el centro de distribución de Yambal, ubicado en la via Bogotá-Medellín, en el municipio de Tenjo, Cundinamarca, (ver Figura 51), siendo esta una ubicación estrategica, por que se ubican en una gran arteria vial que da acceso de manera sencilla a la capital del país y acceso a rutas con las demás ciudades de forma fácil.

Figura 51. Centro de distribución de Yambal.



Fuente: GOOGLE MAPS. Disponible en: <https://www.google.es/maps>
(Consultado el 26 de abril de 2017)

Desde la percepción del investigador el despacho es un proceso que fluye de manera sencilla ya que es un proceso relativamente automatizado y cuentan con muy buenos controles para evitar los errores en el despacho de mercancía.

4.3.3 Blu Logistics. Es una organización que ofrece soluciones logísticas integrales, es decir son operadores logísticos, adicionalmente funcionan como empresa courier, empresa de transporte masivo o semimasivo, ofrece servicios de transporte internacional, procesos de aduanas y demás, es decir que es una empresa netamente logística. La visita se realizó a su centro de distribución principal ubicado en el parque industrial Logika, en Tenjo, Cundinamarca, muy cerca a la autopista Medellín tal como se puede ver en la Figura 52.

Figura 52. Ubicación del CEDI principal de Blu Logistics



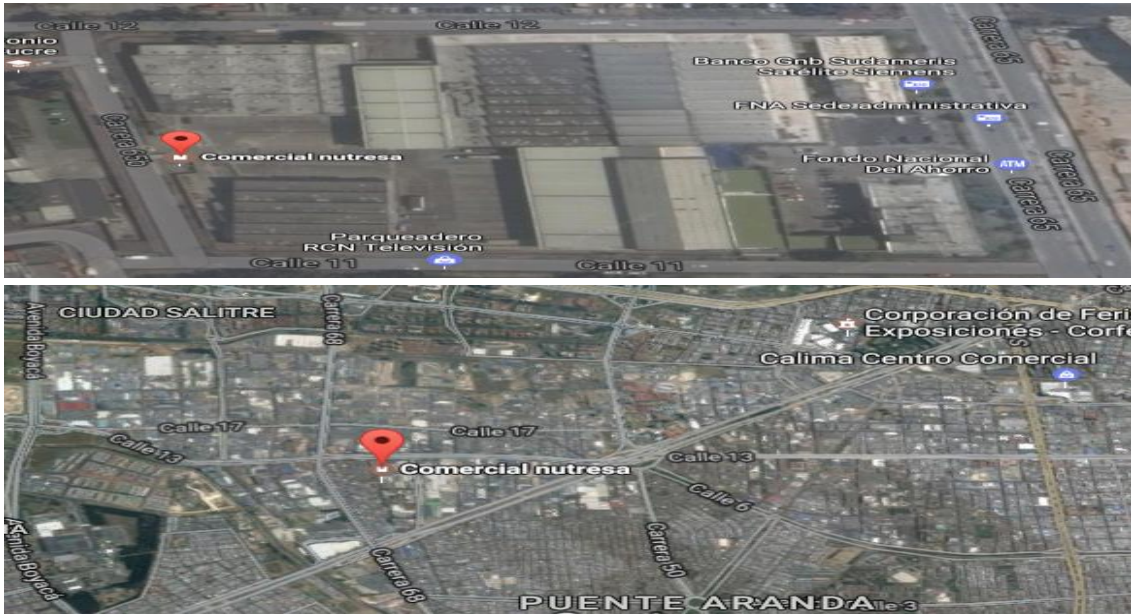
Fuente: GOOGLE MAPS. Disponible en: <https://www.google.es/maps>
(Consultado el 26 de abril de 2017)

Alli se centralizan operaciones de almacenamiento y distribución de organizaciones como Henkel y otras que tercerizan su logística con Blu logistics, quienes manejan estas operaciones con WMS y terminales por radio frecuencia, su gran factor diferenciador ha sido la innovación expuesta en el sorter que va enfocado al negocio de paquetero, allí llegan los vehículos con envíos hacia distintas ciudades, de la mano de cuadrillas de cargue ubican las cajas en el sorter quien de forma automática cubre y pesa el envío y adicionalmente lo lleva directamente al muelle o puerta de embarque hacia donde va dirigido el envío, es decir no incurren en proceso de picking y tienen puertas de embarques por ciudades principales haciendo de este un proceso muy eficiente pero un poco subutilizado, es decir que fluye de manera idónea pues no hay un proceso de acopio realizado por operarios, por lo tanto no incurren en desconcentraciones y gracias a los altos niveles de automatización hay mínimos toques en los productos lo que asegura calidad y fiabilidad del mismo.

4.3.4 Comercial Nutresa. Es una organización que posee un gran número de empresas enfocadas hacia diferentes sectores, principalmente alimenticios, allí se destacan empresas como Galletas Noel, Alimentos Cárnicos, Compañía Nacional de Chocolates, Alimentos Zenú, entre muchas otras, (ver Figura 53.)

La visita se realizó puntualmente a una línea de negocio como lo es Comercial Nutresa, quien es la logística transversal a los negocios en este caso de alimentos secos del Grupo Nutresa, en Bogotá cuenta con un centro de distribución enfocado a distribuir pallets y mover grandes volúmenes, es decir que atiende clientes de gran tamaño como cadenas de supermercados, supermercados de hard discount entre otras líneas, pero el enfoque se realizó sobre el otro centro de distribución dedicado a despachar unidades y atender las tiendas como canal tradicional, el cual está ubicado cerca a la Calle 13 en la localidad de Puente Aranda.

Figura 53. Ubicación del CEDI de Nutresa Comercial



Fuente: GOOGLE MAPS. Disponible en: <https://www.google.es/maps>
(Consultado el 26 de abril de 2017)

Entre los dos centros de distribución anteriormente mencionados llega mercancía de las distintas líneas de negocio de alimentos secos, para posteriormente ser distribuida según la tipología de clientes establecidos en esta organización.

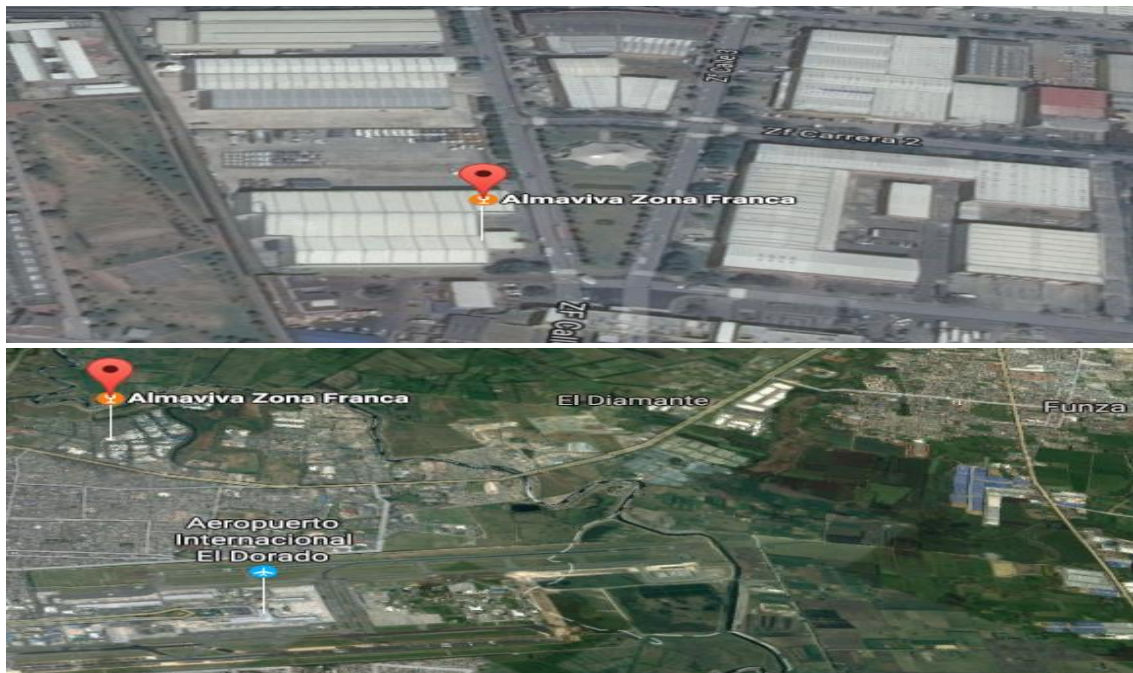
El Cedi dedicado a despachar unidades tiene un WMS como módulo de SAP los procesos de acopio de unidades se realizan con ayuda de un mecanismo de bandas transportadoras, las cuales viajan por tres pisos donde lateralmente se ubican racks de almacenamiento por mecanismo de flow racks que permite un abastecimiento en cascada bastante eficiente apoyado por montacargas y trilaterales, en el proceso de acopio el operario acopia en cajas a las cuales una vez finalizado el acopio pasa por un proceso de inspección y se etiquetan para que un sorter las separe y envíe a una puerta de embarque asociada a rutas de entrega, adicionalmente cuando se acopian cajas que no están incluidas en el sistema de cajas se acopia con ayuda de terminales de radio frecuencia y se acopia por estibas que son llevadas a una puerta de embarque para que consolide con el acopio realizado por bandas y finalmente cargadas en zonas horarias específicas, apoyados por flota de transporte en su mayoría propia, por lo cual no sufre de ineficiencia por falta de vehículos pero incurre en costos de mantenimiento y otros que se desarrollan cuando una compañía tiene flota propia.

La logística interna de este centro de distribución fluye de buena manera pero el proceso de acopio se torna como cuello de botella por varios factores como espacio ya que este Cedi no fue construido a medidas de la necesidad si no adaptado en cierta forma sin embargo la ayuda de la automatización de transportar las unidades desde el acopio al despacho disminuyen novedades y aumenta la eficiencia en los procesos.

4.3.5 Repuestos Samsung. Samsung es un conglomerado de empresas productoras de tecnología, de origen Sur Coreano, pasando por una diversidad de productos que varían desde portafolios como Línea blanca, audio y video, pequeños electrodomésticos, telefonía entre otros.

En Colombia cuenta con distintos centros de distribución, sin embargo la visita se centralizó en el centro de distribución de repuestos, línea que apoya a centros de servicio autorizados de todo el país para dar solución y arreglo a los productos de su marca. Esta operación la realiza de manera tercerizada con ayuda de Almaviva, quien es el operador logístico que Samsung designó para esta operación, el centro de distribución se localiza en la zona franca bogotá.

Figura 54. Ubicación del Cedi de Almaviva operación Samsung Repuestos



Fuente: GOOGLE MAPS. Disponible en: <https://www.google.es/maps>
(Consultado el 26 de abril de 2017)

La operación de respuestos de Samsung tiene un cuello de botella y es la nacionalización y registro de la mercancía, es un proceso que conlleva tiempo y desgaste, una vez finalizado este proceso se pasa a un etiquetado y asignación de código y descripción de cada repuesto que puede tener tamaño grande a tamaños minúsculos, posteriormente se almacena por referencias unificando referencias en ubicaciones, allí cuentan un un nivel de SKUs muy alto de aproximadamente 20.000.

Esto los obliga a ser muy eficientes en el almacenamiento, el acopio se realiza con montacargas y se lleva a una estación de empaque con apoyo de terminales de radio frecuencia, allí el operario de forma manual asigna la caja apropiada para empacar un pedido, los empaca y lleva a una zona de despacho donde es recojido por un courier que maneja esta operación de manera sencilla ya que los despachos son pocos y no requieren de flota de transporte si no en promedio dos vehículos diarios. Es una operación que es compleja en el proceso de recibo, nacionalización y etiquetado de productos, sin embargo tiene orden por ser la misma empresa que los produce, los demás procesos no son caóticos pues aparentemente se sule de forma sencilla y sin mayor novedad, no cuenta con tecnologías diferenciadoras si no con fuerza laboral directa de Almaviva.

4.3.6 Elementos logísticos influyentes en el proceso de despacho. La revisión de fuentes secundarias en la cual se expuso descriptivamente los posibles recursos y características que utilizan los centros de distribución permitió identificar en la visita realizada a los diferentes Cedis de las organizaciones anteriormente descritas el uso e importancia de los recursos, esta identificación se presenta en el siguiente cuadro comparativo.

Cuadro 14. Comparativo de los elementos identificados en las visitas

Organización	Recursos	Características
Corbeta S.A. Alkosto S.A.	Montacargas: <ul style="list-style-type: none"> • De combustión interna • Eléctrico de 3 ruedas Transpaletas: <ul style="list-style-type: none"> • Estibador manual • Estibador eléctrico Sistemas de almacenamiento <ul style="list-style-type: none"> • Selectivo TIC <ul style="list-style-type: none"> • ERP: Oracle • WMS: Red praire • RFID 	Sector: <ul style="list-style-type: none"> • Retail y consumo masivo. Distribución física <ul style="list-style-type: none"> • Configuración física lineal Metodología de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Zonal Ruta de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Zigzag Vehiculos: <ul style="list-style-type: none"> • Fidelizados

Cuadro 14. (Continuación)

Organización	Recursos	Características
Yanbal	Montacargas: <ul style="list-style-type: none"> • Eléctrico de 3 ruedas Transpaletas: <ul style="list-style-type: none"> • Estibador manual Bandas transportadoras: <ul style="list-style-type: none"> • De rodillo Sistemas de almacenamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Selectivo • Sistema Dinámico TIC <ul style="list-style-type: none"> • ERP: SAP 	Sector: <ul style="list-style-type: none"> • Cósmeticos Distribución física: <ul style="list-style-type: none"> • Configuración de muelles en paralelo Metodología de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Por referencias • Por pedido Ruta de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Lineal
Blu Logistics	Montacargas: <ul style="list-style-type: none"> • Eléctrico de 3 ruedas Transpaletas: <ul style="list-style-type: none"> • Estibador manual Bandas transportadoras: <ul style="list-style-type: none"> • Banda Modular • Elevadores Sistemas de almacenamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Selectivo TIC <ul style="list-style-type: none"> • ERP: SAP • WMS: SAP 	Sector: <ul style="list-style-type: none"> • Courier Distribución física: <ul style="list-style-type: none"> • Configuración física lineal Metodología de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Por pedido Ruta de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Lineal Vehículos: <ul style="list-style-type: none"> • Flota propia • Fidelizados
Comercial Nutresa	Montacargas: <ul style="list-style-type: none"> • Eléctrico de 3 ruedas • De doble profundidad Transpaletas: <ul style="list-style-type: none"> • Estibador manual Bandas transportadoras: <ul style="list-style-type: none"> • Banda Modular Sistemas de almacenamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Selectivo TIC <ul style="list-style-type: none"> • ERP: SAP 	Sector: <ul style="list-style-type: none"> • Alimentos Distribución física: <ul style="list-style-type: none"> • Muelles en paralelo Metodología de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Por pedido Ruta de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Lineal Vehículos: <ul style="list-style-type: none"> • Flota propia
Repuestos Samsung	Montacargas: <ul style="list-style-type: none"> • Apiladores eléctricos Transpaletas: <ul style="list-style-type: none"> • Estibador manual Sistemas de almacenamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Selectivo TIC <ul style="list-style-type: none"> • ERP: SAP 	Sector: <ul style="list-style-type: none"> • Tecnología Distribución física: <ul style="list-style-type: none"> • Configuración lineal Metodología de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Por pedido Ruta de acopio: <ul style="list-style-type: none"> • Zigzag

En el cuadro anterior se describe de manera sencilla puntos clave de las operaciones logísticas de las organizaciones visitadas, con base en la descripción de recursos y características anteriormente vistas, donde se puede observar que las organizaciones analizadas tienen algunos recursos en común tales como el uso del montacargas eléctrico de tres ruedas, el estibador manual, el uso de ERP y WMS entre otros, y así mismo difieren en otros tantos, los cuales al hacer parte de la operación aportan al objetivo de suplir las necesidades y particularidades de cada negocio.

El proceso de despacho de las operaciones analizadas tiene particularidades, por ejemplo algunos cargan los vehículos a granel, otros de manera estibada y en algunos casos con flota propia o empresas tercerizadas, es decir tienen distintas particularidades, es por ello que es importante concluir que los elementos y características de los procesos logísticos dependen exclusivamente de la necesidad del negocio y el músculo financiero de la organización, estos recursos deben enfocarse a proporcionar grandes beneficios a la optimización de la operación logística, la cual se centra en alistar y despachar los productos requeridos por el cliente en el menor tiempo posible con la mejor calidad y bajo el mínimo costo.

A continuación, se estudiarán distintos modelos matemáticos aplicados a la logística, los cuales permitirán estudiar y analizar variables que influyen en el despacho de mercancía, por lo cual deben ser incluidas en la estructuración del modelo.

4.4 MODELOS APLICADOS A LA OPTIMIZACIÓN DEL DESPACHO

El proceso de despacho debe tener en cuenta una serie de variables que se presentan en la última milla, ya que es considerada como la parte de mayor importancia puesto que implica la entrega de mercancía al cliente final conformando así el último eslabón de la distribución, proceso que por su criticidad debe planificarse ya que su impacto puede llegar a variar entre el 28% y el 50% de los costos logísticos de una organización⁹⁶, a través de los años distintos autores han realizado aportes enfocados a optimizar la última milla como el realizado por Dánzig y Ramser en 1959, en el cual se plantean la existencia de un depósito o bodega central desde el cual se despachan vehículos que tienen como objetivo suplir la demanda de un conjunto de clientes ubicados en diferentes puntos geográficos.

⁹⁶ PINEDA, Santiago. REVISTA EMPRESARIAL & LABORAL. El reto logístico de la última milla. 2010. Disponible en: < <http://revistaempresarial.com/el-reto-logistico-de-la-ultima-milla/> >

Estas variables son transcritas a modelos de programación lineal en la cual se contempla el origen $i=(1,2,3, \dots n)$, los cuales deben disponer de s_i unidades para distribuir y suplir la demanda a los destinos $j=(1,2,3, \dots n)$ los cuales tienen una demanda d_j que debe ser atendida por el origen, obteniendo como función objetivo la minimización de costos en la distribución de unidades desde el origen i hasta el destino j , suponiendo un C_{ij} por unidad distribuida.⁹⁷

Con base en la formulación anterior se han venido presentando modelos con mayor número de factores para tener en cuenta siendo mucho más complejos en su composición y formulación con variedad de soluciones realizadas con métodos de programación lineal como soluciones gráficas, método simplex, modelos de transporte, de asignación entre otros, incluyendo modelos probabilísticos, heurísticos o dinámicos. Estos puntos de vista tienen como objetivo optimizar los distintos procesos que componen la última milla, como el ruteo de vehículos, procesos de carga y descarga de vehículos, despacho de mercancía, entre otros.

A continuación, se acude a la revisión de fuentes secundarias para la revisión de modelos que tienen como objetivo determinar bajo qué método y cuáles son las restricciones y variables que se deben contemplar en la construcción del modelo de optimización que involucra la presente investigación.

4.4.1 Problema de ruteo de vehículos con restricciones múltiples. Varias investigaciones catalogan el problema de ruteo de vehículos bajo las siglas VRP (Vehicle Routing Problem), en la cual se plantea básicamente un depósito central, para este caso tendría el rol de centro de distribución, del cual se despachan vehículos que deben tener rutas asignadas que a su vez abarcan un número de clientes los cuales se ubican en una zona geográfica determinada, para posteriormente retornar al Cedi una vez terminada la ruta asignada.

El reto logístico es hallar un mayor margen de utilidades en la distribución de la mercancía, diseñando rutas óptimas para la entrega de la misma, teniendo tiempos de operación y distancias recorridas óptimas que reduzcan los costos de operación sin descuidar el servicio al cliente, ya que estos representan aproximadamente un tercio del costo de un producto⁹⁸.

⁹⁷ DANTZIG, G. y RAMSER, J. The truck dispatching problema. Management Science 6. "El problema del despacho de camiones. La ciencia de la gestión 6. 1959. 80.91.

⁹⁸ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Colombia es logística. Encuesta Nacional Logística 2015.

Estos análisis se basan en la utilización de investigación de operaciones, que facilitan la planificación del transporte, la cual se estima entre el 10% y 20% del costo sobre el producto⁹⁹.

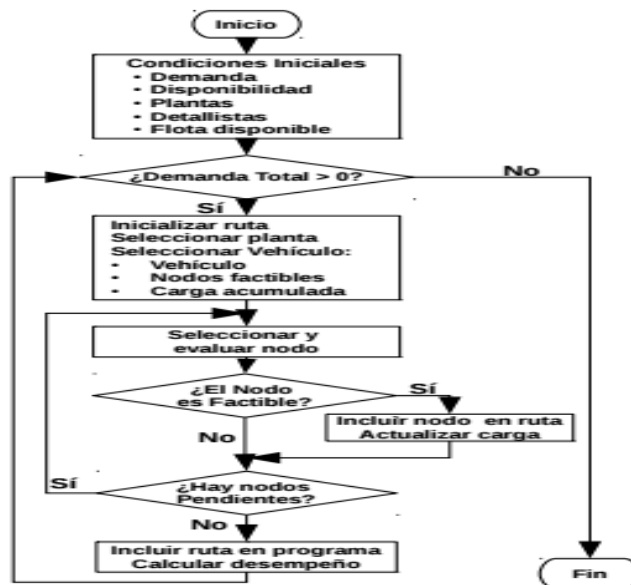
4.4.1.1 Características de los Problemas VRP. El común denominador de los problemas de enrutamiento de vehículos es que hay un conjunto de clientes que están dispersos geográficamente, los cuales presentan una demanda la cual debe ser satisfecha por algún vehículo, usualmente cada cliente es visitado una vez, sin embargo hay ciertos casos donde se acepta que la demanda del cliente sea satisfecha en momentos distintos y por vehículos distintos, por otra parte es común que los clientes tengan restricciones horarias de servicio expresados en rangos de tiempo, las cuales indican en que momento es posible arribar donde el cliente o de lo contrario se podría incurrir en costos por stand by o devoluciones e incluso en otros casos no es la distribución de un bien sino de un servicio. También existen depósitos que a su vez tendrán capacidades de acopio y despacho así mismo tienen ventanas horarias, también se debe considerar los tiempos necesarios para cargar o preparar un vehículo ante de iniciar ruta y en ocasiones si hay muchos vehículos a las vece operando el mismo deposito esto puede generar una congestión del mismo. La flota de vehículos debe determinar un conjunto de rutas al mínimo costo, es decir utilizar la menor cantidad de vehículos y minimizar las distancias recorridas bajo una ruta lógica partiendo desde uno o varios depósitos donde recolectan la mercancía y documentos para posteriormente distribuirlos, allí se debe tener en cuenta las dimensiones y capacidad del vehículo en cuanto al peso y volumen, por otra parte si se despachan distintas tipologías de productos que pueden generar contaminación cruzada los vehículos pueden tener compartimentos, entre otros atributos que pueden variar según la tipología del producto que se utilice. Una variable importante que se debe tener en cuenta es la cantidad de vehículos disponibles, que a su vez tienen asociados costos fijos y variables proporcionales a la distancia recorrida y a la utilización del vehículo. El VRP más sencillo se ve representado por un grafo dirigido $G(A, V)$, donde $V = \{0, 1, \dots, n\}$ representa un conjunto de nodos y A el conjunto de arcos que conectan cada uno de los nodos, en los cuales el Cedi se va a ver representado por el nodo $j = 0$, y los clientes serían los nodos $j = 1, 2, \dots, n$ los cuales deben tener una demanda $d_j > 0$. Los arcos representan el desplazamiento de un nodo i hasta un nodo j , donde cada arco tiene asociado un costo de recorrido $C_{ij} > 0$. Del VRP se desglosan los siguientes interrogantes.

⁹⁹ TOTH, P. y VIGO, D. An Overview of Vehicle Routing Problems. “Una visión general de los problemas de enrutamiento de vehículos”. Matemáticas discretas y aplicaciones en el proble de enrutamiento de vehículos. 2000.

- ¿Qué clientes se deben asignar a cada uno de los camiones?
- ¿Cuál es la ruta para cada vehículo que optimiza la distancia o costo del recorrido?

Preguntas de las cuales surgen restricciones que van a variar según el problema que se plantee, como por ejemplo: ventanas horarias, flota heterogénea de vehículos, en algunos casos tener múltiples depósitos como ir a recoger al proveedor y consolidar carga en el Cedi para posteriormente entregar al cliente, restricciones establecidas por el cliente, entre otras. Mediante la heurística constructiva se propone un modelo en el cual se asignan destinos de forma aleatoria a vehículos de carga asegurando que se garanticen un conjunto de restricciones y evaluación sobre el costo total del flete sobre el valor del producto transportado visto desde un punto de vista de logística de distribución donde se analizan un conjunto de rutas factibles de distribución y en algunos casos de recogida, determinando el número de vehículos asociando el coste total, adicionalmente para la construcción de rutas de logística inversa se presenta la Figura 46. En la cual se deben asignar los parámetros de disponibilidad, demanda, plantas de producción, clientes, flota de vehículos disponible y demás directrices estipuladas por el investigador tanto para la logística de distribución como la logística de recogida.

Figura 55. Algoritmo de heurística constructiva.



Fuente: Parra Javier, 2016. (Consultado el 26 de abril de 2017)

Por otra parte se utiliza el algoritmo genético aplicado a ruteo de vehículos de múltiples plantas, allí se itera una y otra vez con el objetivo hallar el costo óptimo de la ruta del cual surge una representación de las rutas en un plano para facilitar la visualización y toma de las decisiones, en función de la minimización de costos en el conjunto de rutas asociadas al problema, segmentándolo en función de los costos de asignación de los vehículos, costos asociados al transporte a lo largo de la red, costos de cargue y descargue así como los costes asociados a las ventanas de tiempo.

4.4.2 Tipos de VRP. Existen varios tipos de VRP los cuales entraremos a describir más detalladamente con el objetivo de establecer que metodología se acomoda de mejor manera al modelo.

4.4.2.1 Problema del agente viajero (Traveling Salesman Problem) TSP.

Metodología presentada inicialmente en los años 50, la cual se basa en la asignación de una ruta de entrega de mercancía a un agente o vehículo que debe entregar la mercancía en varios puntos que están dispersos geográficamente, estableciendo una mínima distancia en el recorrido. Dantzig y Ramser en 1959 abordaron el TSP planteando un problema con camiones que abastecen desde una terminal de gasolina a un gran número de estaciones de servicio, la flota de vehículos cumplía con la demanda minimizando la distancia recorrida, este modelo se basó en programación lineal¹⁰⁰, en el cual se definió una matriz $D = (d_{ij})$ simétrica de n por n donde d_{ij} representa la distancia de i a j , resolviendo el problema para 49 nodos los cuales corresponden a ciudades en cada uno de los 48 estados de Estados Unidos aplicando la programación lineal. Es algo ambiguo ya que se estructura pensando que un solo vehículo realizaría las entregas y volvería al Cedi, no contempla una gran cantidad de restricciones que en la operación real se vuelven importantes, sin embargo, fue un aporte sobre el cual se han basado muchos otros estudios como el realizado por Kepler y Goodchild en 1998 el cual aplica la metodología TSP que permitió resolver instancias de hasta 13.509 ciudades.

4.4.2.2 Caso de estudio. Los autores del modelo realizan el modelo con base en las siguientes condiciones:

- Disposición de un Cedi para abastecer cinco bodegas en distintos lugares.
- Inventario capaz de soportar la demanda.

¹⁰⁰ DANTZIG, G. y RAMSER, H. Solution of a large-scale traveling salesman problem. "Solución de un problema de agente viajero a gran escala". Investigación de Operaciones. p.393-410.

- El periodo de evaluación será de 7 días, periodo en el cual se medirá constantemente el servicio hacia el cliente.
- Los productos tendrán un peso promedio de 1kg.
- Se consideran envíos parciales o completos.
- El Cedi tiene dos camiones con capacidad para 1000 kg cada uno.
- El despacho de pedidos se realiza hacia un único cliente, es decir que un camión atiende a un cliente y vuelve al Cedi.

Tabla 20. Información asociada al caso de estudio

Detallista	Dem. en t=1	Dem. en t=2	Dem. en t=3	Dem. en t=4	Dem. en t=5	Dem. en t=6	Dem. en t=7	Lead Time (días)	Demanda Promedio semanal
1	222	202	195	207	199	205	197	1	1428
2	116	142	138	124	120	135	140	2	917
3	190	202	206	214	183	200	195	1	1393
4	182	205	195	196	210	195	205	3	1392
5	208	197	205	199	202	212	207	1	1435

Fuente: Vargas Leidy & Salazar Andres. 2010. (Consultado el 27 de abril de 2017)

Con base en las condiciones y datos anteriores (Tabla 20) se establece la programación de los despachos mediante indicadores de priorización, proporcionando como resultado los datos de la Tabla 21.

Tabla 21. Resultados de la metodología de indicadores de priorización

Detallista	Inv. Inicial de P1	Dem. diaria	Inv. Final de P1	Backorder	Cantidad Enviada	Cantidad Recibida	C.U	C.D	Prioridad
1	430	222	208	1428	0	0	-208	-0.9	0
2	293	116	177	917	0	0	-61	-0.5	0
3	280	190	90	1393	0	0	-90	-0.5	0
4	269	182	87	392	1000	0	277	1.5	1
5	397	208	189	1435	0	0	-0.9	-0.9	0

Fuente: Vargas Leidy & Salazar Andres. 2010. (Consultado el 27 de abril de 2017)

Con los resultados obtenidos aplicando la metodología de indicadores de priorización la cual dio como resultado el cliente número 4 para el día uno, para determinar la priorización en la semana hay que correr el modelo 7 veces según los datos establecidos, permitiendo así determinar la prioridad por día, con la cual posteriormente se corrió un modelo de programación lineal utilizando el algoritmo de Branch and Bound.

4.4.3 Mejoramiento del cargue utilizando superficies de respuesta. Este modelo de optimización está basado en una metodología de diseño de experimentos denominada superficies de respuesta, la cual permitirá reducir el tiempo de cargue en el proceso de despacho de mercancía, proceso logístico crítico en los Cedi ya que puede representar hasta el 70% de los costos¹⁰¹ e indispensable las redes de valor de las organizaciones, contribuyendo considerablemente a la eficiencia del Cedi, contribuyendo a la satisfacción de los clientes.

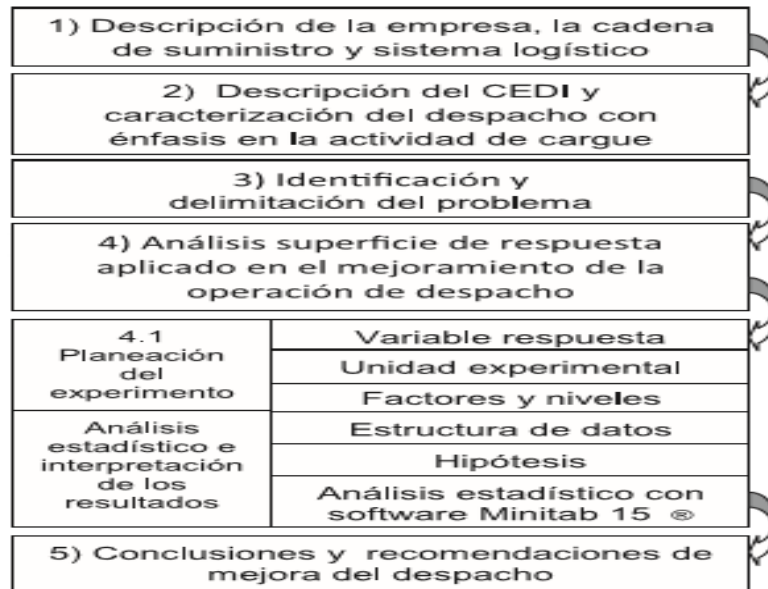
Según sus autores Rodrigo Gómez y Alexander Correa se utilizó un enfoque metodológico basado en cuatro etapas principales en los cuales se trató la descripción de la empresa, el sistema logístico, el Cedi y la adaptación del modelo empleando un software denominado Minitab 15® , apoyados en la utilización de información secundaria y primaria.

4.4.3.1 Metodología. Con miras a cumplir el objetivo de disminuir tiempos en la operación de cargue en el proceso de despacho se utilizó una metodología de superficie de respuesta la cual fue propuesta por Humberto Gutiérrez y Román De La Vara en un artículo de Análisis y diseño de experimentos¹⁰², metodología adaptada al objetivo de la investigación, en la Figura 56., se presenta la metodología utilizada en la investigación.

¹⁰¹ FRAZELLE, Edward. Supply chain strategy. "Estrategia de la cadena de suministro": the logistics of supply chain management. "La logística de la cadena de suministro". United States: McGraw-Hill Professional, 2002. p. 10.

¹⁰² GUTIÉRREZ Humberto y DE LA VARA, Román. Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw- Hill, 2008. 384 p.

Figura 56. Mejoramiento del despacho con superficie de respuesta.



Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución utilizando superficies de respuesta. 2009 (Consultado el 27 de abril de 2017)

4.4.3.2 Descripción de la empresa. Se describe la cadena de suministro, estipulando la relación e integración con los proveedores y clientes, de manera general se describe el sistema logístico con el cual debe contar la empresa, asignando un tamaño, un sector específico e incluso el tipo de clientes, para posteriormente enfocarse en los procesos logísticos internos de las organizaciones como la gestión de almacenes, el proceso de compras, si es productora todo el proceso de producción, transporte, distribución y la logística inversa que en ella se desarrolle. Correspondiendo a lo anterior es una empresa mediana de productos cárnicos ubicada en la ciudad de Medellín, que trabaja actualmente con 15 familias de productos cárnicos, la cual conforma su cadena de suministro por proveedores de materias primas, insumos o servicios que finalmente son transformados por la empresa focal, la cual se comercializa en tres puntos de venta a clientes minoristas, supermercados y distribuidores que posteriormente llevan a clientes en el área urbana. En el Cedi se cuentan con tres cavas que a su vez tienen estanterías de 115 m³ en las cuales se tienen inventarios de productos cárnicos, la distribución del producto la realizan con camiones furgonados en los cuales se puede controlar la temperatura para darle más calidad al producto.

4.4.3.3 Descripción del cedi y caracterización del despacho. Utiliza la metodología de caracterización SIPOC la cual tiene en cuenta proveedores, entradas, el proceso, salidas y clientes, a partir de allí se detallan las características puntuales del despacho del proceso de despacho, caracterización que permite tener una visión macro del proceso con todas las variables que influyen en el mismo.

El Cedi tiene una extensión de 1200 m² y está ubicado después de las instalaciones de producción, lo cual le permite procesar órdenes de compra más rápido, entregando productos con tiempos de respuesta bajos. Allí se llevan a cabo operaciones de recepción, acomodo y almacenamiento, alistamiento y despacho de pedidos y crossdocking, apoyados de recursos como lo son dos transpaletas y un montacarga, junto con la tecnología para captura de datos de código de barras. El proceso de despacho de aquella organización se basa en verificar la referencia de los productos a enviar y preparar toda la documentación como facturas, en la Cuadro 15 se estructura el proceso de despacho.

4.4.3.4 Identificación y delimitación del problema. Orienta el problema directamente a mejorar la eficiencia en el proceso de cargue en la operación de despacho, lo cual conllevaría a reducir los costos y tiempos aumentando a su vez la satisfacción del cliente. Posterior a la identificación se observan ineficiencias en el tiempo de cargue de los vehículos debido a demoras en el traslado de estibas con producto desde el área de refrigeración donde se encuentra la mercancía, también ahí demoras en el registro documental del producto, conllevando a que se realice la operación en un tiempo promedio de 35 minutos.

Cuadro 15. Proceso de despacho de una empresa de cárnicos de Medellín.

DESPACHO										
Objetivo		Realizar el despacho de pedidos cumpliendo los procedimientos de la organización y requerimiento de los clientes, con el fin de satisfacer sus necesidades				Responsable de la Operación	Jefe de despacho			
Alcance		Cubre desde que el producto está en el guaje de despacho hasta el cargue, e inicio de la distribución								
Proveedor (Proceso)	Entrada Información (I) o Producto (P)	Actividades	Diagrama de procesos					Salida (información o producto)	Cliente (proceso)	Responsable
			Operación	Transporte	Espera	Inspección	Almacenamiento			
Preparación de pedidos	Estibas con canastillas con productos cárnicos (P)	Una vez los pedidos de los clientes están completos en el guaje de despacho, se procede a adjuntar su factura y verificar que estos contengan las referencias y cantidades correctas. En caso, de existir problemas se realizan los ajustes necesarios.	X			X		Pedidos cargados en los camiones (P)	Distribución	Operario de preparación de pedidos
		Los diferentes pedidos son trasladados del guaje de despacho a la zona de cargue del camión utilizando una el montacargas		X						
		Durante el traslado de los pedidos estos son pasados por el portal de antenas de RFID, lo cual, permite actualizar los niveles de inventarios, controlar que los colchones a despachar sean los preparados, entre otros aspectos	X							
	Plan de despacho (I)	Se realiza el cargue de los vehículos por parte de los auxiliares de cada uno de los camiones. Se debe indicar, que previo al cargue, se verifica que el camión cumpla con las condiciones de limpieza y técnicas para la distribución		X				Actualización de inventario de producto terminado y registro de transacciones (I)	Clientes	Auxiliares de cada camión
		Una vez pedidos están cargados en los vehículos, el despachador registra en un formato electrónico la cantidad de productos a enviados, los clientes y los datos de los camiones.	X							

Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución utilizando superficies de respuesta. 2009.(Consultado el 27 de abril de 2017)

Cuadro 15. (Continuación)

DESPACHO			
Objetivo	Realizar el despacho de pedidos cumpliendo los procedimientos de la organización y requerimiento de los clientes, con el fin de satisfacer sus necesidades	Responsable de la Operación	Jefe de despacho
Alcance	Cubre desde que el producto está en el guaje de despacho hasta el cargue, e inicio de la distribución		
	Recursos utilizados	Indicadores	
	Montacarga	Cantidad de pedidos despachados	
	Aplicativo de administración de almacenes	% de capacidad de utilizada de los camiones	
	Lectora de código de barras	% y cantidad de pedidos sin despachar por no tener disponibilidad de camiones	
	Guajes de despacho	Tiempo promedio de cargue de los medios de transporte	
	Camiones	% Utilización de operarios y montacarga	
	Operarios de preparación de pedidos y auxiliares de camiones	% de devoluciones y errores en el despacho	

Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución utilizando superficies de respuesta. 2009.(Consultado el 27 de abril de 2017)

4.4.4 Análisis de la superficie de respuesta en el proceso de despacho. Se realiza en primera medida una planeación y análisis para la operación de despacho, definiendo las variables y factores que en el proceso intervienen tales como.

- Variable respuesta. Tiempo promedio de cargue de camiones de 2 toneladas
- Unidad experimental. Pedidos en estibas para que sean cargadas en los vehículos.
- Factor de interés y niveles. Los investigadores seleccionaron una serie de variables que a su vez bautizaron con una letra y estos factores son: velocidad (A), Configuración (B), Captura de datos de los productos (C), experiencia y competencias del operario en el uso de los recursos (D).

Las variables fueron elegidas con base en las características que tiene la operación de despacho.

Según Correa y Gómez después de la declaración de las variables se realizaron las siguientes actividades.

- Trabajar una técnica de ascendencia y descendencia que se usa de acuerdo con el objetivo del modelo, es decir maximizar la eficiencia y minimizar los tiempos y desperdicios de la operación¹⁰³.
- Utilizar un análisis canónico, el cual permite indagar con más holgura una región específica, cuando se tienen algún tipo de sospechas cuando se está cerca del punto óptimo, para este caso la minimización de tiempos de cargue y mayor eficiencia de la operación¹⁰⁴.
- Con ayuda de un análisis de cordillera se pretende encontrar la región experimental exacta para mejorar la operación.

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el software Minitab 15®, donde se valida el cumplimiento de los supuestos fundamentales para hacer valido el modelo.

¹⁰³ GUTIÉRREZ Humberto y DE LA VARA, Román. Análisis y diseño de experimentos. México: McGraw- Hill, 2008. p. 384

¹⁰⁴ EKREN, Banu; HERAGU, Sunderesh; KRISHNAMURTHY, Ananthu y MALMBORG, Charles. Simulation based experimental design to identify factors affecting performance of AVS/RS. En: Computers & Industrial Engineering, 2010, Vol. 58, N° 1, p. 175-185.

Seguido de la planeación se procede con la metodología para interpretar los resultados, en la cual se plantea:

- La estructura de datos: Por medio de un diseño factorial 2^4 con dos réplicas para determinar cuáles de los 4 factores de interés tienen un efecto importante en la operación de cargue con montacargas (ver Tabla 22).

Tabla 22. Estructura del diseño 2^4

Tratamiento	A	B	C	D	Tiempo promedio de cargue (min)	
					1	2
(1)	-	-	-	-	6.8	6.3
A	+	-	-	-	6.9	6.6
b	-	+	-	-	6.4	5.8
ab	+	+	-	-	6.6	6.6
c	-	-	+	-	6.8	6.5
ac	+	-	+	-	8.7	7.3
bc	-	+	+	-	6.7	6.4
abc	+	+	+	-	7.8	7.1
d	-	-	-	+	5.5	5.3
ad	+	-	-	+	5.8	5.4
bd	-	+	-	+	5.8	5.3
abd	+	+	-	+	5.5	5.4
cd	-	-	+	+	6.1	6.0
acd	+	-	+	+	6.6	6.2
bcd	-	+	+	+	6.6	5.6
abcd	+	+	+	+	6.7	6.3

Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución utilizando superficies de respuesta. 2009 (Consultado el 27 de abril de 2017)

- **Hipótesis.** Se pretende probar la influencia de factores como: Velocidad del montacargas (A), configuración de montacargas (B), Código de barras (C), Experticia del operario.

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4$$

$$\alpha_1 \neq 0 \text{ para algún } i$$

- **Determinación de los factores principales.** Con ayuda de la tabla ANOVA obtenida del software Minitab 15® se puede probar cuales de los factores impactan directamente sobre el tiempo de cargue, como criterio de comparación se tiene una significancia de $\alpha = 0.05$ (ver Tabla 23).

Tabla 23. ANOVA para comprobación de los factores de interés

Termino	Efecto	Coefficiente	Coef de EE	T	P
Constante		6.3563	0.07071	89.89	0.000
A	0.4750	0.2375	0.07071	3.36	0.004
B	-0.1375	-0.00687	0.07071	-0.97	0.345
C	0.7125	0.3563	0.07071	5.04	0.000
D	-0.9500	-0.4750	0.07071	-6.72	0.000

Fuente	GL	SC sec	SC ajust.	MC Ajust.	F
Efectos principales	4	13.2375	13.2375	3.30937	20.68
2-Interacciones de (No.) Factores	6	1.4425	1.4425	0.24042	1.50
3-Interacciones de (No.) Factores	4	0.1275	0.1275	0.03187	0.20
4-Interacciones de (No.) Factores	1	0.1513	0.1513	0.15125	0.95
Error	16	2.5600	2.5600	0.16000	
Total	31	17.5187			
S=0.4	PRESS= 10.24				
Rcuad=85.39%	R-cuad (pred.)=41.55%		Rcuad. (ajustado)=71.69%		

Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander, Minitab 15®. (Consultado el 27 de abril de 2017)

- **Modelo de regresión ajustado.** Tiene en cuenta los factores significativos, que para este caso son la velocidad del montacargas (A) y la experticia del operario que son las variables X_1 y X_4 respectivamente.

$$y = 6.35 + 0.475X_1 - 0.2375X_4$$

El R^2 ajustado hallado es de 71,69% la cual explica de manera satisfactoria la variación.

En la obtención de los factores más importantes se identificó que no tenían efecto sobre el tiempo promedio de cargue se fijan en su nivel de menor costo, los signos que en la Tabla 24 aparecen indican que se debe incrementar o disminuir. Se utilizan movimientos por intervalos, es decir que por un incremento en la variable X_1 de 0.475 se reduce en 0.237 de la variable X_4 .

Por lo anterior se codifica la variable X_1 y X_4 :

$$(2.5-2)/2=0.25, \text{ es decir } \Delta X_1 = 1, \text{ es decir } \Delta Z_1 = 0.25$$

$$\Delta X_4 = (-0.2375)/(0.475)= -0.5, \text{ es decir } \Delta Z_4 = 0.25$$

Con las anteriores unidades codificadas y reales se realiza la tabla de escalamiento ascendente.

Tabla 24. Escalamiento ascendente del tiempo promedio de cargue de camiones

Centro de longitud de paso	Códigos		Niveles reales		Tiempo promedio de cargue (Y) (min)
	X_1	X_4	Z_1	Z_4	
	0	0	2.25	4	
	1	-0.25	0.25	-0.25	
Paso 1	1	-0.50	2.50	3.75	6.8
Paso 2	2	-0.75	2.75	20	6.7
Paso 3	3	-1.0	3.00	3.25	6.5
Paso 4	4	-1.25	3.25	3.00	6.8

Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Gómez, Rodrigo y Correa Alexander. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución utilizando superficies de respuesta. 2009 (Consultado el 27 de abril de 2017)

Con los datos de la Tabla 24., Se realizan varias corridas de las cuales se obtienen tiempos promedios, proporcionando como resultado un tiempo mínimo de 6.5 minutos, con una velocidad de 3.00 Km/Hora y una calificación a la experticia del operario de 3.25 (ver Tabla 25).

Tabla 25. Datos para el segundo modelo

Variables naturales		Variables codificadas		Tiempo promedio de cargue (Y) en min
Vel. Mont. (A)	Calif. operario (B)	X_1	X_4	
2.75	3.00	-1	-1	6.58
3.25	3.00	1	-1	6.70
2.75	20	-1	1	6.55
3.25	20	1	1	6.60
3.00	3.25	0	0	6.50
3.00	3.25	0	0	6.48
3.00	3.25	0	0	6.45
3.00	3.25	0	0	6.51
3.00	3.25	0	0	6.50

Fuente: Gómez, Rodrigo. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución. 2009. (Consultado el 27 de abril de 2017)

El modelo se ajusta mediante los siguientes mínimos cuadrados.

$$\hat{Y} = 23.29 - 6.14 X_1 - 4.73 X_4 + 1.22 X_1^2 + 0.82 X_4^2 - 4.73 X_1 X_4$$

En la Tabla 26., se puede observar que los coeficientes de la regresión lineal y cuadrada son significativos ya que su valor en p es menor a la significancia de 0.05, por otra parte, se halla el valor R^2 ajustado siendo igual a 82.18% de lo cual se puede inferir que el modelo es adecuado.

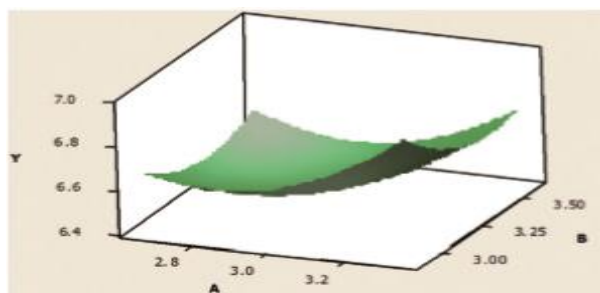
Tabla 26. Análisis ANOVA para el modelo de segundo orden

Fuente	GL	SC sec	SC ajust.	MC Ajust.	F	P
Regresión	5	0.119783	0.119783	0.023957	12.07	0.002
Lineal	2	0.065449	0.065449	0.032724	16.49	0.002
Cuadrado	2	0.053109	0.053109	0.026555	13.38	0.004
Interacción	1	0.001225	0.001225	0.001225	0.62	0.458
Error residual	7	0.013894	0.013894	0.001985		
Falta de Ajuste	3	0.11614	0.11614	0.003871	6.79	0.048
Error Puro	4	0.002280	0.002280	0.000570		
Total	12	0.133677				

Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander, Minitab 15®. (Consultado el 27 de abril de 2017)

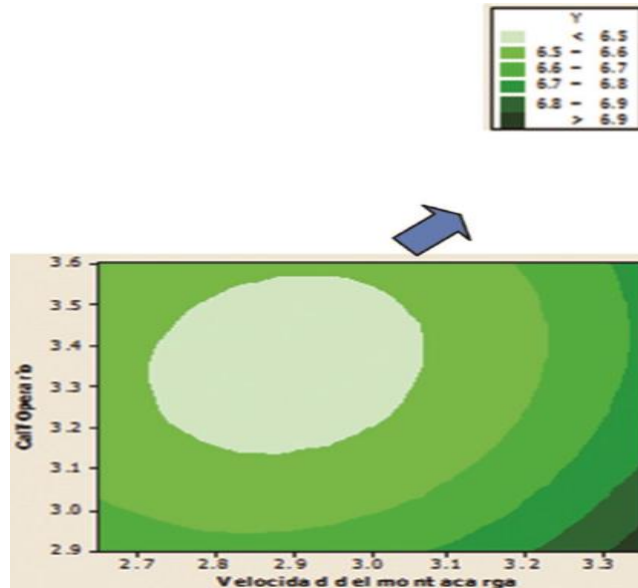
Posteriormente se caracteriza la superficie de respuesta (ver Gráfico 8) y la gráfica de contorno (ver Gráfica 9) permiten identificar el punto que minimiza el tiempo promedio de cargue de camiones, proporcionando como conclusión una velocidad de montacargas de 2.9 Km/Hora y una experticia del operario promedio de 3.4.

Gráfico 8. Superficie de respuesta para el tiempo promedio de cargue de camiones



Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander, Minitab 15®. (Consultado el 27 de abril de 2017)

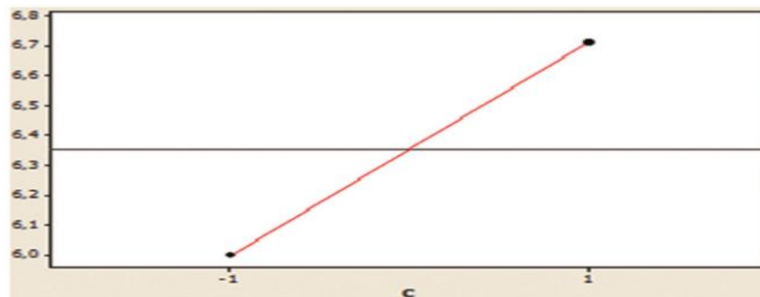
Gráfico 9. Contorno del promedio de carga frente a la variable X_1 y X_4



Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander, Minitab 15®.
(Consultado el 27 de abril de 2017)

Para finalizar se determina que la empresa debería establecer una estrategia para la lectura mediante el código de barras para la lectura de las estibas a despachar, permitiendo reducir el tiempo de cargue a un promedio de 6 minutos (ver Gráfica 10).

Gráfica 10. Efecto del código de barras



Fuente: Gómez, Rodrigo y Correa Alexander, Minitab 15®.
(Consultado el 27 de abril de 2017)

El modelo indica que el punto óptimo que debe mantener la operación de despacho en las variables influyentes tales como.

- Velocidad del montacargas 2.9 Km/Hora
- Calificación sobre la experticia y competencias del operario igual a 3, nivel que debe ser apoyado por continuo acompañamiento al operario.
- Es importante la utilización del código de barras en el momento de cargue de vehículos por lotes.

Teniendo en cuenta estas recomendaciones los autores del modelo aseguran que si se desarrollan las mejoras planteadas el tiempo de carga de los vehículos se reduce en promedio en un 45% pasando de 10 minutos a un intervalo de 6 - 6.5 minutos, optimizando y haciendo más eficiente el proceso¹⁰⁵.

4.4.5 Priorización con recursos de distribución limitados. Este modelo que fue presentado en la ICIEOM (International Conference On Industrial Engineering Operations Management), el cual de manera introductoria destaca que el despacho es un proceso vital que proporciona satisfacción a los clientes, el cual debe ser eficiente para percibir beneficios económicos, para ello presenta algunos aportes relacionados con el proceso de despacho como por ejemplo el modelo propuesto por Suk-Chul que se basa principalmente en un modelo de programación lineal que le apunta a maximizar la tasa de pedidos satisfechos completamente, concluyendo en un aumento en el nivel de servicio al cliente.

Dentro de los modelos de optimización más comunes en el despacho se encuentran los realizados a través de metodologías de ruteos de vehículos y planificación de envíos teniendo en cuenta como restricción principal el tiempo, sin embargo según los investigadores no hay un modelo claro en el cual se establezcan prioridades de los clientes ante un número de despachos mayor al número de camiones disponibles, es decir que se presente una falta de recursos con los cuales se pueda responder ante los clientes, por restricciones como la lejanía, demanda de productos diferentes, demanda de pedidos al mismo tiempo surgen preguntas como a que clientes debo despachar a tiempo, estableciendo prioridades bajo características tales como el tamaño del pedido, Lead Time, niveles de inventario con los cuales cuente el Cedi o el cliente, demandas promedio del Cedi, entre otras características que se tienen en cuenta de forma individual por las organizaciones.

¹⁰⁵ GÓMEZ, Rodrigo & CORREA, Alexander. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución utilizando superficies de respuesta. Revista Lasallista de Investigación. ISSN: 1794-4449. 2012. Vol. 9. p. 84.

Estas generan problemas de sub utilización de la flota de transporte, retrasos en las entregas a los clientes y un mal manejo de los productos en el Cedi que puede ocasionar vencimientos por devoluciones propiciadas por incumplimientos, estos son algunos de los problemas que se pueden presentaren un despacho ineficiente, conllevando a proponer una metodología que permita realizar despachos de mercancías con altos niveles de servicio con recursos limitados¹⁰⁶.

4.4.5.1 Metodología de priorización dinámica. Este método permite conocer la no prioridad de un despacho, es decir que permite saber lo que no se debe despachar asignando prioridad a los positivos y asignando un estado de “no prioridad” a los negativos, tal como en la Tabla 27.

Tabla 27. Ejemplo de cálculo de prioridades

Detall.	Invent. Efect.	Dem. diaria	Lead Time	C.U.	C.D.	C.U. Normal.	C.D. Normal.	Prior. según C.U.	Prior. según C.D.	Prior. Prom.
1	189	207	1	18	0.09	18	0.09	4%	3%	3,9 %
2	103	124	2	145	1.17	145	1.17	33%	44%	36,4%
3	318	214	1	-104	-0.49	0	0.00	0%	0%	0.0%
4	313	196	3	275	1.40	275	1.40	63%	53%	59,8%

Fuente: ABEPRO. Disponible en: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010>. (Consultado el 27 de abril de 2017)

Según la Tabla 27., el cliente número 4 es prioridad para ser despachado, seguido del cliente 2, por lo tanto, es necesario programar las entregas teniendo en cuenta las restricciones de los detallistas proporcionando como conclusión el cliente 3 no será tenido en cuenta para ser despachado el día sobre el cual se ha realizado el análisis.

4.4.5.2 Modelo de priorización de despachos. Este modelo se realiza basándose en la posibilidad de planear diariamente los despachos, los cuales surgen por demandas a las cuales se les debe asignar inventario para poder finalmente ser acopiadas y posteriormente despachadas, de lo cual se establece el modelo de programación lineal que permite definir la cantidad a enviar a cada cliente y la secuencia o prioridad en la cual serán despachados teniendo en cuenta las siguientes variables.

¹⁰⁶ VARGAS, Leidy , BRAVO, Juan & SALAZAR, Andres. Priorización óptima de despacho de mercancías con recursos de distribución limitados. Brasil. 2010. Disponible en: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TI_ST_113_741_17300.pdf>

- **Índices**

$i =$ Orden del cliente

$j =$ Día

$k =$ Camión

- **Parámetros**

$Dem_{ij} =$ Demanda del cliente i en el día j

$Dem_{total\ i} =$ Demanda total del cliente i

$LT\ i =$ Lead Time para atender al cliente i

$II\ i =$ Inventario inicial de producto en el cliente i

$Cap\ k =$ Capacidad del camión k

$R =$ Periodo de revisión, 7 días

$M =$ Número muy grande

- **Variables**

$$X_{i,j,k} = \begin{cases} 1, & \text{si la orden se envía en la posición } j \text{ en el camión } k \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

$Q_{i,j,k} =$ Cantidad a enviar de la orden i en el día j en el camión k

$Backorder_{i,j} =$ Backorder de la orden i en el día j

$IF_{i,j} =$ Inventario final de la orden i en la posición j

- **Función objetivo**

$$\text{Min} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \text{Backorder}_{i,j} * j$$

La función objetivo va enfocada hacia la disminución de los backorders o pedidos pendientes ya que generan insatisfacción en los clientes, por consiguiente, puede generar que se pierdan los clientes, por lo tanto se debe minimizar con el objetivo de brindar un nivel de servicio adecuado al cliente.

- **Restricciones**

$$Q_{i,j,k} \leq Cap * x_{i,j,k} \quad \forall i, j, k \quad (4)$$

$$Q_{i,j,k} \leq Dem_total_i + M(1 - x_{i,j,k}) \quad \forall i, j, k \quad (5)$$

$$Q_{i,j,k} \leq Backorder_{i,j} + M(x_{i,j,k}) \quad \forall i, j, k \quad (6)$$

$$Backorder_{i,j} = Dem_total_i - \sum_{k=1}^K Q_{i,j,k} \quad \forall i, j = 1 \quad (7)$$

$$Backorder_{i,j} = Backorder_{i,j-1} - \sum_{k=1}^K Q_{i,j,k} \quad \forall i, j > 1 \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^K Q_{i,j,k} + II_i - Dem_{i,j} = IF_{i,j} \quad \forall i, j = 1 \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^K Q_{i,j-LT(i),k} + IF_{i,j-1} - Dem_{i,j} = IF_{i,j} \quad \forall i, j > 1 \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^K x_{i,j,k} \leq 1 \quad \forall i, j \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{i,j,k} \leq 1 \quad \forall j, k \quad (12)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J x_{i,j,k} \leq 1 \quad \forall i \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^J Dem_{i,j} = Dem_total_i \quad \forall i \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I x_{i,j,k} * LT_i \leq R \quad \forall k \quad (15)$$

$$x_{i,j,k} \in \{0|1\} \quad (16)$$

Estas son las restricciones sobre las cuales está constituido el modelo, de las cuales la número (4), (5) y (6) hacen referencia a la capacidad del vehículo, la cantidad demandada y la cantidad pendiente por despachar, garantizando así que no se exceda la capacidad del vehículo que llevará él envío, por su parte las restricciones (7) y (8) hacen referencia a la definición del backorder en el Cedi, las (9) y (10) sobre el balance de inventarios que se debe mantener en el Cedi y la restricción (11) hace referencia a la asignación de camiones, restringiendo el número de órdenes del Cedi i en un solo camión, dando paso a las restricciones (12) y (13) pertenecen a las posiciones y órdenes en el Cedi, y finalmente la restricción (15) tiene en cuenta el tiempo disponible para realizar el transporte, exigiendo tiempos de entrega a las órdenes que se despachan, dado que la planeación es semana se estipula que tiene que ser menor a 7 días.

4.4.5.3 Resultados obtenidos. De acuerdo con el modelo de priorización se obtienen los resultados de la Tabla 28., y Tabla 29., los cuales indican expresamente la cantidad a enviar a cada cliente teniendo en cuenta la demanda diaria, la capacidad de los camiones y la minimización de los backorders.

Tabla 28. Cantidad enviada con el método de indicadores de priorización dinámica

Detallista	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7
1	0	0	0	0	1000	0	0
2	0	0	0	0	0	917	0
3	0	0	0	1000	0	0	393
4	1000	392	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1000	0	0

Fuente: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_ti_st_113_741_17300.pdf (consultado el 27 de abril de 2017)

Tabla 29. Cantidad enviada bajo el modelo de priorización

Detallista	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7
1	1000	0	0	0	0	0	0
2	0	0	917	0	0	0	0
3	1000	0	0	0	0	0	0
4	0	1000	0	0	0	0	0
5	0	1000	0	0	0	0	0

Fuente: ABEPRO. Disponible en:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_ti_st_113_741_17300.pdf (consultado el 27 de abril de 2017)

Los resultados de las tablas anteriores influyen directamente sobre los pedidos pendientes o backorders, que se ven reflejados en las Tablas 30 y 31.

Tabla 30. Total de backorders generados bajo el método de indicadores de priorización dinámica

Detallista	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	Total
1	1428	1428	1428	1428	428	428	428	6996
2	917	917	917	917	917	0	0	4585
3	1393	1393	1393	393	393	393	0	5358
4	392	0	0	0	0	0	0	392
5	1435	1435	1435	1435	435	435	435	7045
<i>Backorder total</i>								24376

Fuente: ABEPRO. Disponible en:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_ti_st_113_741_17300.pdf (consultado el 27 de abril de 2017)

Tabla 31. Total de backorders bajo el modelo de priorización

Detallista	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	Total
1	428	428	428	428	428	428	428	2996
2	917	917	0	0	0	0	0	1834
3	393	393	393	393	393	393	393	2751
4	1392	392	392	392	392	392	392	3744
5	1435	435	435	435	435	435	435	4045
<i>Backorder total</i>								15370

Fuente: ABEPRO. Disponible en:

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_ti_st_113_741_17300.pdf (consultado el 27 de abril de 2017)

Es evidente que bajo el modelo de priorización se obtiene un beneficio en relación con la minimización de las backorders, sin embargo, es necesario ver la mejora desde tres perspectivas diferentes tales como:

- **Costos de transporte.** Comparando las Tablas 30 y 31, se evidencia que el modelo de priorización disminuye el número de despachos a los clientes con un total de 5 envíos, en comparación con la metodología de indicadores de priorización dinámica, bajo la cual se despachan 7 envíos en la semana, de lo cual se supone un ahorro en los costos de transporte y una mayor disponibilidad de camiones para dar respuesta a los clientes.
- **Tiempos de transporte.** El objetivo logístico en transporte es transportar en el menor tiempo posible con bajos costos, por lo cual bajo el modelo de priorización se ofrece una ventaja que es un tiempo de respuesta de ocho días en comparación a los doce días que estipulan los indicadores de priorización dinámica.
- **Capacidad de utilización de los vehículos.** En el método de indicadores de priorización dinámica se presenta una subutilización de la flota, ya que en los días dos y siete se presenta una subutilización en peso por debajo del 50% de la capacidad con la que cuentan los vehículos, mientras el modelo de priorización utiliza casi en un ciento por ciento los vehículos, bajo la variable de peso, ya que el volumen los autores no lo tienen en cuenta.

Para concluir podemos inferir que este modelo permite brindar un mejor servicio al cliente final, estableciendo como principal preocupación el despacho en la fecha más cercana, sin embargo, el un modelo que se estructura bajo el ideal, por lo cual se debe pensar y estructuras bajo variables como el desconocimiento de la demanda, envíos multiproducto, tener en cuenta la variable de volumen, es decir llevar este modelo a una situación más realista.

Los tres modelos evaluados anteriormente abarcan desde distintas perspectivas diferentes variables y restricciones, sin embargo, el modelo abarcado desde los distintos VRP tienen un enfoque distinto, ya que los VRP tienen como objetivo optimizar rutas de entrega, desde uno o varios centros de distribución pasando por varios nodos que finalmente serían los clientes entre otra variables.

5. ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN

Sin duda alguna el despacho de mercancía es uno de los eslabones más relevantes dentro de las redes de valor, sin embargo, actualmente es un cuello de botella por los tiempos y recursos que en él se deben invertir.

Estas demoras impactan a todos los actores que intervienen en la operación, pero principalmente a los transportadores quienes finalmente deben esperar largos lapsos de tiempo que puede variar según el tamaño de la empresa, siendo la empresa pequeña la que más tiempo requiere debido a que cuenta con pocos recursos.

Con base en los modelos revisados en fuentes de información secundaria se estructuran las siguientes restricciones o variables que deben ser tenidas en cuenta para la realización del modelo.

- **Demanda diaria/cliente.** Es la sumatoria de la cantidad (Q) que un cliente solicita de 1, 2, 3,...n referencias por día.
- **Demanda total/día.** Resulta de la sumatoria de la cantidad (Q) de 1, 2, 3,... n referencias que solicitan a la compañía por día.
- **Demanda total/mes.** Es la sumatoria de todas las **Demanda total/día** que se registran en un mes.
- **Lead Time/cliente.** Es el plazo de entrega estipulado en la promesa de entrega por cliente.
- **Capacidad del vehículo de transporte.** Hace referencia a la capacidad de carga tanto a nivel de volumen y peso que puede transportar un vehículo.
- **Disponibilidad de recursos (Equipos de montacargas, estibadores).** Número de recursos sin labor que realizar, los cuales se pueden utilizar en caso de requerirlo.
- **Documentación.** Son todos los documentos tales como facturas, órdenes de compra, declaraciones de importación, listas de ordenamiento o demás papeles que requiera un producto para poder ser despachado.

- **Disponibilidad de muelles.** Son las puertas de embarque o stages destinados al recibo o despacho de mercancía.
- **Talento humano.** Variable cualitativa que hace referencia a las habilidades o capacidades del personal.
- **Ventanas de tiempo para cargar y entregar.** Hace referencia a la jornada en la cual se puede cargar o recibir un vehículo, por ejemplo, puede ser jornada diurna, tarde o nocturna.
- **Número de entregas.** Son la cantidad de pedidos que entrega un vehículo en una jornada.
- **Puntos de suministro.** Número de centros de distribución que abastecen a otro centro de distribución o cliente directamente.
- **Las restricciones horarias de los clientes a entregar.** Son las condiciones que establece un cliente ya sea en horas o días específicos de entrega además de alguna característica o particularidad expuesta por el cliente.
- **Paradas o descansos del vehículo.** Paradas que se estipulan ya sea por bienestar o ergonomía del transportador o por restricciones vehiculares.
- **Restricción vehicular según el destino.** Normatividad o restricción física que evita o prohíbe el paso de vehículos en horas o días específicos.

5.1 CONVERGENCIA DE VARIABLES ENCONTRADAS

Una vez analizados los distintos modelos matemáticos aplicados a la optimización en el proceso de despacho se obtuvieron una serie de variables y restricciones que fueron validadas en la entrevista, con el objetivo de tenerlas en cuenta para la creación del modelo de optimización, en consecuencia a continuación se presenta la Tabla 32., la cual presenta la calificación de los expertos en cuanto a las variables que se evaluaron de los modelos.

Tabla 32. Calificación de las variables y restricciones del modelo

Variable	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Resultado
Demanda diaria/cliente	2	2	2	1	2	Incidente
Demanda total/día	3	2	1	1	1	Muy incidente
Demanda total/mes	2	2	3	2	2	Incidente
Lead Time/cliente	1	1	2	1	1	Muy incidente
Capacidad del vehículo	2	1	1	1	1	Muy incidente
Disponibilidad de recursos	2	1	2	1	2	Incidente
Documentación	3	3	3	4	4	Poco incidente
Disponibilidad de muelles o puertas de embarque	1	1	1	1	1	Muy incidente
Talento humano	2	3	2	2	3	Incidente
Ventanas de tiempo para cargar y entregar	1	1	2	2	2	Incidente
Número de entregas	2	2	2	1	2	Incidente
Puntos de suministro	3	3	2	3	2	Poco incidente
Restricciones horarias	1	2	2	1	1	Muy incidente
Paradas o descansos del vehículo	3	3	2	1	3	Poco incidente
Restricciones vehiculares	2	3	3	1	3	Poco incidente
Satisfacción de la demanda de los clientes	2	2	1	1	1	Muy incidente

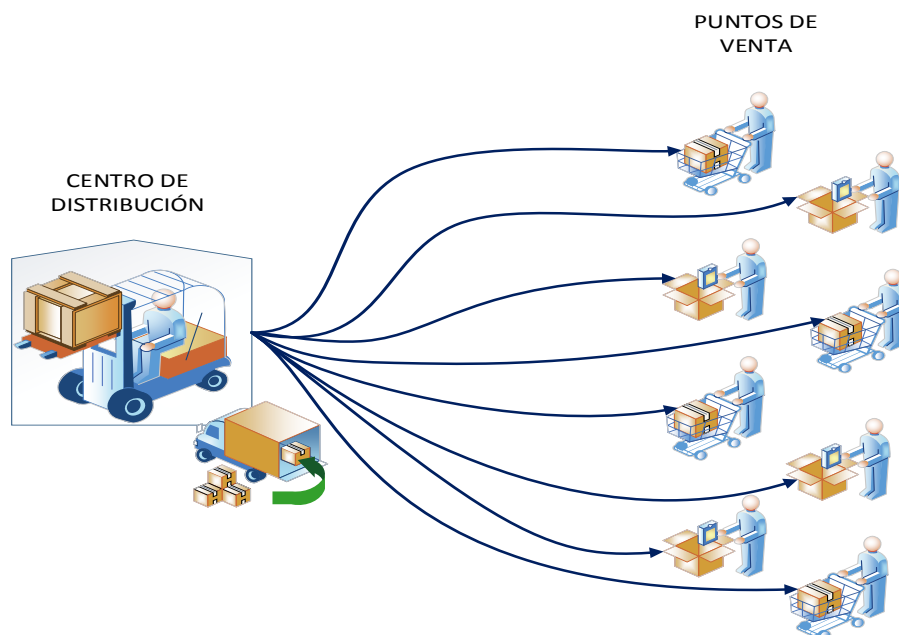
Estos aspectos van a ser parte de las variables o restricciones que va a contener el modelo, ya que son de consideración de los expertos, sin embargo, para generar una mayor complejidad al modelo se ahondará en un número mayor de variables.

5.2 FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

A continuación, se presenta la formulación matemática de manera estructurada para la realización del modelo mediante programación lineal, la cual facilitará la determinación de las variables a optimizar en un modelo genérico de distribución, para ello la función objetivo y las restricciones se deben comportar de manera lineal.

Este modelo genérico de distribución se estructura pensando en la salida de mercancía desde un único centro de distribución ubicado en una zona logística alejada a Bogotá, el cual despacha distintos productos en cantidades variables hacia diferentes puntos de venta.

Figura 57. Ejemplo de distribución sobre la cual se estructura el modelo



El transporte se da por cuenta de terceros, es decir se terceriza con empresas de transporte especializadas, por lo tanto, se paga un flete asociado al tipo de vehículo que se requiera para el despacho el cual se consolida por punto de venta y varía según la demanda de los mismos.

- **Índices**

i = Índice que identifica los puntos de venta, para todo $i = 1, 2, 3, \dots, i$.

k = Índice que identifica el tipo de vehículo de carga, para todo $k = a, b, c, \dots, j$.

t = Índice que identifica el tiempo en horas, para toda $k = 1, 2, 3, \dots, k$.

r = Índice que identifica el tipo de equipo movable utilizado en el Cedi

Para todo $r = a, b, c, \dots, r$.

p = Índice que identifica el tipo de producto, para todo $p = a, b, c, \dots, p$.

e = Índice que identifica la etapa del proceso, para todo $e = a, b$.

h = Índice que identifica las franjas horarias, para todo $h = 1, 2, 3$.

q = índice que identifica el tipo de material de embalaje,
para todo $q = 1, 2, 3, \dots, q$.

- **Parámetros**

D_p = Demanda diaria de un producto tipo p

S_i = Distancia recorrida desde el Cedi hasta el cliente tipo i

L_i = Tiempo total promedio para atender al cliente tipo i

L_e = Tiempo de ciclo en una etapa de proceso tipo e

CR_p = Costos de reproceso de distribución para un producto tipo p

II_p = Inventario inicial de producto p

C_k = Capacidad de un vehículo tipo k

$FL_k =$ Costo del flete para un vehículo tipo k

$T_{ti} =$ Tiempo de ruta t a cada cliente tipo i

$J_k =$ Número de vehículos tipo k disponibles

$N_r =$ Número de equipos móviles tipo r

$A_p =$ Número de averías de un producto tipo p

$MA_p =$ Máximo de unidades averiadas de un producto p

$M =$ Número de muelles

$CM_k =$ Capacidad del muelle para un tipo de vehículo tipo k

$H_h =$ Franja horaria tipo h

$E_{qp} =$ Cantidad de material tipo q para el alistamiento de un producto tipo p

$F_{ki} =$ Flete de un vehículo tipo k para un cliente tipo i

$O_k =$ Costos de mano de obra/labor del cargue y descargue para un vehículo tipo k

$V_k =$ vehículo tipo k

$SP =$ Costos de los servicios públicos y privados

$Z_q =$ Costos de material para embalaje tipo q

$CI =$ Costo para el mantenimiento de inventario

$MOD_k =$ Mano de obra en el despacho de un vehículo tipo k

$P_p =$ Precio de venta de un producto tipo p

$PQ_p =$ Número de productos despachados tipo p

$A_p =$ Número de averías de un producto tipo p

$A_p =$ Multa por entrega

$MR_p =$ Costos máximos de reproceso de distribución para un producto tipo p

$U_p =$ Número de ubicaciones ocupadas por un producto tipo p

$CU =$ Costos por ubicación

$DR_{qp} =$ Recuperación de un material tipo q para un producto tipo p

$PR_q =$ Precio por kilogramo de un material tipo q

$CC_p =$ Costo de compra de un producto tipo p

$MU =$ Margen por ubicación

- **Costos fijos**

$A =$ Arriendo de bodega

$MO_e =$ Mano de obra de una etapa de un proceso tipo e

$MOA =$ Mano de obra para el proceso de acopio y despacho

$DP_r =$ Depreciación de recursos tipo r

$CM_r =$ Costos de mantenimiento para un recurso tipo r

$CE =$ Costo de mantenimiento de edificio

$CP =$ Costo de insumos para el proceso de despacho

$CC =$ Costo de capacitación

$CTIC =$ Costo de mantenimiento de infraestructura de TIC

$CS =$ Costos de dotación y seguridad

- **Variables**

$D_p =$ Demanda diaria de un producto tipo p

$S_i =$ Distancia recorrida desde el Cedi hasta el cliente tipo i

$T_{ti} =$ Tiempo de ruta t a cada cliente tipo i

$F_{ki} =$ Flete de un vehículo tipo k para un cliente tipo i

$O_k =$ Costos de mano de obra/labor del cargue y descargue para un vehículo tipo k

$Z_{qp} =$ Costos de empaque tipo q para un producto tipo p

$CH_e =$ Costo de holgura por proceso tipo e

$LH_e =$ Tiempo de holgura en un proceso tipo e

$CI_p =$ Costo para el mantenimiento de inventario para un producto tipo p

$CR_p =$ Costos de reproceso de distribución para un producto tipo p

$U_p =$ Número de ubicaciones ocupadas por un producto tipo p

$CU =$ Costos por ubicación

- **Restricciones**

L_i = Tiempo total promedio para atender al cliente tipo i

LH_e = Tiempo de holgura en un proceso tipo e

MA_p = Máximo de unidades averiadas de un producto p

I_p = Inventario de un producto p

A_p = Número de averías de un producto tipo p

MR_p = Costos máximos de reproceso de distribución para un producto tipo p

C_k = Capacidad de un vehículo tipo k

J_k = Número de vehículos tipo k disponibles

CM_k = Capacidad del muelle para un tipo de vehículo tipo k

N_r = Disponibilidad de equipos móviles tipo r

M = Número de muelles

UA = Número de ubicaciones de almacenamiento

- **Ingresos**

P_p = Precio de venta de un producto tipo p

PQ_p = Número de productos despachados tipo p

U_p = Número de ubicaciones ocupadas por un producto tipo p

CU = Costos por ubicación

DR_{qp} = Recuperación de un material tipo q para un producto tipo p

PR_q = Precio por kilogramo de un material tipo q

FUNCIÓN OBJETIVO

- Ingresos

$$Z_{\max} = \sum_{p=1}^n P_p * D_p \quad (\text{Ventas}) +$$
$$\sum_{p=1}^n U_p * (CI + CU + MU) \quad (\text{Ingresos por almacenamiento}) +$$
$$\sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n D_p * DR_{qp} * PR_q \quad (\text{Venta de material reciclable})$$

- Costos

$$Z_{\min} = \sum_{p=1}^n CC_p * D_p \quad (\text{Costos de compra}) +$$
$$\sum_{p=1}^n (FL_k + O_k) * V_k \quad (\text{Costo del flete}) +$$
$$\sum_{r=1}^n N_r * CM_r \quad (\text{Mto de recursos disponibles}) +$$
$$\sum_{q=1}^n \sum_{p=1}^n E_{qp} * Z_q \quad (\text{Costos de material para alistamiento}) +$$
$$\sum_{p=1}^n N_r * DP_r \quad (\text{Costos de depreciación}) +$$
$$\sum_{p=1}^n A_p * CR_p \quad (\text{Costos de reproceso por averías}) +$$

A (Arriendo bodega) +

MO_e (Mano de obra por proceso) + CE (Costo mto edificio) +

CP (Costo insumos) + CC (Costo capacitación) +

CTIC (Mto.infr.TIC) + CS (Costos de dotación y seguridad)

• **Restricciones**

$$\sum_{e=1}^n L_e \leq CH_e \quad (\text{Costos de holgura})$$

$$\sum_{p=1}^n D_p \leq I_p$$

$$\sum_{p=1}^n A_p < MA_p \quad (\text{Costos por averias})$$

$$\sum_{p=1}^n CR_p \leq MR_p \quad (\text{Costos máximos de reproceso})$$

$$\sum_{p=1}^n \sum_{t=1}^n D_{pt} \leq \sum_{k=1}^n \sum_{t=1}^n C_k * J_{kt}$$

$$\sum_{p=1}^n U_p \leq UA \quad (\text{Ingresos por almacenamiento})$$

$$\sum_{k=1}^n V_k \leq CM_k * M$$

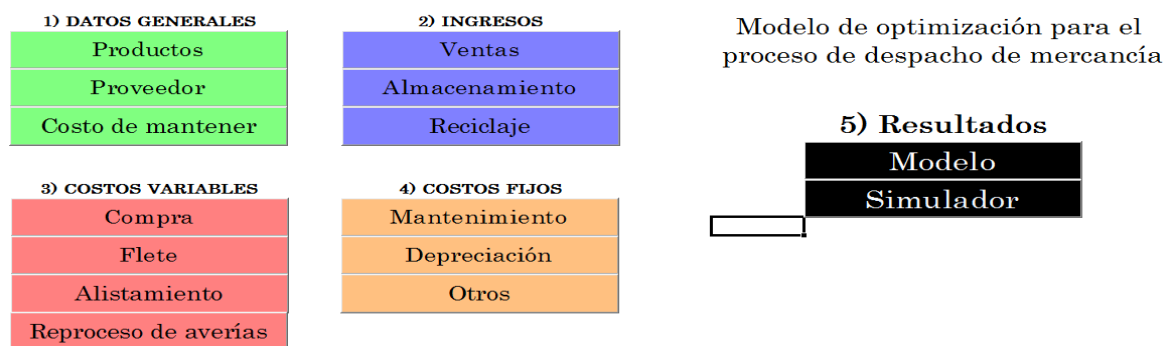
6. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL MODELO

Con base en las restricciones y variables que estructuran el modelo de optimización se procede a la estimación de los costos bajo la metodología de programación lineal, esto debido a que es una metodología genérica que se adapta de forma adecuada a los distintos tipos de operaciones logísticas. El objetivo es que el modelo sea un referente logístico, por lo tanto al ser planteado bajo esta metodología le pueden asignar valores distintos a los estipulados en la presente investigación, es decir que servirá a cualquier tipo de proyecto que tenga como objetivo maximizar la rentabilidad en el despacho de productos en un centro de distribución y adicionalmente tengan restricciones y variables similares.

6.1 SIMULACIÓN

La complejidad de las distintas operaciones analizadas en las visitas, el trabajo de campo realizado por el investigador, la investigación en fuentes secundarias y la validación a expertos logísticos han sido los integradores sobre los cuales se estructuran las variables y restricciones que componen el modelo matemático propuesto, el cual se simula bajo la herramienta de Excel llamada Solver. Esta herramienta inicia con una hoja llamada "PRINCIPAL", la cual contiene el menú del modelo (ver Figura 58) el cual se compone por cinco eslabones principales.

Figura 58. Hoja principal del modelo



El primer menú se denomina "DATOS GENERALES" el cual se subdivide en tres pestañas, la primera se denomina Producto, se debe seleccionar e inmediatamente nos dirige a una nueva hoja donde se pueden encontrar en primera medida las cualidades de los distintos productos que se utilizaron para ejemplificar el modelo (ver Tabla 33) y adicionalmente una tabla con los tipos de vehículos disponibles (ver Tabla 34).

Tabla 33. Productos asociados a la simulación del modelo

Producto P	Proveedor	EAN	Descripción	Ancho	Largo	Alto
P1	LG	7861106385551	Horno Micro Elec 31"	58.0	49.0	37.0
P2	LG	8806084793157	Nev LG 496Lt GB44	74.5	72.5	191.5
P3	SAMSUNG	8806086771276	Lav Samsung 16Kg 10L"	73.5	69.5	112.0
P4	CHALLENGER	7705191003153	Nev Chall FR 223Lt	67.0	58.0	121.0
P5	SAMSUNG	8806088085166	Tv40"100cmLED Sam	108.4	11.6	59.3
P6	WHIRLPOOL	7704353315875	Nev Whirl 264Lt	74.3	64.5	163.0
P7	HUAWEI	6901443084623	Cel 4G HUAWEI P8 Lite	8.3	6.2	16.3
P8	WHIRLPOOL	7704353315868	Nev Whirl 235Lt WRM22	72.5	65.0	150.3
P9	LENOVO	190576630425	Cel 4G Leno Vibe B DS	10.5	10.5	10.5
P10	HP	889899428931	AIO 23.8" HP 24-B012 Ci7	53.0	23.0	70.0

La Tabla 33., presenta los datos de diez tipos de productos, los cuales tienen un código EAN 13, una descripción, y unas dimensiones volumétricas y peso definidas, estos datos corresponden a parámetros aleatorios con información real asociada a una de las operaciones logísticas estudiadas.

Tabla 34. Tipología de vehículos y costo del flete

Tipo Vehículo	Disponibles	Capacidad Peso (kg)	Capacidad Volumen (m3)	Peso total	Cap vol total
300	7	3500	14.0	24500	98
500	12	5000	21.5	60000	258
600	11	8000	37.0	88000	407
Doble T.	16	16000	40.0	256000	640
Mula	18	32000	76.0	576000	1368

Para el transporte de la mercancía se utilizan vehículos bajo la figura de fidelizado según la necesidad de la demanda, por lo cual hay distintas tipologías de vehículos con capacidades de peso y volumen distinto y todos son de furgón o furgonados, tal como se presenta en la Figura 59.

Figura 59. Ejemplo de vehículo tipo furgón o furgonado



Fuente: ALQUILES DE VEHICULOS SIN CONDUCTOR. Disponible en:
<http://www.alquilerdevehiculossinconductor.com>
(Consultado el 28 de abril de 2017)

El costo del flete va determinado por el tipo de vehículo, y será representativo o equivalente a un viaje el cual consiste en recoger la mercancía en el Cedi y entregarla en un único punto de venta. La pestaña de proveedor hace referencia al inventario en cantidad y en valor que se tiene de cada proveedor, análisis hecho únicamente sobre las diez referencias ya enunciadas, tal como se puede apreciar en la Tabla 35.

Tabla 35. Inventario por proveedor

Proveedor	Total Inventario	Costo total del inventario
HP	3000	\$8.907.300.000
LG	3000	\$2.716.018.000
SAMSUNG	3000	\$2.647.331.000
HUAWEI	4000	\$2.344.536.000
WHIRLPOOL	2000	\$1.742.703.000
LENOVO	4000	\$1.001.112.000
CHALLENGER	1000	\$452.651.000
Total general	20000	\$19.811.651.000

Para finalizar el primer menú se encuentra la pestaña de “Costo de Mantener”, allí se encuentra una hoja bastante amplia la cual contiene detalladamente como resultado el costo de mantener que será tenido en cuenta más adelante, sin embargo, para poder obtener este dato se deben realizar cálculos que incluyen otros rubros y varía por cantidad de unidades en inventario y el costo del mismo, cálculo que contiene la hoja en mención.

El segundo menú contiene los ingresos que obtiene la organización por distintos conceptos. El primero de ellos es el ingreso por ventas, allí hay varias tablas sin embargo la más importante es la que nos arroja como resultado el solver (ver Tabla 36), que indica el número de productos que se deben enviar a los distintos clientes maximizando los ingresos.

Tabla 36. Maximización por punto de venta

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	Dem. Por Producto
P1	140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	\$708.031.214
P2	1	2	105	106	107	108	109	110	111	3	112	5	4	117	\$2.908.967.057
P3	115	114	116	113	119	120	121	126	9	6	7	8	10	11	\$1.353.796.035
P4	12	13	14	15	90	91	92	93	94	95	96	97	98	100	\$611.079.404
P5	125	124	123	122	118	104	103	102	101	99	89	88	87	86	\$1.627.880.690
P6	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	78	\$1.189.851.907
P7	85	84	83	82	81	80	79	77	63	62	61	60	59	58	\$802.358.833
P8	47	48	49	50	51	52	53	54	56	57	55	46	45	44	\$811.879.665
P9	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	\$172.653.967
P10	29	28	27	26	25	24	23	21	18	17	22	16	20	19	\$1.262.609.748
	661	659	762	758	834	821	821	823	691	577	679	556	558	670	

La siguiente pestaña hace referencia a los ingresos percibidos por concepto de almacenamiento, este es un cobro que se les hace a los proveedores por el espacio y manutención que requiere el inventario de los mismos, para ello la Tabla 37., indica el costo y margen de rentabilidad por ubicación, el cual nos permite estimar un máximo de ingresos teniendo en cuenta el número de ubicaciones con que cuenta el Centro de distribución.

Tabla 37. Rentabilidad por ubicación

Producto	Proveedor	Costo por Ubicación	Precio a Proveedor	Margen por Ubicación	N. de Ubi.	Ingreso máximo esperado
P1	LG	\$44,356	\$55,888	\$11,532	1	\$9,641,116
P2	LG	\$44,356	\$55,888	\$11,532	9	\$86,781,576
P3	SAMSUNG	\$46,086	\$58,068	\$11,982	4	\$40,068,631
P4	CHALLENGER	\$45,594	\$57,449	\$11,855	3	\$29,731,123
P5	SAMSUNG	\$46,086	\$58,068	\$11,982	1	\$10,017,158
P6	WHIRLPOOL	\$45,883	\$57,813	\$11,930	5	\$49,865,713
P7	HUAWEI	\$46,018	\$57,982	\$11,965	1	\$10,002,425
P8	WHIRLPOOL	\$45,883	\$57,813	\$11,930	4	\$39,892,571
P9	LENOVO	\$45,717	\$57,603	\$11,886	1	\$9,937,060
P10	HP	\$45,515	\$57,349	\$11,834	1	\$9,893,203

Una vez construida y analizada se procede a formular el solver el cual nos arroja como resultado la Tabla 38., que básicamente nos indica la distribución ideal de las ubicaciones para percibir un mayor beneficio por este concepto.

Tabla 38. Maximización de ingresos por concepto de almacenamiento

Producto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Margen	\$11.532	\$11.532	\$11.982	\$11.855	\$11.982	\$11.930	\$11.965	\$11.930	\$11.886	\$11.834
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
# Ubic.	2	3	11	8	9	6	10	7	5	4

Para finalizar con el rubro de ingresos, hay una actividad por la cual los centros de distribución también perciben ingresos y es por la venta de material reciclable, allí se estipulo el valor por kilogramo de material plástico y zuncho pet, tal como lo indica la Tabla 39.

Tabla 39. Valor del material reciclable

Venta de Material Recuperado	
Material	\$/kg
Plástico	\$600
Zuncho Pet	\$300

Una vez estipulados los ingresos percibidos por tipo de material por cada kilogramo, se estructuró la recuperación en kilogramos por los productos que fuesen a ser despachados, estimando así un máximo de ingresos por concepto de reciclaje.

Tabla 40. Recuperación de material reciclable por tipo de producto

Producto	EAN	Vinipel (kg)	Zuncho (kg)	Máx Ing Vinipel	Máx Ing Zuncho
P1	7861106385551	15,0	18,7	\$8.971,2	\$5.607,0
P2	8806084793157	28,0	30,0	\$16.800,0	\$9.000,0
P3	8806086771276	27,9	29,9	\$16.716,0	\$8.955,0
P4	7705191003153	24,0	20,0	\$14.400,0	\$6.000,0
P5	8806088085166	47,1	44,1	\$28.243,2	\$13.239,0
P6	7704353315875	27,7	29,6	\$16.598,4	\$8.892,0
P7	6901443084623	2,0	0,0	\$1.216,8	\$0,0
P8	7704353315868	22,6	21,2	\$13.574,4	\$6.363,0
P9	190576630425	1,0	0,0	\$613,2	\$0,0
P10	889899428931	3,8	3,2	\$2.268,0	\$945,0

Posteriormente se formula el Solver con su respectiva formulación, lo cual arroja los resultados que se pueden apreciar en la Tabla 41.

Tabla 41. Solver de ingresos por material reciclable

Producto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
Vinipel	\$600	\$600	\$600	\$600	\$600	\$600	\$600	\$600	\$600	\$600	
Zuncho	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300	\$300	
Vinipel	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	\$93.000
Zuncho	10	9	2	8	6	1	7	5	4	3	\$16.500

De esta manera finalizan el menú de los ingresos que percibe el Centro de distribución, dando a paso a el menú de los costos variables, el cual se compone por cuatro rubros, siendo el primero de ellos las compras de los productos que van a ser distribuidos (ver Tabla 42).

Tabla 42. Costos de compra

Producto	EAN	Descripción	Costo Un	Demanda D	Costo Compra
P1	7861106385551	Horno Micro Elec 1.1PCEMDN31"l	\$280.614	1.869	\$524.467.566
P2	8806084793157	Nev LG 496Lt GB44SVN"G	\$2.154.790	1.000	\$2.154.790.413
P3	8806086771276	Lav Samsung 16Kg WA16J6710L"S	\$1.007.851	995	\$1.002.811.878
P4	7705191003153	Nev Chall FR 223Lt CR252"GRR	\$452.651	1.000	\$452.651.410
P5	8806088085166	Tv40"100cmLED Sam 40J5200FHDIn	\$819.740	1.471	\$1.205.837.548
P6	7704353315875	Nev Whirl 264Lt WRW25BKTWW"G	\$892.077	988	\$881.371.783
P7	6901443084623	Cel 4G HUAWEI P8 Lite DS "Ng	\$586.134	1.014	\$594.339.876
P8	7704353315868	Nev Whirl 235Lt WRM22BKTWW"G	\$850.626	707	\$601.392.345
P9	190576630425	Cel 4G Leno Vibe B DS "Ng	\$250.278	511	\$127.891.828
P10	889899428931	AIO 23.8" HP 24-B012 Ci7 Ng	\$2.969.100	315	\$935.266.480
Total					\$8.480.821.126

Los costos de compras no requieren hallar una minimización, ya que depende de la demanda, es decir que se deben comprar los productos que se venden.

El siguiente rubro es el flete que se debe pagar por concepto de cargue, transporte y descargue de mercancía, tal como lo indica la Tabla 43., según el tipo de vehículo que requiera la operación.

Tabla 43. Costo del flete

Tipo Vehículo	Cap. Peso (kg)	Cap. Vol (m3)	Flete (\$)	Disponible	Costo de cargue y descargue	Flete total	Prep. Flete
300	3500	14,0	\$173.000	70	\$50.000	\$223.000	\$15.610.000
500	5000	21,5	\$230.000	50	\$80.000	\$310.000	\$15.500.000
600	8000	37,0	\$315.000	60	\$105.000	\$420.000	\$25.200.000
Doble T.	16000	40,0	\$630.000	40	\$170.000	\$800.000	\$32.000.000
Mula	32000	76,0	\$945.000	30	\$245.000	\$1.190.000	\$35.700.000

El objetivo era minimizar el costo del flete cumpliendo con las restricciones de disponibilidad y capacidad para cada tipo de vehículo, adicionalmente es importante recalcar que el transporte lo realizan vehículos fidelizados y los resultados que arrojó el Solver se expresan en la Tabla 44., donde se indica en color azul cual tipo de vehículo y la cantidad que se requiere para la entrega de los productos minimizando el costo del flete cumpliendo con las restricciones de disponibilidad.

Tabla 44. Asignación de vehículos para entrega de mercancía

T. Vehículo	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
300	1	0	2	0	0	1	1	1	7	2	1	2	0	1
500	1	0	9	13	7	0	0	16	0	0	1	0	1	1
600	4	4	0	0	4	9	9	0	3	4	7	4	4	7
D.Troque	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mula	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	6	5	12	14	12	10	10	17	11	6	9	6	5	9
Vol Carga	183,5	188	297,5	319,5	338,5	347	347	358	285	176	294,5	176	169,5	294,5
Peso														
Carga	40500	48000	84000	81000	83000	75500	75500	83500	80500	39000	64500	39000	37000	64500
	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥
Volumen														
Total	182	185	294	295	336	338	341	347	283	171	284	168	169	288
Peso														
Total	16210	16348	25728	25763	28854	28980	29221	29655	23853	14167	23870	13931	14002	24211

Esta simulación arrojo como resultado el siguiente costo del flete (Tabla 45), cumpliendo a cabalidad con las necesidades y restricciones planteadas.

Tabla 45. Costos por tipo de vehículo

Tipo Vehículo	Total
300	\$4.237.000
500	\$15.190.000
600	\$24.780.000
Doble troque	\$2.400.000
Mula	\$2.380.000
Total	\$48.987.000

Los costos de alistamiento es un costo casi obligado para los centros de distribución, ya que usan regularmente vinipel y zuncho (Figura 60) para almacenar de manera segura y compacta los productos, debido a que se almacenan en estibas que van a ubicaciones de alturas y cualquier caída de un producto en alturas puede ocasionar accidentes laborales, por consiguiente la Tabla 46 describe los dos tipos de materiales que regularmente se utiliza para almacenar de manera propicia los productos, adjuntando el costo y longitud de cada uno de los rollos.

Figura 60. Ejemplo de zuncho y vinipel



Fuente: FERREPLASTICOS. Disponible en: <http://www.ferreplasticos.com/> (Consultado el 27 de abril de 2017)

Tabla 46. Costo de material para el embalaje de mercancía

Variable	Significado	Tipo de Material	Costo por rollo	Metros
Zq	Costos de material para embalaje tipo q	Vinipel	15.000	500
		Zuncho	20.000	500

Este es un costo variable que va acorde al tamaño del producto, por lo tanto, es una relación directa, es decir entre más grande es el producto, más vinipel y zuncho se va a necesitar para cubrir la necesidad, para ello se utiliza el Solver con el objetivo de minimizar el costo del material. (Tabla 47).

Tabla 47. Minimización por costos de alistamiento

Producto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
Vinipel	3.738	7.000	6.965	6.000	11.768	6.916	507	5.656	256	945	
Zuncho	1.869	3.000	2.985	2.000	4.413	2.964	0	2.121	0	315	
Vinipel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\$223.516
Zuncho	17	11	13	16	12	14	19	15	20	18	\$267.515

Por último, se estructuran los costos por reproceso de averías, estableciendo un máximo de reproceso y gestión por tipo de producto, estableciendo un porcentaje de averías estructurado por la organización (Tabla 48).

Tabla 48. Costos de reprocesos de averías

Producto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
Costo											
Averías	322.706	2.478.009	1.159.029	520.549	942.701	1.025.888	674.054	978.220	287.819	3.414.465	
	9	1	3	8	6	4	7	5	10	2	\$42.100.200

Con este rubro finaliza el menú de costos variables establecidos en el modelo, y se da paso a los costos fijos contemplados en el modelo iniciando con los costos de mantenimiento, allí se estipulan los tipos de equipos con los que cuenta el centro de distribución y el costo de mantenimiento de los mismos (Tabla 49).

Tabla 49. Costo de mantenimiento de los equipos móviles

Var.	Significado	Tipo de equipo	# equipos	Costo Mto Un	Costo Mto
CMr	Costos de mantenimiento un equipo móvil tipo r	Montacarga	9	\$1.605.691	\$14.451.219
		Transpaleta manual	20	\$137.631	\$2.752.613
Nr	Disponibilidad de equipos móviles tipo r	Estibador eléctrico	3	\$688.153	\$2.064.460
TOTAL					\$19.268.291

Tabla 50. Costos de depreciación de equipos móviles

Variable	Significado	Depreciaciones	Número de equipos	Asig. Porcentaje	Costos Deprec.
DPr	Depreciación de recursos tipo r	Montacarga	9	70%	\$4.192.469
		Transpaleta manual	20	20%	\$1.197.848
Nr	Disponibilidad de equipos móviles tipo r	Estibador eléctrico	3	10%	\$598.924
TOTAL					\$5.989.242

Los demás costos fijos se encuentran en la Tabla 51.

Tabla 51. Otros costos fijos

Variable	Definición	Costo (\$)
A	Arriendo bodega	\$474.469.504
MOe	Mano de obra por proceso	\$332.410.600
CP	Costo insumos	\$40.977.538
CTIC	Mantenimiento infraestructura TIC	\$39.726.587
CE	Costo mantenimiento edificio	\$22.307.272
CS	Costos de dotación y seguridad	\$6.071.095
CC	Costo capacitación	\$2.500.000
TOTAL		\$918.462.596

El arriendo (A) del centro de distribución es un costo bastante alto, esto se debe al tamaño del mismo que es aproximadamente 20.000 m², adicionalmente cuenta con una excelente ubicación en un parque industrial que esta aproximadamente a 15 minutos de la ciudad de Bogotá. Los costos asociados a la mano de obra son los sueldos de un grupo de 9 analistas que están distribuidos en tres turnos y de aproximadamente 120 personas que se distribuyen entre acopiadores, despachadores y patinadores, 3 supervisores, un jefe de almacén, 30 personas de seguridad distribuidas en tres turnos, y tres supervisores de seguridad. Otro rubro que vale la pena resaltar son los costos de mantenimiento de infraestructura TIC, que es un costo asociado al mantenimiento de los equipos o terminales RFID del sistema WMS, adicionalmente gastos de personal dedicados al mantenimiento de las redes y el sistema. Los rubros restantes están distribuidos entre la dotación del personal, capacitaciones, mantenimiento de edificio e insumos como papelería y otros. Con los parámetros y variables estipuladas se procede con la ejecución del modelo, el cual tiene como objetivo optimizar la rentabilidad de la operación, por lo tanto, el modelo Excel nos dirá cuántos y de que productos se debe distribuir para obtener el margen de rentabilidad deseado, para ello nos dirigimos al panel de resultados (Tabla 52).

Tabla 52. Simulador del modelo de optimización

Principal			Valor	% rentabilidad
			UTILIDAD	\$4.758.059.743
INGRESOS			\$14.274.179.229	
VENTAS	ALMACENAMIENTO	VENTA MATERIAL RECICLABLE		
\$14.273.078.256	\$964.464	\$136.509	-	
COSTOS VARIABLES			\$8.597.656.890	
COMPRA	FLETE	MATERIAL ALISTAMIENTO		
\$8.480.821.126	\$48.987.000	\$491.031	-	
MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN	REPROCESO POR AVERÍAS		
\$19.268.291	\$5.989.242	\$42.100.200	-	
COSTOS FIJOS			\$918.462.596	
			\$918.462.596	

En la pestaña del modelo se encuentran formulada la celda de rentabilidad, la cual depende de la persona use el simulador, allí simplemente se digita el porcentaje de rentabilidad que se desea y enseguida cambian los valores de los ingresos necesarios por venta, almacenamiento y venta de material reciclaje para obtener los resultados deseados y es así como culmina el presente proyecto de investigación.

7. TRABAJOS FUTUROS

Como trabajos futuros se plantea la posibilidad de realizar un modelo de optimización enfocado a la planificación de la operación logística, proceso que desde la percepción del investigador es crítico debido a que allí se asignan los recursos para la operación, es decir que allí se define como va a operar un centro de distribución en sus procesos de logística interna, por lo tanto estructurar herramientas o un modelo que se adapte a la necesidad de las operaciones logísticas del sector en el proceso de planificación permitiría obtener grandes beneficios.

Es importante resaltar que el modelo propuesto sería, el complemento ideal del presente proyecto de investigación, ya que permitiría abarcar y analizar un mayor número de variables operacionales que impactan los centros de distribución, proporcionando así mayores beneficios.

Adicionalmente se propone una reestructuración del modelo de la presente investigación enfocado hacia el desarrollo de un software que permita desarrollos y análisis más estructurados a los que puede ofrecer Excel con la herramienta de Solver.

8. CONCLUSIONES

- En la caracterización del proceso de despacho se encontró que tanto los proveedores como en los clientes hay dos tipos de actuantes que pueden ser de carácter lógico o físico.
- Las particularidades de cada organización hacen que día a día se avance e innove más a nivel de elementos logísticos como TIC, elementos de transporte, tipos de almacenamiento, modelos de transporte entre otras, lo que hace que se presente una mayor competitividad en el sector logístico.
- Cualquier error que se presente en los procesos logísticos internos del centro de distribución afectará directamente el proceso de despacho.
- Las implementaciones de las TIC proporcionan mayor eficiencia en el proceso de despacho, sin embargo, no asegura la exactitud del mismo.
- Es importante establecer sistemas de control de despacho más eficientes, por ejemplo, el despacho por voz evitaría errores minimizando la desconcentración del operario.
- Las fallas encontradas en el proceso de despacho se pueden mitigar con mejores prácticas de trabajo, lo cual conllevaría a una disminución en la devolución de mercancía, pero no va a asegurar que no se presenten devoluciones.

9. RECOMENDACIONES

- Como resultado del análisis del sector logístico en Colombia en comparación con los demás países de Latinoamérica, es evidente que presentamos grandes deficiencias, las cuales se pueden reducir si el gobierno y el sector privado trabajan de forma conjunta y subsanan falencias que impactan la logística en Colombia.
- Como resultado de la investigación se encontró que el proceso de despacho siendo un proceso tan crítico, no es foco principal para las organizaciones, quienes actualmente no ven la importancia e impacto que este tiene para el cliente final, es por ello que es adecuado invertir y analizar de forma detallada en la mejora y control de las actividades que el proceso conlleva.
- El slotting no es una actividad muy reconocida a nivel académico en la logística, sin embargo, en la gestión práctica de los centros de distribución es una actividad fundamental que impacta directamente el acopio como proceso fundamental de entrada para el proceso de despacho.
- Las organizaciones que deseen aplicar el modelo de optimización para el proceso de despacho deben ser muy detallistas con sus ingresos y costos, adicionalmente si perciben ingresos o costos por otros motivos.

BIBLIOGRAFÍA

AECA (Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas. Sistemas de Información Integrados (ERP). 2008. p. 19-24. ISBN 9788496648111. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: <http://www.elmostrador.cl/media/2015/05/nt6.pdf>

ARCWEB. WMS. Disponible en internet: <http://www.arcweb.com>. (2008).

BAKER, Peter. Aligning Distribution Center. Operation to Supply Chain Strategy. [Consultado el 05/08/2016]. Disponible en: The International Journal of Logistics Management.

BALLOU, Ronald H. Logística Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza B. 5 ed. Pearson education. (2004). ISBN: 970-26-0540-7.

BERENGUER, J. y RAMOS, J. Negocios Digitales. Competir utilizando Tecnologías de Información. Universidad de Navarra. 2003. [Consultado el 03/09/2016].

BOGOTÁ, CAMARA DE COMERCIO. Logística y distribución física internacional: clave en las operaciones de comercio exterior. Disponible en internet: <<http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/11675/100000048.pdf?sequence=1>>

BOWERSOX, Donald. Emergiendo de la recesión: El rol de la administración logística. 1950

BOWERSOX, Donald, CLOSS, David, & COOPER, Bixby. Administración y logística en la cadena de suministros. 2 ed. McGraw-Hill. (2007). ISBN: 970-10-6132-2.

CABERO, J. Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. Grupo Editorial Universitario. (1998).

CACHON, G. y FISHER, M. Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information [Gestión de inventario de la cadena de suministro y el valor de la información compartida]. Agosto, 2000. Vol. 46, no. 8. 1032-1048.

CHAVEZ, Jorge y TORRES, Rabello. Supply Chain Management [Administración de la cadena de suministro]. 2012. Ed 2.

CHEN, I. Planning for ERP Systems: Analysis and Future Trend. Business Process Management Journal. 2001. [Consultado el 03/09/2016].

CHOPRA, Sunil y MEINDL, Peter. Administración de la cadena de suministro Estrategia, Planeación y Operación. Traducido por Alberto Fernández y Pilar Carril. 5 ed. Pearson education. (2008). ISBN: 978-970-26-1192-9.

COLOMBIA, BANCO DE LA REPUBLICA. Disponible en internet: <<http://www.banrepcultural.org/economia/apertura-economica>>

CONSEJO PRIVADO DE COMPETITIVIDAD. Informe Nacional de Competitividad. 2014-2015.

CONSULTORA LOGÍSTICA. Diseño logístico de un centro de distribución. Rosario, Argentina. (2010).

CORREA ESPINAL, Alexander; & GÓMEZ MONTOYA Andrés. Information technologies in supply chain management [Tecnologías de la información en la cadena de suministro] 2008. Disponible en Internet:<[file:///C:/Users/1070970457/Downloads/TICs_EN_LA_CADENA_DE_SUMINISTR O%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/1070970457/Downloads/TICs_EN_LA_CADENA_DE_SUMINISTR%20(7).pdf)>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN COLCIENCIAS. Tipología de proyectos de carácter científico, tecnólogo e innovación. (2011).

DRUCKER, Peter. El continente negro de la economía. 1962

FRAZELLE, Edward. Supply chain strategy: the logistics of supply chain management. McGraw-Hill Professional. 2002.

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA CEIPA. Benchmarking logístico 2015. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: http://material.ceipa.edu.co/contenido/campus/sitio/micro_site/Informe_final_2015.pdf

GLOBALOG. Guía para ser más competitivos a través de la logística. 2011. Disponible en Internet: <<http://www.itene.com/rs/807/d112d6ad-54ec-438b-9358-4483f9e98868/d2c/filename/globalog.pdf>>

GOLDSBY, Thomas J.; IYENGAR, Deepak; RAO, Shashank. Council of Supply Chain Management Professionals, The Definitive Guide to Transportation: Principles, Strategies, and Decisions for the Effective Flow of Goods and Services. 2014

Grupo Atox. El “efecto látigo” en la cadena de suministro. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/efecto-latigo>

GS1 COLOMBIA. Código de Barras. (2008). Disponible en Internet: <http://www.gs1co.org/Respuestas/verContenido3.aspx?contenido=codigo_barras>

GS1. Estándares de identificación. Código de barras. [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: http://gs1mexico.org/site/wp-content/uploads/2012/06/CUADERNILLO-CODIGO-DE-BARRAS-2.2_1.pdf

GUNASEKARANA, Angappa, y LAIB. Kee-hung y CHENGE, Edwin. Responsive supply chain: A competitive strategy in a networked economy [Responsabilidad en la cadena de suministro: una estrategia competitiva en una economía en red].2008. Vol. 36.

HANDFIELD, Robert y NICHOLIS, Ernest. Introduction to Supply Chain Management [Introducción a la gestión de la cadena de suministro]. (1999).

INGENIERÍA INDUSTRIAL ONLINE. Cross Docking. [Consultado el 19/12/2016]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/log%C3%ADstica/cross-docking/>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional de 2010. Disponible en: <http://idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/gtc450.pdf> (Consultado el 10 de abril)

_____. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. (NTC 1486).

_____. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008. (NTC 5613)

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1998. (NTC 4490)

LEVARY, R. y BETTER, R. Supply chains through information technology [Las cadenas de suministro a través de las tecnologías de la información]. Industrial Management. (2000) Vol. 42, No. 3.

LOKAD. Lead Time: Definición y Fórmula. (2014). [Consultado el 19/12/2016]. Disponible en: <https://www.lokad.com/es/lead-time-definicion-y-formula>.

LÓPEZ SALAZAR, Brian. Ingeniería Industrial Online. (2012). [Consultado el 15/12/2016]. Disponible en: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-elingeniero-industrial/log%C3%ADstica/paletizaci%C3%B3n/>

MANUFACTURA INTELIGENTE. Lead time definition – Métrica para lean process. (2012). [Consultado el 19/12/2016]. Disponible en: <http://www.manufacturainteligente.com/lead-time-definition-metrica-para-lean-process/>.

MAULEÓN, MIKEL. Sistema de Almacenaje y Picking. [Consultado el 10/09/2016]. 2003.

MEJIA, Fabian. ¿Cómo escoger un operador logístico?. Disponible en internet: <<http://www.icesi.edu.co/icecomex/images/Como%20escoger%20un%20Operador%20Logistico.pdf>>.

MIN, Hokey. Application of a decision support system to strategic warehousing decisions. Disponible en: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. March 2009.

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. NTP 31 9:Carretillas manuales: transpaletas manuales. [Consultado el 03/09/2016].

MORA, Anibal. Gestión logística integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimientos. 1ed. Ecoe Ediciones. (2010). ISBN: 978-958-648-572-2

MONTERROSO, Elda. La gestión de abastecimiento. (Inbound Logistic). [Consultado el 03/09/2016]. Disponible en: <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/abastecimiento.pdf>

MONTOYA, Rodrigo y CORREA, Alexander. Mejoramiento del cargue en el despacho de un centro de distribución utilizando superficies de respuesta. 2012. [Consultado el 013/08/2016]. Disponible en: file:///C:/Users/1070970457/Desktop/TESIS/Articulos%20tesis/Mejoramiento%20del%20cargue%20en%20el%20despacho%20de%20un%20centro%20de%20distribuci%C3%B3n.pdf.

MORA GARCIA, Luis Anibal. Gestión logística en centros de distribución y almacenes y bodegas, la aplicación de las mejores prácticas logísticas en el almacenamiento de clase mundial. Bogotá, 2009. Disponible en Internet: <file:///C:/Users/1070970457/Downloads/LIBROG_2.pdf>

NETLOGISTIK. Caso de Éxito Copservir LTDA Cooperativa Multiactiva. 2013. Disponible en Internet:<<http://www.netlogistik.com/sites/default/files/Caso%20Exito%20Copservir.pdf>>

NOVY, Andreas. Economía política internacional Con ejemplos de América Latina. Universidad de Economía de Viena. (2012).

POIRIER, Charles, HOUSER, William, y POIRIER, Craig. The advanced supply chain management workbook [Libro de administración avanzada de la cadena de valor]. ASC Institute. 2007.

RABELLO, Rodolfo. Midiendo desde los zapatos del cliente: El Fill-Rate y el OTIF. (2011). [Consultado el 19/12/2016]. Disponible en: <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=308>

RIM, S. & PARK, I. Order picking plan to maximize the order fill rate. Computers & Industrial Engineering. n. 55, p. 557-566, 2008.

SERVICIOSTIC.com. Definición de TIC. 2014. Disponible en internet: <<http://www.serviciostic.com/las-tic/definicion-de-tic.html>>

SHIMICHI, L. y KAMINSKY, P. Designing and Managing the Supply. Diseñando y Administrando el Suministro. McGraw- Hill. (2003).

SUPPLY CHAIN COUNCIL. Definición tomada de la página web del Supply Chain Council. (2006). Disponible en internet: <<http://www.supply-chain.org/index.wv>>

TZU, Sun. El arte de la guerra para directivos.

UMB (Universidad Manuel Beltrán). Tecnología de manipulación y almacenamiento. Introducción a la gestión de almacenes. Disponible en internet: <<http://virtualnet2.umb.edu.co/cursos/000054/mod1/pdf/pdf.pdf>>

UNAD (Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Logística integral. Historia de la logística (2009). Disponible en internet: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/21historia_de_la_logistica.html>

Universidad de Salamanca. (s.f.). Bandas Transportadoras. [Consultado el 19/12/2016]. Disponible en: <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/bandas%20transportadoras.html>.

URROZ, F. ¿Qué son los stakeholders? (2010). [Consultado el 29/11/2016]. Disponible en: <https://www.guioteca.com/rse/que-son-los-stakeholders/>.

VILLAJULCA, C. El tiempo muerto: dead time en los procesos. (2011). [Consultado el 29/11/2016]. Disponible en: <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/cursosintonizacion-controladores/item/385-el-tiempo-muerto-dead-time-en-losprocesos.html>

VILLOF, M. M. Sistema workflow de logística. Cataluña. Villof, M. M. (2010).

VISTASEK, Kate. SUPPLY CHAIN and LOGISTICS TERMS and GLOSSARY [Cadena de suministro y términos logísticos y glosario]. (2013). (p.177). Disponible en Internet: <<http://www.logisticsservicelocator.com/resources/glossary03.pdf>>

ZULUAGA, Antonio. Introducción a la optimización matemática. Universidad Tecnológica de Pereira. (2011).

ANEXO A
ENTREVISTA ESTRUCTURADA

**GRUPO DE GESTIÓN DE RED DE VALOR Y LOGÍSTICA
ENTREVISTA DIRIGIDA Y ESTRUCTURADA**

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Empresa: _____ **Cargo:** _____ **Área:** _____

Experiencia: _____

Objetivo: Validar el modelo de hipótesis dinámica que se estructuró bajo las causales encontradas mediante el trabajo de campo e información en fuentes secundarias sobre los principales errores que se presentan en el proceso de despacho de mercancía para los centros de distribución ubicados en Cundinamarca.

Perfil del entrevistado: Profesional con conocimientos y experiencia de mínimo cinco años en el sector logístico específicamente en organizaciones que tengan centros de distribución en el departamento de Cundinamarca, Colombia.

Metodología: La siguiente entrevista está conformada por 8 preguntas, mediante las cuales se busca realizar la validación del modelo de hipótesis dinámica acerca de las principales causales que propician errores en el proceso de despacho de mercancía en los centros de distribución ubicados en Cundinamarca.

Tenga en cuenta que:

La entrevista contiene seis preguntas cerradas que presentan un rango de calificación según el grado de incidencia, las cuales serán caracterizadas mediante la matriz Vester, una pregunta con múltiple opción de respuesta en escalas de likert y una pregunta abierta, para un total de ocho preguntas que buscan captar una percepción particular sobre las causales de errores en el proceso de despacho de mercancía, capturando así la percepción del entrevistado sobre los aspectos clave del problema de investigación.

Cuestionario

1. Para Anibal Mora de las actividades que se desarrollan en los centros de distribución, el despacho de mercancía es un proceso de alto riesgo además de que se constituye en uno de los procesos críticos y susceptibles de mejora ya que este es la última actividad ejecutada en el centro de distribución antes del contacto con el cliente. ¿Qué tan de acuerdo se encuentra usted con la afirmación anterior?

- A. Totalmente en desacuerdo.
- B. En desacuerdo.
- C. De acuerdo.
- D. Totalmente de acuerdo.

2. Como bien se sabe un elevado porcentaje de las devoluciones se propicia en los procesos logísticos internos de la organización, en consecuencia el despacho de mercancía es considerado como el último proceso ejecutado en los centros de distribución en términos del flujo de material, por lo tanto ¿Cuáles considera usted que son los principales errores que se presentan en el despacho de mercancía que terminan propiciando devoluciones?

3. Marque el **grado de incidencia** que tiene cada una de las siguientes causas en la generación de errores en el proceso de despacho de mercancía.

1	2	3	4
Nada incidente	Poco incidente	Incidente	Muy incidente

- | | |
|--|---------|
| a) Desconcentración por parte del operario. | 1 2 3 4 |
| b) Rotación del personal. | 1 2 3 4 |
| c) Mala manipulación del producto. | 1 2 3 4 |
| d) Errores de interfaz de los sistemas de información. | 1 2 3 4 |
| e) Similitud entre empaques o productos. | 1 2 3 4 |
| f) Desconfianza del inventario. | 1 2 3 4 |
| g) Errores de etiqueta | 1 2 3 4 |

4. Si conoce alguna causal distinta a la ya mencionada, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia.

_____ 1 2 3 4

_____ 1 2 3 4

5. Las causas nombradas en el punto 2. pueden ser mitigadas con acciones o actividades que se denominan roturas en el diagrama de hipótesis dinámica, en ese sentido a marque el **grado de incidencia** que tiene cada uno de las siguientes roturas identificadas en el modelo para la mitigación de errores en el proceso de despacho de mercancía.

1	2	3	4
Nada incidente	Poco incidente	Incidente	Muy incidente

a) Pausas activas 1 2 3 4

b) Buenos salarios y programas de bienestar 1 2 3 4

c) Mantenimiento Preventivo 1 2 3 4

d) Metodología de trabajo Back up 1 2 3 4

e) Re empaque del producto 1 2 3 4

f) Estrategias de salida comercial 1 2 3 4

6. Si conoce alguna acción que funcione como rotura distinta a las mencionadas en el punto anterior, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia.

_____ 1 2 3 4

_____ 1 2 3 4


7. Realizando la validación en fuentes de información secundaria se encontraron modelos de priorización los cuales tienen una serie de restricciones o variables que se deben tener en cuenta para la construcción del modelo, a continuación, se enumeraran, por favor marque el **grado de incidencia** que tiene cada una de las siguientes restricciones para la construcción del modelo.

- | | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a) Demanda diaria por cliente | 1 | 2 | 3 | 4 |
| b) Demanda total | 1 | 2 | 3 | 4 |
| c) Lead Time para atender a cada cliente | 1 | 2 | 3 | 4 |
| d) Capacidad del vehículo | 1 | 2 | 3 | 4 |
| e) Disponibilidad de recursos
(Equipo de montacargas, estibadores) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| f) Disponibilidad de muelles o puertas de embarque | 1 | 2 | 3 | 4 |
| g) Número de entregas | 1 | 2 | 3 | 4 |
| h) Restricciones horarias | 1 | 2 | 3 | 4 |
| i) Paradas o descansos del vehículo | 1 | 2 | 3 | 4 |
| j) Restricciones vehiculares | 1 | 2 | 3 | 4 |
| k) Satisfacción de la demanda de los clientes | 1 | 2 | 3 | 4 |

8. Si conoce alguna restricción que no esté incluida en el punto anterior, por favor indique cual y califíquela según su grado de incidencia.

_____	1	2	3	4
_____	1	2	3	4
_____	1	2	3	4

Muchas Gracias por su atención y colaboración.

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016


AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES




Yo **Cristhian David León Quiroga** en calidad de titular de la obra **DISEÑO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE DESPACHO DE MERCANCÍA EN LOS CENTROS DE DE DISTRIBUCIÓN UBICADOS EN CUNDINAMARCA**, elaborada en el año 2016, autorizo al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me corresponde y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autor manifiesto conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor establezco las siguientes condiciones de uso de mi obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su autor.

De igual forma como autor autorizo la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	
Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá, a los 12 días del mes de Agosto del año 2017.

ELAUTOR:

Autor 1

Nombres	Apellidos
CRISTHIAN DAVID	LEÓN QUIROGA
Documento de identificación No	Firma
C.C. 1.070.970.457	