

IDENTIFICACIÓN DE UN MODELO DE CAPACIDADES OPERATIVAS EN UN CENTRO  
DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DE PRODUCTOS DE DISTRIBUCIÓN  
ELÉCTRICA EN BOGOTÁ

ALEJANDRO VELEZ RAMIREZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA U.N.A.D.  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
BOGOTÁ, D.C.  
2018

IDENTIFICACIÓN DE UN MODELO DE CAPACIDADES OPERATIVAS EN UN CENTRO  
DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DE PRODUCTOS DE DISTRIBUCIÓN  
ELÉCTRICA EN BOGOTÁ

Monografía de Compilación

ALEJANDRO VELEZ RAMIREZ

DIRECTOR DEL TRABAJO  
JOSE EDGAR GOMEZ  
MAGISTER EN ADMINISTRACION DE ORGANIZACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA U.N.A.D.  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTION DE PROYECTOS  
BOGOTÁ, D.C.  
2018

## **RESUMEN RAE**

**AUTOR:** Alejandro Vélez Ramírez

**FECHA:** Abril 2018

**DESCRIPCION:** Monografía de compilación de modelos de capacidades logísticas operacionales propuesta como trabajo de grado para optar por el Título de Especialista de Gestión de Proyectos en la línea de investigación de Gestión de las organizaciones y la sub-línea de investigación de la Gestión del desempeño.

**TIPO DE TRABAJO:** monografía de compilación

**FUENTES:** 52 fuentes bibliográficas consultadas.

**PALABRAS CLAVE:** Capacidad logística, Indicadores claves de desempeño, Logística de Distribución, Modelos de capacidades, Sistemas de planeación

**RESUMEN:** El documento presenta la compilación de los diferentes modelos de capacidades logísticas operacionales con el fin de identificar el modelo de seguimiento operativo que se ajuste a una empresa de productos de distribución eléctrica con el fin de evaluar sus ineficiencias en términos de capacidades operacionales y minimizar sus pérdidas de ventas y/o clientes potenciales por fallas logísticas.

**ABSTRACT:** Faced with changing investment scenarios and the development of economic policies in a country, businessmen need to adjust their requirements and adapt their strategies in terms of cost and

competitiveness. Therefore, this document presents a compilation of existing operational logistic capacities models that allow a distribution electric components company to make the best decision to adjust its capabilities according to the sales forecast and /or historical data, in such a way that an integrated model of capacities could be adapted to the company's constraints and particularities.

**Keywords:** Capacity's Model, Distribution logistic, Key performance Indicators, Logistic Capacity, Planning Systems.

**METODOLOGIA:** Monografía de compilación de tipo descriptivo – cuantitativa de los modelos existentes de capacidades operativas logísticas aplicadas en la compañía del sector eléctrico.

**CONCLUSION:** (El documento presenta análisis de-diferentes tipos de modelos de capacidades desarrollados de los años 2000 a 2017 con el análisis se concluye un modelo que mejor se ajuste a los parámetros de empresa de distribución de productos eléctricos con alta volatilidad en la demanda de sus productos, de tal manera que la planeación pueda ajustar sus requerimientos durante los cambios en los ciclos de ventas).

**AUTOR DEL RAE:** Alejandro Vélez Ramírez

IDENTIFICACIÓN DE UN MODELO DE CAPACIDADES OPERATIVAS EN UN CENTRO  
DE DISTRIBUCIÓN DE UNA EMPRESA DEL SECTOR DE PRODUCTOS DE  
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN BOGOTÁ

**CONTENIDO**

INDICE DE TABLAS .....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN .....	ix
OBJETIVOS .....	x
OBJETIVO GENERAL.....	x
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	x
JUSTIFICACIÓN .....	xi
ALCANCE.....	xii
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	xiii
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	xiv
MARCO CONCEPTUAL .....	15
CAPACIDAD .....	15
LOGÍSTICA .....	16
MODELO .....	17
PLANEACIÓN DE LA DEMANDA.....	18
MARCO TEORICO.....	19
CONCEPTOS DE CAPACIDAD.....	19
CAPACIDADES LOGÍSTICAS .....	21
DESEMPEÑO DE LAS CAPACIDADES LOGÍSTICAS .....	23
MARCO LEGAL.....	24
MARCO ESPACIAL.....	25
MARCO TEMPORAL .....	25
DESARROLLO DEL TEMA.....	26
ESTADO DEL ARTE.....	27
TEMA: SELECCIÓN DE LOS MODELOS A EVALUAR .....	31
MODELO 1 – Determinístico ó Estocástico: Planeación de la capacidad y la ubicación de un almacén con demanda incierta. ....	31

MODELO 2 - Estocástico: Optimización conjunta de problemas de dimensionamiento dinámico de lotes y almacenes. Jie Fan, Guoqing Wang E. (2016).....	35
MODELO 3 - Dinámico: Modelo para la gestión de capacidades logísticas en la cadena de suministro agroindustrial frutícola en Bogotá, Cundinamarca. ....	38
PROPUESTA DE MODELO AJUSTADO.....	43
Formulación Matemática. ....	44
Tercerización de la operación a través de la implementación con un 3PL.....	48
Manejar los riesgos de operación con el uso de opciones de capacidad.....	49
CONCLUSIONES .....	50
Escenario: Capacidad al máximo de la demanda diaria proyectada .....	51
Escenario: Capacidad de acuerdo con el promedio de la demanda diaria proyectada.....	51
BIBLIOGRAFÍA .....	52

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Descripción de las diferentes capacidades de acuerdo con Bernal y Díaz (2016)</i> .....	16
Tabla 2. <i>Autores consultados vs temática estudiada</i> .....	29
Tabla 3. <i>Modelos para el cálculo de capacidades de acuerdo con la revisión de la literatura</i> .....	31
Tabla 4. <i>Selección de los modelos para aproximación del cálculo de capacidades y denominación</i> .....	32
Tabla 5. <i>Identificación de las variables del modelo y detalle de la existencia de la información en la compañía.</i> .....	35
Tabla 6. <i>Ventajas y desventajas identificadas en el modelo 1</i> .....	36
Tabla 7. <i>Identificación de las variables del modelo 2 y detalle de la existencia de la información en la compañía.</i> .....	38
Tabla 8. <i>Ventajas y desventajas identificadas en el modelo 2</i> .....	39
Tabla 9. <i>Identificación de las variables del modelo y detalle de la existencia de la información en la compañía.</i> .....	42
Tabla 10. <i>Ventajas y desventajas identificadas en el modelo 3</i> .....	43
Tabla 11. <i>Identificación de las variables del modelo y detalle de la existencia de la información en la compañía</i> .....	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Representación gráfica de los pasos para realizar un modelo</i> .....	25
Figura 2. <i>Número de artículos de acuerdo con las palabras claves consultadas en las bases de datos</i> .....	30
Figura 3. <i>Proceso de determinación de inventarios de acuerdo con la demanda del mercado</i> .....	44
Figura 4. <i>Evolución del concepto de Outsourcing.</i> .....	49



## INTRODUCCIÓN

En los últimos diez años los negocios han cambiado continuamente y de esta misma manera para gestionarlos, los gerentes necesitan herramientas que les permitan analizar el desempeño, la efectividad de los procesos y a su vez que les permita tomar decisiones rápidas ante un entorno, lograr adaptarse y ser competitivos en el mercado. Es importante que estas herramientas puedan ser ajustadas a las necesidades propias de cada organización y es imperativo evaluar las capacidades logísticas de una organización, por lo que esta monografía recopila modelos de evaluación de las capacidades logísticas asociadas a las operaciones de un centro de distribución de una empresa de distribución de productos eléctricos en Bogotá, analizando la necesidad de una transformación productiva conforme a la apertura del país a tratados comerciales, de la mayor diversificación en la compra de productos y el tiempo de suministro esperado por parte de los consumidores.

De acuerdo con lo anteriormente descrito, en la primera parte se informará al lector acerca de los principales modelos propuestos para análisis de capacidades. Luego se propone una identificación previa de los parámetros de la organización, de esta manera en la tercera parte se realizarán análisis de las ventajas y desventajas de los modelos identificados, su posible ajuste a los requerimientos y finalmente los resultados serán concluidos. Para lograr el objetivo de mapear las diferentes soluciones existentes, se realiza una búsqueda sistemática considerando el material publicado en el rango de tiempo de 2000-2018, de acuerdo con la metodología de investigación de empresarial y de gestión propuesta por Denyer (2009).

## **OBJETIVOS**

### ***OBJETIVO GENERAL***

Identificar un modelo apropiado de análisis de capacidades y seguimiento operativo en un centro de distribución de una empresa del sector de productos de distribución eléctrica que permita mejorar su efectividad durante los ciclos de bajos niveles de operación y cuando se exceda la capacidad operacional y logística existente.

### ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

1. Realizar compilación de la literatura actual de los modelos de capacidades existentes para el análisis de las capacidades logísticas.
2. Determinar los parámetros y las restricciones a definir en el modelo de acuerdo con la información histórica.
3. Identificar de los modelos compilados el que más se ajuste para realizar la trazabilidad de las capacidades logísticas de la empresa.
4. Evaluar y ajustar el modelo integrado de capacidades de los procesos logísticos que más se ajuste a los parámetros y restricciones de la compañía del sector eléctrico a evaluar.

## JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la medición, la estandarización, la comparación entre diferentes resultados de variables de desempeño son aspectos necesarios para que una compañía pueda evaluar sus objetivos a futuro. Al trasladar estos conceptos a la definición de los objetivos en las operaciones logísticas, es necesario involucrar todas las posibles complejidades relacionadas con los cambios en la compañía, como: un mayor número de productos con un menor ciclo de vida, incremento en el número de clientes, cambios en los canales de distribución, cambios en las ofertas logísticas y políticas comerciales orientadas a obtener una mayor cuota de mercado, obligando a una optimización de los flujos logísticos en el procesamiento de la demanda, los inventarios, el almacenamiento, los suministros y la distribución (despacho y transporte), esto también viene asociado a un cambio en los flujos de información. Es importante identificar un modelo que permita obtener la mayor visibilidad diaria en la utilización de los recursos disponibles, de manera que disminuya la variación en el requerimiento de capacidad extra requerida y logre una optimización en los costos logísticos.

## **ALCANCE**

El estudio inicia con una revisión sistemática de autores y textos comprendidos entre los años 2008-2017 sobre los modelos de evaluación de las capacidades logísticas asociadas a las operaciones de un centro de distribución, para identificar el modelo apropiado aplicable a centros de distribución de la empresa eléctrica en Colombia.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Al analizar, la cadena de abastecimiento en el proceso de venta al cliente, la efectividad de los procesos logísticos genera un impacto en la percepción del cliente acerca de la calidad del servicio / producto que se está suministrando. En situaciones afecta la decisión de compra y al analizarlo al interno de la compañía, una mala administración de estos procesos puede generar costos adicionales que afectan finalmente el margen y el desempeño en general.

Por otra parte, solo un grupo de compañías, generalmente multinacionales, han desarrollado sistemas inteligentes de control de capacidades que les permite tomar decisiones para garantizar la calidad de los servicios logísticos, sin embargo, estos no son aplicados en todos los países donde tienen presencia, sino que se da prioridad en su aplicación a los lugares que puedan representar la mayor venta.

La empresa del sector eléctrico actualmente tiene un portafolio de veinticinco mil referencias para la venta. De estos productos de distribución y gestión de la energía, (los productos comprenden desde equipos domésticos: tomas, interruptores, contactores, baterías, etc, hasta los requeridos industrialmente: banco de condensadores, celdas eléctricas, variadores de velocidad, entre otros.) tan solo dos mil hacen parte de sus referencias más frecuentes y mantiene en inventario cinco mil referencias de acuerdo con oferta logística y comercial, en la cual se ofrecen productos de baja rotación, pero con un alto índice de personalización, de manera que no pueden ser adquiridos en el mercado con un mejor tiempo que el ofrecido por ellos.

La complejidad de la operación de almacenamiento se caracteriza por los perfiles logísticos, los cuales están clasificados en veinte tipos de embalajes secundarios que logran clasificar el 70% de

sus productos, limitando de esta manera sus tipos de ubicaciones a diez, incluyendo estantería de alta densidad, estantería fija de dos tamaños y algunas zonas a piso.

La venta se caracteriza por ser estacionaria, cada cuatro meses se evidencia un incremento sustancial en su inventario, al igual que cuando se realizan incrementos en los precios de los productos. De esta estacionalidad se logra evidenciar que la variación de los productos de venta de mayor frecuencia está entre el 20 y el 25%.

La empresa posee cinco canales de distribución asignados principalmente en seis departamentos del país, sin embargo, dentro de sus flexibilidades ofrece el servicio de entrega en cualquier punto.

El pronóstico de ventas se realiza mensualmente con las diferentes líneas de negocios, pero su precisión alcanza un máximo de 60%, por lo que el 40% inexacto se distribuye entre las diferentes estimaciones de las actividades o unidades de negocio de manera no constante.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

De acuerdo con lo planteado, ¿Es posible identificar un modelo de análisis de capacidades y seguimiento de la operación logística que se pueda ajustar y permita una mejor toma de decisiones y efectividad de los servicios logísticos de un centro de distribución de productos del sector de distribución eléctrica en Colombia?

## MARCO CONCEPTUAL

### ***CAPACIDAD***

Es definida como la habilidad de una actividad, proceso o recurso de cumplir una tarea o desempeño de acuerdo con un funcionamiento requerido. De acuerdo Jara (2015), en términos de los factores económicos se podría hablar de la capacidad instalada, que corresponde al potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa en particular, unidad, departamento o sección; puede lograr durante un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta todos los recursos que tienen disponibles, sea los equipos de producción, instalaciones, recursos humanos, tecnología, experiencia/conocimientos, etc. Usualmente las empresas ajustan estas capacidades a la demanda o a la expectativa de sus ventas por lo que dependiendo si esta se incrementa o decrece, se ve afectada la capacidad instalada y su nivel de ocupación. A continuación, se describen diferentes tipos capacidades asociadas al análisis que se realizará en este trabajo.

Tabla 1.

*Descripción de las diferentes capacidades de acuerdo con Bernal y Díaz (2016).*

<b>CAPACIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Capacidad enfocada al cliente	Proporciona diferenciación en producto o servicio y la mejora del servicio para una distinción continua por los clientes, para un cliente dado se basa en reunir y exceder las expectativas proporcionando un único valor agregado a las actividades.
Capacidad de la gestión de suministro	Incluye: la minimización del costo total para minimizar el costo total del sistema, gestión efectiva de tiempo para eliminar el desperdicio de capital e inventario, la respuesta de las fluctuaciones de la demanda con menos distorsión de las órdenes del ciclo de proceso y el uso de los recursos para habilitar la especulación de aplazamiento, modularización y estandarización.
Capacidad de integración	Un estado que exista entre la organización de los elementos internos, que son necesarios para lograr reunir los objetivos organizacionales.
Medidas de capacidad	Se refiere al grado en el cual las firmas son monitoreadas en sus operaciones internas y externas
Capacidad de intercambio de información.	Adquiere, analiza, almacena y distribuye información táctica y estratégica, a través de hardware y software que facilite la toma de decisiones.

## **LOGÍSTICA**

De acuerdo con Departamento Nacional de Planeación de Colombia (DNP) la logística:

Es el proceso requerido para garantizar que los bienes y servicios lleguen al cliente final cumpliendo con las especificaciones y el tiempo acordado, con costos competitivos. La logística es un elemento clave para el desarrollo y la competitividad de una región; engloba dos componentes fundamentales para la comercialización de bienes: “Blandos” como procedimientos administrativos y aduaneros, facilitación en la prestación de servicios de seguimiento y localización satelital, entre otros. “Duros” como la infraestructura de transporte, telecomunicaciones y de almacenamiento que facilita la conectividad a lo largo de la cadena de suministro. (Zaninovich, 2014, p.10)



Por otra parte, se cuenta con la definición del CML (Consejo de Dirección Logística) que la logística:

Es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes. (Ballou, 2004, p54).

Cateora y Graham (2003), indican que la logística se debe entender como un sistema total, que tiene como fin, la administración del proceso de distribución, incluyendo todas las actividades físicas de movimiento y traslado de las materias primas, el inventario del producto en proceso y de productos terminados desde el punto de origen hasta el punto final para el uso o el consumo. Para esta revisión bibliográfica, se tomará la definición de logística como el proceso de la cadena de suministro que se encarga de la planeación, implementación y control del flujo de materiales e información desde la fase adquisición o fabricación del producto hasta que llega al consumidor, a través de los procesos de recepción, almacenamiento, alistamiento, despachos y distribución del producto en cantidades, condiciones, tiempos y puntos de distribución solicitados, optimizando costos y recursos.

### ***MODELO***

Según Bazaraa, Jarvis y Sherali (2004) un modelo es una abstracción o una idealización de un problema, de tal manera que este represente de manera satisfactoria el sistema bajo análisis y que además sea matemáticamente tratable. Por otra parte, se tiene la definición de Franco, (2013) en el cual el modelo de un fenómeno es:

Un conjunto de representaciones formales, que incorpora sin ambigüedad los conocimientos adquiridos mediante todas las fuentes pertinentes sobre el fenómeno de

interés para el estudio. De esta forma, el modelo consiste en la especificación formal de los elementos de un sistema, las relaciones entre los mismos y los parámetros que permiten contextualizar el desempeño del sistema de acuerdo con las características del entorno y las relaciones del sistema del mundo real con el mismo.

Igualmente, Díaz, Barroso y Pico (2015) justifican que los modelos: “*permiten modelar y visualizar de manera global, las dependencias e interdependencias de un conjunto grande de variables, a través de una simplificación coherente y eficiente*”. Es importante destacar, que en los modelos de desempeño y capacidades logísticos, los procesos de front office y de back office deben estar tan alineados, que las iniciativas estratégicas estén directamente relacionadas con los procesos operativos o de producción (entendiéndose producción como el valor agregado asignado al producto o servicio), de tal manera que los cambios en cualquier proceso podrán ser medidos productividad como eficiencia, productividad, re-procesos y los efectos en la calidad del servicio del cliente.

### ***PLANEACIÓN DE LA DEMANDA***

Uno de los procesos más importantes que determinan la capacidad requerida en un proceso de producción y/o logístico, es la planeación de la demanda, la cual está basada en el análisis de los diferentes comportamientos de las ventas a través de los años y del comportamiento de la economía de un país. En otros casos, se determina de acuerdo con los pronósticos de ventas o estimaciones asociadas a los productos de acuerdo con los líderes de marketing o comerciales de las compañías. En cualquiera de los casos, tener una alta incertidumbre en esta información, puede afectar los inventarios y la capacidad de almacenamiento de una organización, generando desperdicios en tiempos y movimientos, o por lo contrario generar pérdida en venta, por la escasez de producto y demora en el proceso de entrega.

## **MARCO TEORICO**

Las capacidades logísticas por desarrollar son todas aquellas que permitan optimizar los tiempos y costos de transporte, almacenamiento y distribución de materias primas, partes y productos terminados, desde la empresa hasta el consumidor final, de acuerdo con las estrategias de negocios y los modelos operativos de las empresas. El desarrollo de estas capacidades requiere de la coordinación de actividades que involucran tanto agentes públicos como privados. En este sentido, tener unas capacidades logísticas competitivas va mucho más allá de tener una infraestructura adecuada (Consejo Privado de Competitividad, 2011).

Existen diferentes tipos de capacidades, las cuales pueden ser estimadas con relación a la variable que se espera evaluar, de esta manera los autores las han definido con base en: el resultado (capacidad en términos de disponibilidad de producto, de entregas a tiempo, satisfacción al cliente y por lo tanto, un crecimiento en ventas), al know how de la compañía y de sus activos (tecnologías, calidad), al servicio al cliente (capacidades de respuesta en todo el flujo de origen al punto de consumo) y finalmente en términos de flexibilidad. Considerando las anteriores perspectivas, se considera que para este trabajo las capacidades logísticas estarán orientadas a la flexibilidad del proceso logístico de la empresa, por lo que serán medidas en términos de capacidad instalada o productiva (equipos, mano de obra disponible, espacio), disponible, necesaria (de acuerdo con estimaciones estadísticas) y utilizada.

### ***CONCEPTOS DE CAPACIDAD***

En un concepto general, capacidad es una medida estimada de la cantidad de salidas por unidad de tiempo que una planta y equipos pueden generar. Sin embargo, el término ha sido definido en diferentes contextos. Una clase de capacidad es estimada con base a los atributos físicos de los

equipos productivos (en este caso del sistema logístico) (Stoller, D., 1966). De esta manera la clase de medidas de capacidad basada en las consideraciones de ingeniería incluyen:

1. Capacidad Nominal: corresponde a una salida potencial, aplicable a un relativo periodo corto, con ilimitados recursos de mano de obra y materiales.
2. Capacidad Teórica: hace referencia a una máxima salida teórica de producto o servicio, estimada para un largo periodo de tiempo y una proyección basada en la capacidad nominal.
3. Capacidad Práctica: corresponde a un ajuste de la capacidad teórica, para compensar los factores fluctuantes en el suministro de mano de obra, materiales, mantenimientos de equipos, etc.

Stoller (1966), refuerza igualmente, que esta capacidad basada en atributos físicos de los equipos productivos es apropiada para procesos de una fase o actividad. No puede ser apreciada en su conjunto si es evaluada a los componentes individuales de un sistema (procesos múltiples).

El segundo tipo de medición de la capacidad, basado en observaciones estadísticas. Este tipo de capacidad puede tener diferentes tipos de defectos asociados a la información y a la fuente:

1. Capacidad normal: el promedio de salida por unidad de tiempo observado en el pasado en cortos períodos de tiempo.
2. Capacidad normal máxima: corresponde a la máxima salida observada bajo una programación normal de trabajo.
3. Capacidad máxima: se interpreta como la interpolación o extrapolación de los tiempos correspondientes de salidas en picos de trabajo en el pasado.

Finalmente, de acuerdo con Stoller(1966), el concepto de capacidad puede ser basado en consideraciones económicas y de análisis de costos:

1. Capacidad del mínimo costo total promedio: en la que las salidas pueden ser producidas al mínimo costo total promedio.
2. Capacidad del costo marginal: en la que las salidas son explicadas como un porcentaje incremental / decremental del costo marginal del producto respecto al costo promedio a corto plazo.
3. Capacidad normal de la expectativa de venta: Las salidas obedecen a las ventas de un período determinado.

### ***CAPACIDADES LOGÍSTICAS***

De acuerdo con Liu y Xiong (2012), las capacidades logísticas se dividen en cuatro grupos principales:

1. Capacidades logísticas de aprovisionamiento: Hace referencia a la capacidad de un proveedor de satisfacer las entregas de pedidos de acuerdo con los requerimientos de calidad de los productos en el menor tiempo posible. Existen tres elementos los cuales son usados para evaluar esta capacidad: el abastecimiento de materiales, la precisión para proveer el material y la confiabilidad en el momento de notificar el despacho de la mercancía.
2. Capacidades logísticas de producción: Estas envuelven cada aspecto de coordinación de la operación y la habilidad en el desarrollo de la operación: La capacidad del procesamiento de las órdenes, la capacidad del almacenamiento y de los equipos requeridos para realizar las operaciones.
3. Capacidades logísticas de ventas: Estas son definidas como la capacidad de despachar rápido y completamente el producto de los clientes, a través de los centros de distribución y en el cual se puede reflejar el valor agregado que entrega la compañía. La capacidad del

despacho, de la selección óptima de los ruteos de entrega, el tiempo de despacho, el servicio preventa y postventa son indicadores de desempeño de esta capacidad.

4. Capacidades de organización y gestión: En esta capacidad se ve englobado el talento de la organización, porque a pesar de que la compañía tenga un alto contenido tecnológico, las personas son el recurso más importante y que más conexiones tiene en todo el proceso de inicio a fin del proceso de ventas, por lo que la habilidad y la actitud influyen directamente sobre las capacidades anteriormente mencionadas.

Otros autores identifican solo tres enfoques para las capacidades logísticas (Bernal y Díaz, 2016):

1. Estrategia de la capacidad de liderazgo.
2. Estrategia de capacidad de arrastre
3. Estrategia de capacidad de ajuste

Por otra parte, se describen a las capacidades logísticas enfocadas a la gestión de capacidades de suministro, la importancia en la integración de las capacidades, la medición de la capacidad y la gestión con el cliente (Esper, Fugate y Sramek, 2007).

Con el fin de aclarar el alcance de este documento, las capacidades a evaluar están en los campos operación logística, por lo que la clasificación de las capacidades logísticas operativas se abordará desde los siguientes enfoques:

1. Capacidad de almacenamiento: entiéndase como la capacidad de almacenar producto terminado / mercaderías destinadas para la venta.
2. Capacidad de equipos y herramientas: hace referencia a los equipos utilizados durante la operación, como estibadores, elevadores, montacargas, terminales de radiofrecuencia, etc.

3. Capacidad de áreas de preparación (recibo, despacho y crossdocking): entiéndase como la capacidad de las zonas temporales utilizadas para los acondicionamientos de los productos para almacenamiento, alistamiento, o espacios temporales de espera durante los ciclos de despacho con transportistas.
4. Capacidad de mano de obra: hace referencia a la capacidad de la mano de obra de la operación, limitada por condiciones legales, costo y productividad.

### ***DESEMPEÑO DE LAS CAPACIDADES LOGÍSTICAS***

La coordinación general debería ser el principal objetivo de la logística, entendiéndose el desempeño de esta como el análisis de la efectividad (eficacia y eficiencia) y el grado de diferenciación asociado a una actividad o tarea dada (Bakar, Jaafar, Nasruddin y Muhammad, 2014). De acuerdo con Forslund (2011), la efectividad en la ejecución de las capacidades logísticas se puede ver identificada en los indicadores de calidad del servicio al cliente, al igual que es percibida como una ventaja competitiva para las organizaciones a largo plazo y una oportunidad de reducción de los costos. De esta misma manera, se puede identificar que las acciones operativas permiten el logro de los logros estratégicos, sin embargo, la implementación adecuada del sistema desempeño y de gestión de estas capacidades logísticas pueden significar un reto.

### ***SIMULACIÓN***

De acuerdo con Baylntfy, Burdick, Chu y Naylor (1982) la simulación es una técnica numérica: *“para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas del mundo real a través de largos periodos de tiempo”*. De acuerdo con lo anterior, la simulación es una técnica matemática utilizada para la

resolución de problemas complejos, que de otra manera tendrían que ser resueltos experimentalmente y de realizarse los costos serían muy altos o no sería posible solucionarlos analíticamente. A través de la simulación se busca como principal objetivo predecir lo que sucederá en un sistema real cuando se realicen determinados cambios bajo determinadas condiciones. Mediante la simulación se han podido estudiar problemas y alcanzar soluciones que de otra manera hubieran resultado inaccesibles.

La simulación involucra dos fases: Construir el modelo y ensayar diversas opciones con el fin de adoptar la mejor alternativa en el sistema real, procurando que sea la óptima o que por lo menos sea lo suficientemente aproximada.

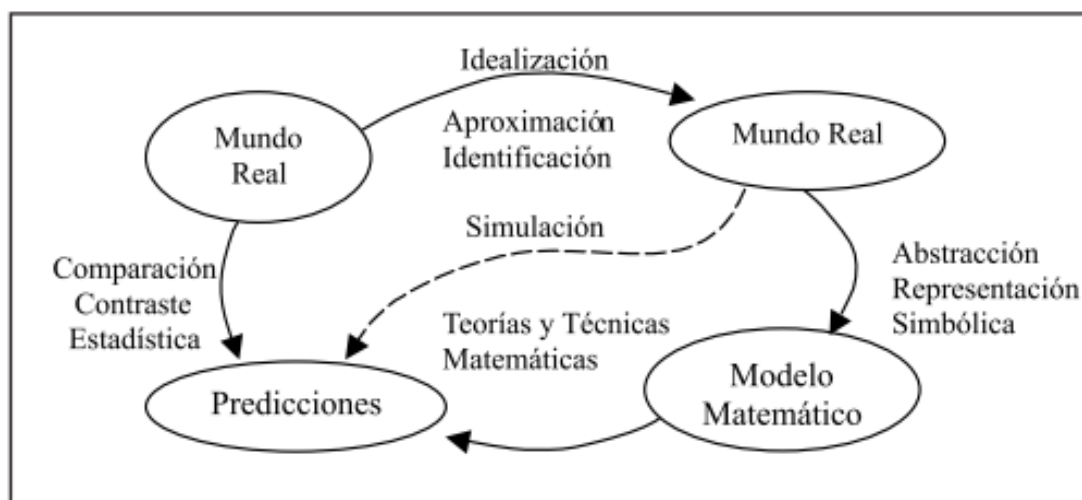


Figura 1. *Representación gráfica de los pasos para realizar un modelo.* Fuente: Huertas y Orjuela (2004).

## MARCO LEGAL

Como aspecto normativo que circunscribe el proyecto se contemplan la legislación nacional laboral aplicable al sector productivo asociadas en manejo de personal:

1. Código Sustantivo de Trabajo



2. Ley 1429 de 2010. Por la cual se expide la Ley de Formalización y Generación de Empleo.
3. Decreto 583 de 2016. Por el cual se decretan las alternativas de contratación.
4. Decreto 1443 de 2014. Por el cual se determina la obligación de diseñar e implementar un Sistema de Gestión de seguridad y salud en el trabajo.
5. Ley 480 de 2011. Estatuto del consumidor.
6. Decreto 2685/99. Estatuto aduanero.
7. Resolución 90708. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.  
Adicionalmente, por medio de las Resoluciones 90907 de 2013, 90795 de 2014, 40492 de 2015, 40157 de 2017 y 40259 de 2017 se modifican y aclaran algunos artículos del Anexo General de la Resolución 90708 de 2013 y por medio de la resolución 40908 de decide la permanencia del reglamento.

## **MARCO ESPACIAL**

La construcción de conocimiento de este proyecto se enmarca en la ciudad de Bogotá, en una compañía del sector de la distribución de componentes eléctricos para la gestión de la energía (los productos comprenden desde equipos domésticos: tomas, interruptores, contactores, baterías, etc., hasta los requeridos industrialmente: banco de condensadores, celdas eléctricas, variadores de velocidad, entre otros.) con industrias manufactureras locales e internacionales (productos importados).

## **MARCO TEMPORAL**

Esta investigación inicia con el análisis de los datos históricos de desempeño logístico de la compañía desde junio de 2016 a los encontrados hasta junio de 2018.

## **DESARROLLO DEL TEMA**

### ***EL PROBLEMA DE LA GESTIÓN DE CAPACIDADES LOGÍSTICAS.***

El correcto gerenciamiento de almacenes y de la distribución en el siglo actual permitirá el logro de claras ventajas competitivas para las organizaciones, a pesar de que anteriormente el almacenamiento solo era una función totalmente operativa encargada del almacenamiento de materiales y de que las empresas tuvieran el suficiente inventario para responder adecuadamente a los cambios de demanda producidos por las incertidumbres en las cadenas de abastecimiento. Por lo anterior, se debe considerar la capacidad de los servicios logísticos como valor agregado como fuente de diferenciación competitiva y liderazgo en el mercado. El almacén de hoy está en una posición única para proporcionar servicios ampliados, como reparación y reposición de productos y sirve como un centro de certificación, de capacitación y nuevas presentaciones de productos. De acuerdo con Ross, D. 2015: *“Los almacenes representan una oportunidad para la interacción con el cliente, aprovechando la presencia local del distribuidor, la apertura de diferentes canales de ventas y de experiencia del consumidor”*.

De esta manera, los problemas de ubicación y planeación de las capacidades de un almacén se convierten en la decisión de capital de inversión que todo gerente de logística debe tomar continuamente. El problema de capacidades en un almacén considera la interdependencia entre la variación de diferentes grupos de productos no estándar (perfiles logísticos y dimensiones variables) y los recursos asignados para su gerenciamiento (ingreso, almacenamiento, alistamiento, empaque y despacho).

El objetivo principal del problema de ubicación y planeación de las capacidades de un almacén es optimizar el costo total de administración de la capacidad total de los almacenes, cuando la

cadena de abastecimiento está orientada a servir mercados con demandas inciertas e impredecibles.

La demanda de los consumidores es la variable de ingreso principal para el cálculo de capacidades requeridas puede ser calculada de manera determinística (sin variación en el tiempo), dinámica (con variación de tiempo) y estocástica.

Muchos métodos sofisticados han sido utilizados para resolver modelos de capacidades, tales como metaheurísticos, algoritmos genéticos, algoritmos computacionales (evolutivos, diferenciales, etc.), para lo cual se realizará una revisión de la literatura pertinente.

### ***ANALISIS DE CAPACIDADES OPERACIONALES***

De acuerdo con Huertas y Orjuela (2004) y Daugherty y Pittman (1995), definir la estructura operativa y la capacidad necesaria es un problema de planeación a mediano y largo plazo que debe resolverse a partir de la ejecución de las etapas de análisis, planeación, programación y control. De tal manera, que la capacidad del sistema productivo determina la tasa de respuesta a las demandas del mercado, la estructura de costos, la composición de personal, nivel tecnológico y requisitos de gestión, lo que a su vez determina la capacidad competitiva de la organización. Es importante mencionar que, durante la etapa de planeación, la relación diaria de utilización del servicio y la calidad debe optimizar el punto operacional a un 70% de su capacidad máxima (Huertas y Orjuela, 2004).

### ***ESTADO DEL ARTE***

A continuación se identifica, se revisa de manera sistemática la información obtenida, siguiendo los siguientes pasos: búsqueda revisión, clasificación de la información consignada en las bases

de datos: JSTOR, ProQuest, Sprinkler link, Engineering Village, Scielo, Scopus, Science Direct y Google académico y los artículos publicados en el periodo de 2000 a 2018 para llegar a la identificación de los modelos.

Los temas principales asociados al objeto de estudio se clasifican en: capacidad de almacenes (Warehouse capacity), capacidad logística (logistic capacity), capacidad en centro de distribución (distribution center capacity), capacidad de almacenamiento (storage capacity), operador logístico y planeación de capacidades (capacity planning).

Tabla 2.

*Autores consultados vs temática estudiada.*

Autores	Capacidad de almacenes	Capacidad Logística	Capacidad Operacional	Planeación de la capacidad
Aghezzaf, El Houssaine				X
Alvarez, M., Doria, F. y Lavín, J.		X		
Becerra, Mauricio., Orjuela, Javier y Romero, Olga			X	
Bernal, M. y Diaz M.		X		
Bhiri, S. y Derguech, W.		X		
Bricha, N. y Nourelfath, M.	X			
Cagatay, Iris y Mehmet yenisey	X			
Caridade, R. , Pereira, T., Pinto, L. y Silva, F.	X			
Cormier, G. y Gunn, EA.	X			
Crainic, Teodor Gabriel., Gobbato, Luca, Perboli y Rei, Walter		X		
Crainic, Teodor Gabriel., Gobbato, Luca, Perboli, Guido, Rei, Walter, Watson, Jean-Paul, Woodruff, David L.		X		
Dotoli, Mariagrazia., Epicoco, Nicola., Falagario, Marco., Constantino, Nicola. y Turchiano, Biagio.	X			
Fan, Jie y Wang, Guoqing.	X	X		
Friedman, Felix., Rippel, Manuel. y Schönsleben, Paul.	X			
Hualpa, Andres y López, César	X			
Huang, Xin y Graves, Stephen.				X

Kalenatic, Dusko., Lopez, César. y Gonzalez, Leonardo.				X
Orjuela, Javier y Huertas, Isaac			X	
Rodrigues, Lewin., Motlagh, Farahnaz., Rao, Srinivasa. y Hebbar, Sunith	X			
Rosenblatt, Meir. y Rothblum, Uriel.	X			
Salvatore Cannella, Elena Ciancimino y Adolfo Crespo Márquez				X
Shukla, Vinaya. y Nairn, Mohamed.		X		
Suryani, Erma., Chou, Shuo-Yan. y Chen, Chih-Hsien				X

Fuente: *Elaboración propia.*

De acuerdo con la revisión bibliográfica, se identifica una tendencia creciente de publicaciones sobre los temas de capacidades de almacenes y soluciones orientadas a mejorar el desempeño de las operaciones logísticas.

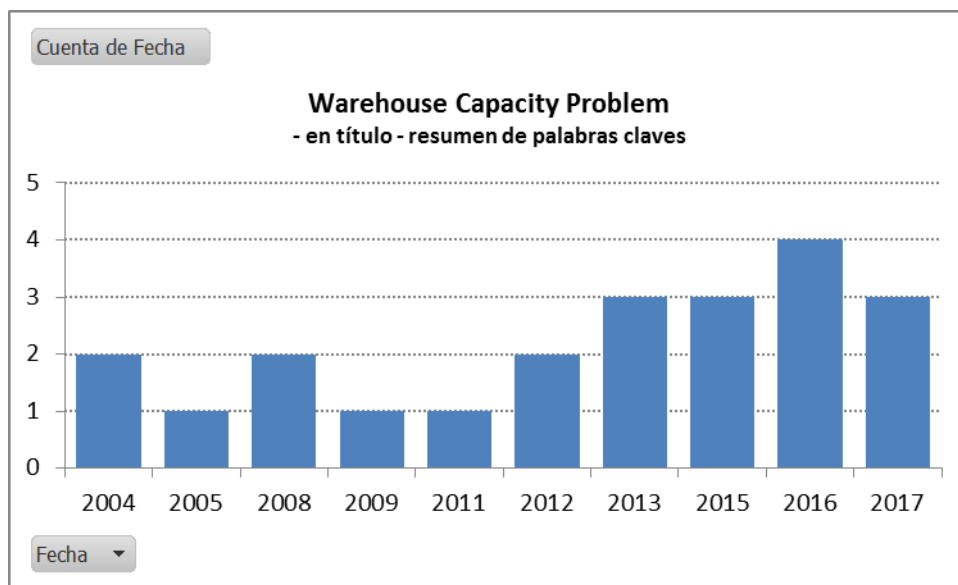


Figura 2. Número de artículos de acuerdo con las palabras claves consultadas en las bases de datos. Fuente: *Elaboración propia.*

Los modelos pueden ser o no lineales, estáticos o dinámicos, determinísticos o estocásticos, continuos o discretos, de acuerdo con el nivel de certidumbre (Huertas y Orjuela, 2004) En la

literatura, para el estudio de capacidades en sistemas productivos se han desarrollado modelos de tipo determinístico, dinámico y estocástico.

Tabla 3.

*Modelos para el cálculo de capacidades de acuerdo con la revisión de la literatura.*

Tipo	Aproximaciones a la solución	Literatura relacionada
Determinísticos (sin variación en el tiempo)	Algoritmos genéticos y heurísticos Algoritmos de optimización, RAND.	Aghezzaf, E. (2004); Dreyfus, S. (1957); Wang, S. Lee, W. y Chang, C.(2012).
Dinámico (variable en el tiempo)	Programación Dinámica; Modelo de Forrester;	Suryani, E.,Chou, S. y Chen, C. (2012); Bernal, M. y Diaz M. (2016); Becerra, M., Orjuela, J. y Romero O. (2013).
Estocásticos	Optimización Robusta; Cadenas de Markov.	Aghezzaf, E. (2004); Fan, J. y Wang, G. (2017).

Fuente: *Elaboración propia.*

Estos tipos de clasificación son determinados de acuerdo con:

1. Determinístico o Estocástico: Los modelos que no tienen entradas aleatorias son deterministas, a diferencia de los modelos estocásticos los cuales operan con entradas aleatorias. (Kelton, D., Sadowski, R. y Sturrock, D. 2008). Todo sistema operativo (como en el caso del Centro de Distribución, puede tener elementos deterministas y estocásticos dependiendo de la variabilidad existente en el sistema).
2. Estático o Dinámico: Los modelos estáticos no son variables en el tiempo a diferencia de los dinámicos, los cuales representan de una manera más natural el comportamiento de los sistemas operacionales. (Kelton, et al.,2008).
3. Discreto o continuo: En un modelo continuo, el estado del sistema puede cambiar continuamente en el tiempo, en cambio, en un modelo discreto, los cambios pueden

ocurrir únicamente en momentos separados de tiempo. Es posible que se tengan elementos de cambio en períodos discretos y continuos en el mismo modelo. En el caso del tema de estudio de capacidades logísticas, los modelos suelen ser de tipo discretos, entendiéndose que los procesos son estacionarios o son variables en el tiempo.

De acuerdo con la bibliografía expuesta anteriormente, se verifica la información histórica de la compañía con respecto a las variables y parámetros propuestos por cada modelo.

### **TEMA: SELECCIÓN DE LOS MODELOS A EVALUAR**

De acuerdo con lo descrito en la anterior parte de la compañía se relacionan los modelos a ser evaluados de acuerdo con la información más reciente y su aplicación práctica descrita en la literatura.

Tabla 4.

*Selección de los modelos para aproximación del cálculo de capacidades y denominación.*

Denominación	Literatura relacionada
MODELO 1 – Determinístico ó Estocástico: Planeación de la capacidad y la ubicación de un almacén con demanda incierta	Aghezzaf, E. (2004);
MODELO 2 – Estocástico: Optimización conjunta de problemas de dimensionamiento dinámico de lotes y almacenes.	Fan, J. y Wang, G. (2017).
MODELO 3 – Dinámico: Modelo para la gestión de capacidades logísticas en la cadena de suministro agroindustrial frutícola en Bogotá, Cundinamarca.	Bernal, M. y Diaz M. (2016).

Fuente: *Elaboración propia.*

#### ***MODELO 1 – Determinístico ó Estocástico: Planeación de la capacidad y la ubicación de un almacén con demanda incierta.***

E. Aghezzaf (2004).

Descripción: En este modelo el autor considera la planeación de la demanda como única entrada con alta incertidumbre. Determina la formulación matemática para ser evaluado de una manera

determinística o estocástica. Para lo cual propone inicialmente un modelo determinístico en el cual se tienen parámetros diferenciados de costos fijos, costos operativos, costos de transporte, la capacidad y la demanda es conocida.

Posteriormente, valida un modelo estocástico, en el que la incertidumbre es asignada a la planeación de la demanda que alimenta las variables para el cálculo de capacidades, el cual se convierte en el modelo objetivo del documento, y el que será evaluado para ser utilizado en la compañía del sector eléctrico, objeto de este documento.

Este modelo asume que las variables de decisión de la capacidad de planeación y la ubicación de los almacenes (para el horizonte de planeación entero) son las variables válidas para todos los escenarios, y se permite que la decisión de la forma de distribución forme las variables de control, las cuales pueden ser ajustadas una vez la demanda es observada. Se asume igualmente, que existe un plan de expansión del almacén y la ubicación del mismo, por lo que la decisión óptima respecto a los patrones de distribución es tomada dependiendo de los escenarios que sean evaluados (E Aghezzaf, 2004).

Parámetros del Modelo:

1. Costo fijo descontado por expansión de la capacidad en la planta  $i$  en el período  $t$ ;
2. Costo variable descontado por la expansión de la capacidad en la planta  $i$  en el período  $t$ ;
3. Costo fijo de operación del almacén  $j$  en el período  $t$ ;
4. Costo de transferencia desde el almacén  $j$  al almacén  $j'$  al finalizar el período  $t$  cuando el  $j \neq j'$ . Y el costo de mantener el inventario en el almacén  $j$  al finalizar el período  $t$  cuando  $j = j'$ ;



5. Costo de despachar desde la planta  $i$  al almacén  $j$  al finalizar el período  $t$ ;
6. Costo de despachar desde el almacén  $j$  al mercado  $k$  durante el período  $t$ ;
7. Capacidad inicial en la planta  $i$  al principio del horizonte de planeación;
8. Capacidad máxima de expansión en la planta  $i$  durante el periodo  $t$ ;
9. Capacidad del almacén  $j$  en el periodo  $t$ ;
10. Demanda del mercado  $k$  en el periodo  $t$  (esta demanda se asume estocástica y discreta);

VARIABLES DEL MODELO:

1. Variable binaria de decisión: 1 si la capacidad en la planta  $i$  será expandida en el periodo  $t$ , y 0 en otra situación;
2. Nivel de expansión de la capacidad para la planta  $i$  en el periodo  $t$ ;
3. Variable binaria de decisión: 1 si el almacén  $j$  será operado en el periodo  $t$ , y 0 en otra situación;
4. Proporción de capacidad disponible de almacenamiento en el almacén  $j$  asignada a la planta  $i$  en el periodo  $t$ ;
5. Proporción del mercado  $k$  de acuerdo con la demanda  $d_k$  que es satisfecha por el almacén  $j$  en el periodo  $t$ ;
6. Cantidad de materiales ó mercaderías transferidas desde el almacén  $j$  al almacén  $j'$  en el período  $t$ .

A continuación, se realiza un análisis de las variables del modelo respecto a la información histórica existente en la compañía.

Tabla 5.

*Identificación de las variables del modelo y detalle de la existencia de la información en la compañía.*

Tipo de Información	Clasificación	Descripción	Denominación	Datos Históricos en la compañía
Parámetro	Costo	Fijo descontado por expansión en planta	$\alpha$	Desconocido
Parámetro	Costo	Variable descontado por expansión en planta	$\beta$	Desconocido
Parámetro	Costo	Fijo de operación en el almacén	$\psi$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	De transferencia entre almacenes	$\phi$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	De despacho desde plantas	$\gamma$	Desconocido
Parámetro	Costo	De distribución	$\delta$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Capacidad	Inicial de planta - horizonte de planeación	$v$	Desconocido
Parámetro	Capacidad	Máxima de expansión de la planta	$m$	Desconocido
Parámetro	Capacidad	Del (os) almacenes	$k$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Demanda	Del mercado	$d_k$	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Plan de expansión de plantas	$x$	Desconocido
Variable	Capacidad	Nivel de expansión de la capacidad de plantas	$u$	Desconocido
Variable	Capacidad	Plan de operación de los almacenes	$v$	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Proporción asignada en los almacenes por planta	$w$	Conocido sin precisión
Variable	Capacidad	Proporción de mercado asignado para ser atendido por cada almacén	$f$	Conocido sin precisión

Fuente: *Elaboración propia.*

De acuerdo con lo anterior, se desconoce el 50% de la información histórica de los parámetros y el 40% de la información histórica de las variables, haciendo no factible la simulación o la precisión del modelo si se asume esta información.

Por otra parte, se revisa que la información del modelo aplica para entornos locales con procesos de producción y distribución delimitados y totalmente conocidos. A diferencia del centro de distribución estudiado, el cual recibe más de un 80% de producto de importación proveniente de más de 50 plantas y 5 centros logísticos principales a nivel mundial. Por lo anterior, una expansión de las plantas afectaría directamente el Hub origen de la mercadería más que el centro de distribución local, el cual está más alineado a la demanda local, que a la producción internacional.

Tabla 6.

*Ventajas y desventajas identificadas en el modelo 1.*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>-El modelo reduce El error a través de las dos etapas de programación estocástica propuestas.</li> <li>- Permite desarrollar análisis extendiendo la solución a las plantas que suministran El material a los almacenes o centros de distribución.</li> <li>- Extiende la solución a los puntos de distribución y a las plantas de suministro.</li> <li>- Asigna a cada almacén la cantidad de producto proveniente de las plantas.</li> <li>- Asume los ahorros de acuerdo con los costos fijos y variables a descontar por expansión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La solución propuesta en el modelo requiere un tiempo significativo en procesamiento computacional.</li> <li>- Extender la solución a plantas y puntos de distribución exige que los planes de expansión sean conocidos y estrictos, para que el modelo arroje información precisa. Esta información no es fácil de obtener si estás dos informaciones presentan alta variabilidad y precisión en la información existente.</li> <li>-No es factible asignar producto proveniente de las plantas, si la cantidad de productos de la demanda son multi-almacenes y atienden la distribución de acuerdo con servicios logísticos de unificación de carga.</li> <li>- En un entorno local, es factible conocer los planes de expansión de las plantas y cuál es su objetivo de demanda. En un entorno internacional, esta información no es precisa.</li> <li>- No relaciona ningún aspecto operacional, ni capacidades de los procesos del almacén.</li> </ul>

Fuente: *Elaboración propia.*

***MODELO 2 - Estocástico: Optimización conjunta de problemas de dimensionamiento dinámico de lotes y almacenes. Jie Fan, Guoqing Wang E. (2016).***

Descripción: En este modelo de tipo estocástico, los autores se refieren al caso como el análisis de un problema conjunto de tamaño dinámico de lotes y almacenes (L&WS: lot and warehouse sizing). El objetivo del modelo planteado es determinar la producción óptima y el plan óptimo de renta de almacén (es), minimizando el costo relevante total sobre el horizonte de planeación definido. Estima igualmente, que la capacidad del centro de distribución puede ser ajustada a las

necesidades mensuales, debido a que se asume el uso de almacenes públicos o de terceros para el almacenamiento de material, una empresa puede deshacerse de la inversión de capital costosa y que consume mucho tiempo en las instalaciones de almacenamiento, y alquila el espacio de almacenamiento de acuerdo con sus requisitos reales, evitando así los costos de espacio innecesario.

Parámetros del Modelo:

1. Costo fijo de ordenar (proceso de reaprovisionamiento) en el periodo  $t$ ;
2. Costo de operación por unidad en el periodo  $t$ ;
3. Costo fijo de incrementar el tamaño del almacén en el periodo  $t$ ;
4. Costo fijo de disminuir el tamaño del almacén en el periodo  $t$ ;
5. Costo variable por unidad de aumento del tamaño del almacén en el periodo  $t$ ;
6. Costo variable por unidad de disminución del tamaño del almacén en el periodo  $t$ ;
7. Costo de renta por unidad de acuerdo con el tamaño del almacén en el periodo  $t$ .

Variables de Decisión:

8. Cantidades ordenada para el periodo  $t$ ;
9. Nivel de inventario al final del periodo  $t$ ;
10. Tamaño del almacén al final del periodo  $t$ ;
11. Tamaño de expansión del almacén al principio del periodo  $t$ ;
12. Tamaño de contracción del almacén al principio del periodo  $t$ ;
13. Variable binaria por ordenar en el periodo  $t$ ;
14. Variable binaria por expansión del almacén al principio del periodo  $t$ ;
15. Variable binaria por contracción del almacén al principio del periodo  $t$ .

A continuación, se realiza un análisis de las variables del modelo respecto a la información histórica existente en la compañía.

Tabla 7.

*Identificación de las variables del modelo 2 y detalle de la existencia de la información en la compañía.*

Tipo de Información	Clasificación	Descripción	Denominación	Datos Históricos en la compañía
Parámetro	Capacidad	Demanda	$d_t$	Conocido (histórico 5 años)
Parámetro	Costo	Costo fijo de ordenar en el proceso a evaluar	$k_t$	Conocido (histórico 5 años)
Parámetro	Costo	Costo de operación por unidad	$h_t$	Conocido (histórico 5 años)
Parámetro	Costo	Costo fijo de incrementar el tamaño del almacén	$p_t$	Conocido (histórico 5 años)
Parámetro	Costo	Costo fijo de disminuir el tamaño del almacén	$q_t$	Conocido (histórico 5 años)
Parámetro	Costo	Costo variable por unidad de aumento del tamaño del almacén	$e_t$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo variable por unidad de disminución del tamaño del almacén	$c_t$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Capacidad	Costo de renta por unidad de acuerdo con el tamaño del almacén	$r_t$	Conocido (histórico 5 años)
Variable	Capacidad	Cantidades ordenada para el periodo a evaluar	$x_t$	Conocido (histórico 5 años)
Variable	Capacidad	Nivel de inventario al final del periodo a evaluar	$l_t$	Conocido (histórico 5 años)
Variable	Capacidad	Tamaño del almacén al final del periodo anterior	$w_t$	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Tamaño de la expansión del almacén requerida para operar en el periodo a evaluar	$u_t$	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Tamaño de la contracción del almacén requerida para operar en el periodo a evaluar	$v_t$	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Variable binaria por ordenar en el periodo a evaluar	$y_t$	
Variable	Capacidad	Variable binaria por expansión del almacén requerida para operar en el periodo a evaluar	$Z_t^+$	
Variable	Capacidad	Variable binaria por contracción del almacén requerida para operar en el periodo a evaluar	$Z_t^-$	

Fuente: *Elaboración propia.*

De acuerdo con lo anterior, toda la información histórica de los parámetros y las variables es conocida, la simulación es factible, al igual que la verificación de la precisión.

El modelo propuesto por Fan y Guoqing (2017) no asume variabilidad en la demanda, debido a que parte desde el proceso de reaprovisionamiento. Por lo anterior, la demanda es estimada como

un parámetro de ingreso, y no es tomada en cuenta en el modelo. Es importante resaltar, que este modelo evalúa la capacidad como infinita, en el sentido de que el almacén puede contraerse o expandirse de acuerdo con el requerimiento. Igualmente asume que este cambio de tamaño puede darse en el mismo lugar, debido a que el costo de transportar la mercancía no es incluido como un parámetro de evaluación. Por lo anterior, este modelo puede ser asumido para evaluación de requerimiento de espacio en un contrato con un operador logístico o 3PL.

Tabla 8.

*Ventajas y desventajas identificadas en el modelo 2.*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los parámetros no son dependientes de los cambios en las plantas suministradoras.</li> <li>- Asume los ahorros de acuerdo con los costos fijos y variables a descontar por expansión.</li> <li>- La solución propuesta en el modelo requiere tiempo óptimo de procesamiento computacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El modelo debe ajustarse para asumir cambios en un almacén operado directamente, no a través de un operador logístico.</li> <li>- No relaciona ningún aspecto operacional, ni capacidades de los procesos del almacén.</li> </ul>

Fuente: *Elaboración propia.*

**MODELO 3 - Dinámico: Modelo para la gestión de capacidades logísticas en la cadena de suministro agroindustrial frutícola en Bogotá, Cundinamarca.**

Bernal, M. y Diaz M. (2016);

Descripción: En este modelo los autores utilizan la dinámica de sistemas como sistema complejo de realimentación con el programa Vensim. El uso del software permite realizar simulaciones de diferentes escenarios, lo que permite estudiar el comportamiento y las consecuencias de las múltiples interacciones a través del tiempo (Jaimes, A. 2016). Se refieren al problema desde las capacidades físicas de transporte y almacenamiento. El objetivo del modelo planteado es

disminuir las pérdidas en un sistema de frío de la cadena de mango para cumplir con las entregas y satisfacer al consumidor. La hipótesis dinámica planteada por Bernal y Diaz (2016) es que:

La representación del sistema estará más ajustada a las condiciones reales en materia cuantitativa por considerar el límite de capacidad en almacenamiento y transporte para los distintos actores y cualitativa al tener en cuenta como deberían ser las condiciones adecuadas para almacenar y transportar el mango, donde se observarán mejoras en materia de calidad, capacidades, costos y capacidad (Bernal y Díaz, 2016, p.101).

Por lo anterior, las capacidades son limitadas y se ajustan los procesos durante la cadena de abastecimiento, evaluando los requerimientos de expansión o contracción de las capacidades de acuerdo con la demanda.

Es importante aclarar, que el modelo es verificado con el fin de evaluar la opción de ser ajustado a las características propias del Centro de Distribución en estudio, a pesar de que el tipo de producto caracterizado difiera de los requerimientos de los productos reales del estudio.

De acuerdo con lo definido para el modelo, los parámetros son constantes y son la base para el análisis de sensibilidad del modelo, al evaluar las variables de decisión.

#### Parámetros del Modelo:

1. Capacidad cuantitativa: convertidor en vehículos;
2. Capacidad cuantitativa: convertidor en metros cuadrados;
3. Costos logísticos: Costo de una unidad adicional de capacidad de transporte y almacenamiento;
4. Costos logísticos: Costo de una unidad de transporte y almacenamiento;
5. Costos logísticos: Costo total de almacenamiento;

#### Variables de Decisión:

1. Calidad: pérdidas por decaimiento;
2. Calidad: cumplimiento de entregas;
3. Calidad: satisfacción del consumidor y cliente;
4. Calidad: demanda;
5. Capacidad cuantitativa: inventario;
6. Capacidad cuantitativa: capacidad requerida;
7. Capacidad cuantitativa: capacidad disponible;
8. Capacidad cuantitativa: capacidad requerida de transporte;
9. Capacidad cuantitativa: capacidad ampliada por actor;
10. Capacidad cuantitativa: faltante de capacidad;
11. Costos logísticos: costo total de transporte y almacenamiento;
12. Costos logísticos: costo total de transporte y almacenamiento propio por actor;
13. Costos logísticos: costo total de transporte y almacenamiento arrendado por actor;
14. Costos logísticos: costo por unidad de espacio propio;
15. Costos logísticos: presupuesto de capacidad;
16. Capacidad de respuesta: flujo logístico;
17. Capacidad de respuesta: faltantes.

A continuación, se realiza un análisis de las variables del modelo respecto a la información histórica existente en la compañía.

Tabla 9.

*Identificación de las variables del modelo y detalle de la existencia de la información en la compañía.*



Tipo de Información	Clasificación	Descripción	Datos Históricos en la compañía
Parámetro	Capacidad	Convertidor en vehículos	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Capacidad	Convertidor en metros cuadrados	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo de una unidad adicional de capacidad de transporte y almacenamiento	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo de una unidad de transporte y almacenamiento	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo total de almacenamiento	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Calidad	Pérdidas en el proceso	Desconocido
Variable	Calidad	Cumplimiento en entregas	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Calidad	Satisfacción del consumidor y el cliente	Conocido sin precisión (histórico 2 años)
Variable	Calidad	Demanda	Conocido (histórico 5 años)
Variable	Capacidad	Nivel de inventario	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Capacidad requerida	Conocido sin precisión (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Capacidad disponible	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Capacidad requerida de transporte	Conocido sin precisión (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Capacidad ampliada por actor	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Faltante de capacidad	Conocido sin precisión (histórico 2 años)
Variable	Costo	Costo total de transporte y almacenamiento	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Costo	Costo total de transporte y almacenamiento propio por actor	Desconocido
Variable	Costo	Costo total de transporte y almacenamiento arrendado por actor	Desconocido
Variable	Costo	Costo por unidad de espacio propio	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Costo	Presupuesto de capacidad	Desconocido
Variable	Capacidad	Capacidad de respuesta del flujo logístico	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Capacidad de respuesta de faltantes	Conocido sin precisión (histórico 2 años)

Fuente: *Elaboración propia.*

De acuerdo con lo anterior, toda la información histórica de los parámetros es conocida, por lo que la simulación es factible. La verificación de la precisión del modelo podría tener un acercamiento, debido a que el 52% de las variables pueden ser comparadas con los resultados reales, el 17% son desconocidas y el 30% son conocidas pero sin precisión.

El modelo propuesto por Bernal y Diaz (2016) asume variabilidad en la demanda, evaluada desde los efectos causales de todo el diagrama. Es importante resaltar, que este modelo evalúa la capacidad como finita, en el sentido de que las capacidades de almacenamiento y transporte no

pueden contraerse o expandirse sin afectar el objetivo del modelo, que es el costo mínimo. Igualmente, el costo de transportar la mercancía es incluido como un parámetro de evaluación.

Tabla 10.  
Ventajas y desventajas identificadas en el modelo 3.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los parámetros no son dependientes de los cambios en las plantas suministradoras.</li> <li>- Asume los ahorros de acuerdo con los costos fijos y variables a descontar por expansión.</li> <li>- La solución propuesta en el modelo requiere tiempo óptimo de procesamiento computacional</li> <li>- Al ser ajustado, puede tener en cuenta todas los efectos causales en las capacidades de los procesos, teniendo en cuenta variables exógenas y endógenas.</li> <li>- Puede evaluar diferentes escenarios propuestos por los valores posibles de las variables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El modelo debe ajustarse para asumir cambios en un centro de distribución. Actualmente, es de una cadena de abastecimiento de alimentos, lo que difiere en los requerimientos reales del Centro de Distribución propio de este estudio.</li> </ul>

Fuente: *Elaboración propia.*

## PROPUESTA DE MODELO AJUSTADO

De acuerdo con los modelos anteriormente revisados, se realiza una propuesta, identificando inicialmente el proceso que actualmente realiza el centro de distribución.

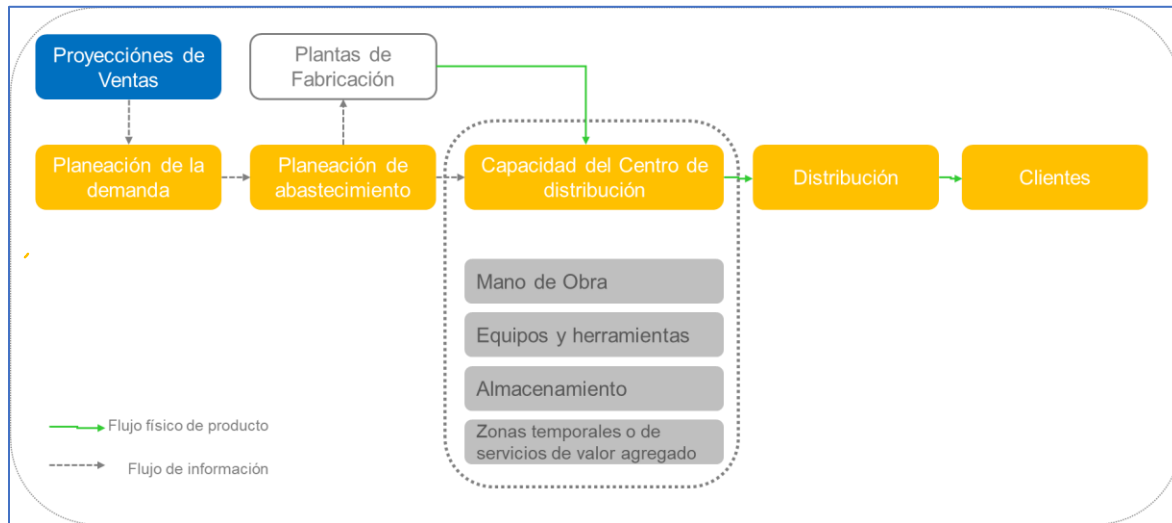


Figura 3. *Proceso de determinación de inventarios de acuerdo con la demanda del mercado.*

Fuente: *Elaboración propia.*

El equipo de ventas de la compañía realiza un estudio de mercado en el cual determina las proyecciones de ventas por cada una de las familias de sus productos. El equipo de planeación de la demanda realiza una estimación de los productos y cantidades que pueden ser vendidas en el periodo que está siendo proyectado. Esta estimación es realizada con base a los históricos de la compañía, y posteriormente compartida con el equipo de planeación de abastecimiento. El análisis de las necesidades es realizado en referencia a los diferentes inventarios de la compañía (físico, en tránsito, en aduana) y los estados de las diferentes plantas de las cuales se puede provisionar los productos (tiempos de reaprovisionamiento, disponibilidad, rupturas, paradas, vacaciones). Se decide dónde generar la compra, y se procede a informar al proveedor un escenario de seis meses de requerimientos de compra. Esta información es ajustada mensualmente e informada al centro de distribución, quien realizado análisis de lotes de producto

determina requerimientos de espacio, capacidad de mano de obra y recursos de acuerdo con información histórica de productividad.

De esta manera, se tiene establecido un tiempo de contratación de recursos de mano de obra de 15 días previo a su periodo de requerimiento, en los que se garantiza el entrenamiento del personal en los procesos menos críticos del centro de distribución (servicios de valor agregado y proceso de recepción) y una alerta al contratista temporal de veinte días para que pueda realizar la contratación por el periodo determinado. Para los equipos y herramientas el periodo puede ser mayor, por lo que usualmente se garantiza polivalencia y back up para sostener la capacidad requerida. De tener que suministrar mayor cantidad de equipos de acuerdo con los requerimientos se procede a rentarlos con un proveedor alineado con el equipo de compras y negociaciones de la compañía.

Respecto a capacidad de almacenamiento y de las zonas temporales de procesamiento del centro de distribución, no son fácilmente ajustables, para lo que la compañía ha optado por la contratación de un servicio externo que permita sostener el sobre inventario por periodos intermitentes de tiempo.

### ***Formulación Matemática.***

De acuerdo con los modelos evaluados, se ajusta propuesta a los análisis de espacio respecto con la complejidad de los perfiles logísticos de los productos y de las plantas de origen. Este modelo se ajustaría con una condición para adicionar los costos generados y las restricciones de las otras dos capacidades (de mano de obra y equipos).

Parámetros del Modelo:

1. Demanda de producto en periodo  $t$ ;
2. Costo fijo posición tipo  $i$  en el almacén en el periodo  $t$ ;

3. Volumen fijo posición tipo  $i$  en el almacén;
4. Costo de contratación de posición tipo  $i$  en el periodo  $t$ ;
5. Costo de contratación de una persona al principio del periodo  $t$ .
6. Costo de despido de una persona al principio del periodo  $t$ .
7. Costo de contratación de un equipo al principio del periodo  $t$ .
8. Costo de reducción de un equipo al principio del periodo  $t$ .

Constantes:

9. Factor multiplicativo estándar de zonas temporales de procesamiento;
10. Factor multiplicativo de volumen transportado a los almacenamientos externos;

VARIABLES DE DECISIÓN:

11. Volumen de producto tipo  $j$ ;
12. Volumen final de inventario al final del periodo  $t$ ;
13. Variable binaria por ordenar en el periodo  $t$ ;
14. Variable binaria por decisión de contratación de posición tipo  $i$  en el periodo  $t$ ;
15. Variable binaria por contratación de una persona al principio del periodo  $t$ .
16. Variable binaria por despido de una persona al principio del periodo  $t$ .
17. Variable binaria por contratación de un equipo al principio del periodo  $t$ .
18. Variable binaria por reducción de un equipo al principio del periodo  $t$ .

Tabla 11.

*Identificación de las variables del modelo y detalle de la existencia de la información en la compañía.*

Tipo de Información	Clasificación	Descripción	Denominación	Datos Históricos en la compañía
Parámetro	Capacidad	Demanda de producto en periodo $t$	$d_t$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo fijo de ordenar en el proceso a evaluar	$k_t$	Conocido (histórico 2 años)

Parámetro	Costo	Costo fijo posición tipo $i$ en el almacén en el periodo $t$	$h_{it}$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo fijo de almacenar externamente un $m^2$ de posición $i$	$p_{it}$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Capacidad	Volumen fijo posición tipo $i$ en el almacén	$q_i$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Capacidad	Volumen total posición tipo $i$ en el almacén	$w_i$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo de contratación de posición tipo $i$ en el periodo $t$	$e_{it}$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo de contratación de una persona al principio del periodo $t$	$c_t$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo de despido de una persona al principio del periodo $t$	$r_t$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo de contratación de un equipo al principio del periodo $t$	$x_t$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Costo de reducción de un equipo al principio del periodo $t$	$l_t$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Capacidad	Nº horas estándar del proceso $j$	$a_{jt}$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Capacidad	Nº horas estándar por uso de equipo $z$	$g_{zt}$	Conocido (histórico 2 años)
Parámetro	Costo	Factor multiplicativo estándar de zonas temporales de procesamiento	$f_1=0.3$	Constante fija
Variable	Costo	Factor multiplicativo de volumen transportado a los almacenamientos externos	$F_2=0.15$	Constante fija
Variable	Capacidad	Volumen de producto con tipo de ubicación $i$	$v_{jt}$	Conocido (histórico 2 años)
Variable	Capacidad	Nº horas requeridas del proceso $j$	$b_{jt}$	
Variable	Capacidad	Nº horas requeridas del equipo $z$	$n_{zt}$	
Variable	Capacidad	Variable binaria por ordenar en el periodo $t$	$y_t$	
Variable	Capacidad	Variable binaria por decisión de contratación de posición tipo $i$ en el periodo $t$	$Z^+_t$	
Variable	Capacidad	Variable binaria por contratación de una persona al principio del periodo $t$	$N^+_t$	
Variable	Capacidad	Variable binaria por despido de una persona al principio del periodo $t$	$N^-_t$	
Variable	Capacidad	Variable binaria por contratación de un equipo al principio del periodo $t$	$M^+_t$	
Variable	Capacidad	Variable binaria por reducción de un equipo al principio del periodo $t$ .	$M^-_t$	

Entonces se tiene L&AT:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^T (w_t * (1 + f_1) * h_{it}) + \sum_{i=1}^T (\frac{v_{it}}{q_i} - w_t) * z_t^+ * (1 + f_2) * p_{it}) + \sum_{j=1}^T (c_t * \frac{b_{jt}}{a_j}) * N_t^+ + \sum_{j=1}^T (r_t * \frac{b_{jt}}{a_j}) * N_t^- + \sum_{z=1}^T (l_t * \frac{n_{zt}}{g_t} * M_t^+ + \sum_{z=1}^T (x_t * \frac{n_{zt}}{g_t}) * M_t^-$$

s.a.

$$q_i, v_{it}, h_{it}, w_t, p_{it}, c_t, b_{jt}, a_j, r_t, l_t, n_{zt}, g_t \geq 0, t = 1 \dots T, i = 1 \dots 5, j = 1 \dots 3,$$

$$N_t^+, N_t^-, z_t^+, M_t^-, M_t^+ \in \{0,1\}, \quad t = 1 \dots T.$$

Donde:

1. Corresponde al costo del almacenamiento fijo en el almacén sería:

$$\sum_{i=1}^T (w_t * (1 + f_1) * h_{it})$$

2. Corresponde al costo del almacenamiento que ha tenido que ser tercerizado.

$$\sum_{i=1}^T (\frac{v_{it}}{q_i} - w_t) * z_t^+ * (1 + f_2)$$

3. Corresponde al costo de contratar y despedir personal adicional.

$$\sum_{j=1}^T (c_t * \frac{b_{jt}}{a_j}) * N_t^+ + \sum_{j=1}^T (r_t * \frac{b_{jt}}{a_j}) * N_t^-$$

4. Corresponde al costo de contratar nuevos equipos.

$$\sum_{z=1}^T (l_t * \frac{n_{zt}}{g_t} * M_t^+ + \sum_{z=1}^T (x_t * \frac{n_{zt}}{g_t}) * M_t^- * (1 + f_2)$$

### ***Tercerización de la operación a través de la implementación con un 3PL***

La tercerización del proceso se entiende como el proceso a través del cual una compañía delega todos los procesos que no agregan valor a su cadena productiva. Para esto, actualmente las empresas evalúan estrategias que les permita reducir las inversiones de capital y la especialización de los servicios logísticos, para mejorar la utilización de los recursos y mejorar la satisfacción del cliente. Dentro de estas propuestas, usualmente se establece la viabilidad de la sobre la base de los costos de realizar la actividad internamente, a pesar de que se dé la situación de un incremento en los costos al subcontratar la actividad a cambio de mejoras en el servicio a sus clientes (Arroyo, M., Gaítan, J. y Sierra, S. 2007) , la flexibilidad de los costos, la liberación y elasticidad de recursos físicos y humanos (al convertir en variable todos los recursos requeridos), y lograr disminuir sus impactos económicos en economías en desarrollo inestables (Kremic, Tukul y Rom, 2006). Para la compañía en estudio, puede ser una opción realizar la evaluación de la tercerización de sus operaciones, debido a que el costo asociado a cambiar su instalación actual generaría un impacto muy fuerte en sus inversiones y tendría que garantizar eliminar la subutilización de los recursos.



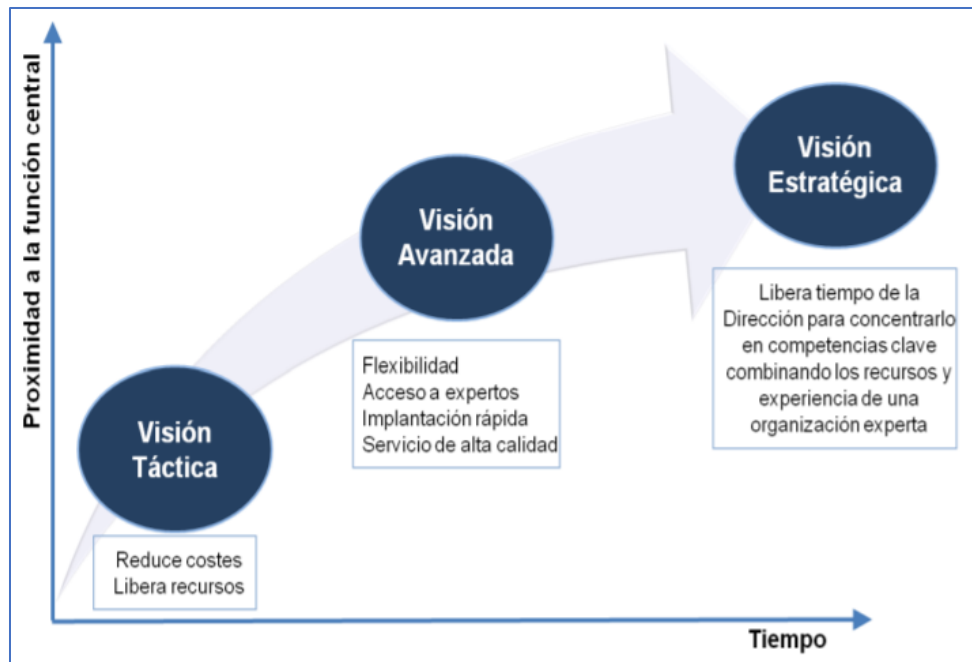


Figura 4. *Evolución del concepto de Outsourcing.* Fuente: Tomado de Angües, P.(2015)

### ***Manejar los riesgos de operación con el uso de opciones de capacidad.***

Otra estrategia, sin mucha tendencia en Colombia, es el incremento temporal de la capacidad a través de contratos de opciones de capacidad para manejar el riesgo asociado con la volatilidad de la demanda. El objetivo de estos contratos es comprar el derecho a tener un servicio logístico adicional cuando sea necesario. Para esto, el proveedor confirmará un costo fijo para compra de esta “opción de capacidad” en un periodo de tiempo. Si la opción es utilizada, hay un costo adicional por unidad de servicio logístico ejecutado. Esta opción es más estudiada en los casos de manufactura de acuerdo con Tan, B. (2002).

## CONCLUSIONES

En este documento, se estudió el problema de capacidades dentro de un centro de distribución con las siguientes variaciones: incertidumbre en la demanda, demanda determinística, variación de lotes de producto y almacenamiento principalmente. Se evaluaron tres tipos de modelos propuestos en la literatura and se discutió la validez de estos en la evaluación de una operación logística del sector eléctrico en la ciudad de Bogotá. Basado en los parámetros, variables de decisión y resultados de los modelos, se concluyó que ninguno de los tres se ajusta a las necesidades de la compañía, por lo que se propone una versión ajustada de uno de los modelos en los cuales se incluyen los diferentes tipos de capacidades involucradas en el proceso logístico y de las restricciones existentes en el modelo.

Se evidencia igualmente que los modelos desarrollados por diversos autores, generan marcos conceptuales que esbozan una hoja de ruta para enfrentar problemáticas reales, pero es de vital importancia entender los contextos propios de los mercados en donde se apliquen, puesto que en operaciones donde intervengan tantas variables que van desde la cultura y costumbres del país donde se están implementando hasta condiciones económicas fluctuantes en periodos específicos de tiempo, no existe una solución completamente adaptada.

Lograr cumplir con los objetivos trazados por las organizaciones en términos comerciales genera detrimento de KPI's logísticos, por tanto la planificación de operaciones debe ser desarrollada con una flexibilidad adaptada a los mercados, clientes y distribuidores que se pueden caracterizar como organismos vivos por su naturaleza fluctuante y evolutiva, tal como se pueden evidenciar en los escenarios de las demandas diarias propuestos:

***Escenario: Capacidad al máximo de la demanda diaria proyectada***

Satisfacción del cliente: Alto, todos los productos disponibles de acuerdo con la fecha solicitada por el cliente.

Productividad: Bajo. Altos niveles de desperdicios en mano de obra. Procesos con capacidades encima de la carga variable diaria.

Capital de trabajo. Alto. Inversión en inventario fuerte y constante.

***Escenario: Capacidad de acuerdo con el promedio de la demanda diaria proyectada***

Satisfacción del cliente: Baja, el proceso de reabastecimiento debe establecer acciones de contingencia en caso de rupturas. Retraso en las entregas.

Productividad: Alta. Existen opciones para garantizar el uso de los recursos y mejorar los resultados de la productividad.

Capital de trabajo. Bajo. Baja inversión en inventario.

El modelo que más se adecua a las características funcionales de capacidades logísticas del cual fue objeto este proyecto, corresponde al modelo tres, puesto que estima múltiples variables internas y externas que afectan la operación logística y en función del comportamiento conjunto de esta información, pronostica soluciones tales como por ejemplo aumento de capacidad de almacenamiento y/o transporte, personal adicional etc. y optimiza costos, entregándole datos concretos a quien se encargue de tomar decisiones sobre la operación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aghezzaf, E. (2004). Capacity planning and warehouse location in supply chains with uncertain demands. *Journal of the Operational Research Society*, 56, 453-462.
- Arguës, P. (2015). El proceso de toma de decisiones para la tercerización de funciones logísticas: prácticas mexicanas versus mejores prácticas establecidas. *Universidad de la Coruña*, 13. Recuperado de: [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/16387/AnguesRodriguez\\_Paula\\_TFG\\_2015.pdf?sequence=2](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/16387/AnguesRodriguez_Paula_TFG_2015.pdf?sequence=2)
- Arroyo, M., Gaítan, J. y Sierra, S. (2007). El proceso de toma de decisiones para la tercerización de funciones logísticas: prácticas mexicanas versus mejores prácticas establecidas. *Contaduría y Administración*, 221. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-10422007000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422007000100003)
- Tan, B. (2002). Managing manufacturing risks by using capacity options. *Journal of the operational research society*. 53, 232-242.
- Bakar, M., Jaafar, S., Nasruddin, F. y Muhammad, A. (2014). Logistic performance measurements – Issues and Reviews. *Malaysia Institute of Transport*. Recuperado de: <http://mpira.ub.uni-muenchen.de/60918/>
- Baylintfy, J., Burdick, D., Chu, K. y Naylor, T. (1982). *Técnicas de simulación en computadoras* (p. 119). Ciudad de México: Limusa.
- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Ciudad de México, México: Pearson.
- Barad, M. y Even, D. (2003). Flexibility in logistic systems—modeling and performance evaluation. *International Journal of Production Economics*, 85(2), 155-170.
- Bazaraa, M., Jarvis, J. y Sherali, H. (2004). *Programación lineal y flujo en redes*. Ciudad de México, México: Limusa (2da Ed.).
- Bernal, M. y Díaz, G. (2016). *Modelo para la gestión de capacidades logísticas en la cadena de suministro agroindustrial frutícola en Bogotá, Cundinamarca* (tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Consejo Privado de Competitividad (2011). *Infraestructura, transporte y logística 2017*. Recuperado de: <https://compite.com.co/wp-content/uploads/2017/05/2011Infraestructura.pdf>
- Baylintfy, J. y Naylor, T. (1982). *Técnicas de Simulación en Computadoras*. 5ta Edición. Ed. Limusa. México.

- Cateora, P. y Graham, J. (2003). *International Marketing*. 7a. edición. Mc Graw Hill. Singapur.
- Daugherty, P. y Pittman, P. (1995). Utilization of time-based strategies: Creating distribution flexibility/responsiveness. *International Journal of Production in Manufacture*, 15(2): 54-60.
- Daugherty, P., Stank, T. y Ellinger, A. (1998). Leveraging logistics/distribution capabilities: The effect of logistics service on market share. *Journal of business logistic*, 19(2), 35-51.
- Denyer D. & Tranfield D. (2009). Producing a literature review. *SAGE Handbook of Organizational Research Methods*, SAGE Publications Ltd, London, England.  
Recuperado de:  
[https://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Research/RCDP/Resources/Working\\_with\\_literature\\_for\\_Cambridge.pdf](https://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Research/RCDP/Resources/Working_with_literature_for_Cambridge.pdf)
- Díaz, E., Díaz, C., Barroso, L. y Pico, B (2015). Desarrollo de un modelo matemático para procesos multivariables mediante Balanced Six Sigma. *Ingeniería, investigación y tecnología*. 16(3).
- Esper, T., Fugate, B. y Sramek, B. (2007). Logistics Learning Capability: Sustaining the Competitive Advantage Gained Through Logistics Leverage. *Journal of Business Logistics*, 28(2), 57-81.
- Fan, J., y Wang, G. (2017). Joint optimization of dynamic lot and warehouse sizing problems. *European Journal of Operation Research*. 267-2018 (849-854)
- Fawcett, S.E., Stanley, L.L. y Smith, S.R. (1997). *Developing a logistics capability to improve the performance of international operations*. *Journal of Business Logistics*, 18 (2), 101-127.
- Forslund, H. (2011). The size of a logistics performance measurement system. *Facilities*, 29 (3), 133-148.
- Franco, T. (2013). *El modelamiento matemático en la formación del ingeniero*. Bogotá, Colombia. Ediciones Universidad Central.
- Huang Y. (2008). Building and promotion of logistics capability of enterprise. *Journal Guangxi University*, 30(5): 35-38.
- Huertas, I. y Orjuela, J. (2004). Las empresas de prestación de servicios y la determinación de su capacidad de operaciones. *Tecnura*. 8(14).
- Jaimes, A. (2016). *Modelo de simulación con dinámica de sistemas para el sistema productivo de la fábrica de calzado Briosio y Blessing* (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander.38. Recuperado de: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/164749.pdf>

- Jara, L. (2015). *Utilización de la capacidad instalada en la Industria*. Observatorio económico social UNR. Recuperado de: <http://www.observatorio.unr.edu.ar/utilizacion-de-la-capacidad-instalada-en-la-industria-2/>
- Kelton, D., Sadowski, R. y Sturrock, D. (2008). *Simulación con Software Arena*. Mc Graw Hill. 4ta Edición. 1 (7-12).
- Kremic, T. Tukul, I. y Rom, O. (2006). Outsourcing decision support: a survey of benefits, risks, and decision factors. *Supply Chain Management: An International Journal*, 11(6), 467-482.
- Liu, X. y Xiong y. (2012). Comprehensive evaluation on logistic capability of the Supply Chain in Manufacturing Enterprise. *Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5(11), 3140 – 3143.
- Michel, P. (2013). Supply Chain Capability vs. Capacity – What is best to optimize? *Manufacturing Transformation*. Recuperado de: <http://www.aprison.com/blog/2013/10/supply-chain-capability-vs-capacity-what-is-best-to-optimize/>
- Ross, D. (2015). *Distribution, planning and control. Managing in the Era of Supply Chain Management, 3<sup>rd</sup>. Edition*. EU: Springer.
- Stoller, D. (1966). *Logistics systems capacity*. California, EU. United States Air Force Project Rand. Recuperado de: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_memoranda/2009/RM4852.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2009/RM4852.pdf)
- Thunberg, M. y Persson, F. (2014). Using the SCOR model's performance measurements to improve construction logistics. *Production Planning and Control*, (13), 1065–1078.
- Zaninovich, D. (2014). Implementando la política nacional de logística. *Departamento Nacional de Planeación*. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co>