



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**MODELO PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE
INVENTARIOS EN UNA EMPRESA DE
TELECOMUNICACIONES**

Mauricio Monsalve Cataño

Javier Bolívar De León

Universidad de Antioquia

**Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Industrial**

Medellín, Colombia

2020



Modelo para mejorar la gestión de inventarios en una empresa de telecomunicaciones

Mauricio Monsalve Cataño

Javier Bolívar De León

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al
título de:

Especialista en Logística Integral

Asesores (a):

Gloria Milena Osorno Osorio

Carlos Mario Llano Ortiz

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial

Medellín, Colombia

2020

Modelo para mejorar la gestión de inventarios en una empresa de telecomunicaciones¹.

Mauricio Monsalve Cataño², Javier Bolívar De León³.

Resumen

Los inventarios de equipos de telecomunicaciones constituyen el activo principal de una compañía prestadora de servicios tecnológicos por lo cual uno de sus retos más importantes consiste en mantener los niveles óptimos de inventario en el lugar y momento adecuado para garantizar los niveles de servicio esperados al menor costo. Existen muchas teorías o modelos de gestión de inventarios que durante el tiempo han sido propuestos y que han ido variando de acuerdo a las necesidades logísticas actuales que cada vez exigen más flexibilidad y agilidad. Modelos de demanda constante o conocida, modelos de aleatoriedad de demanda que definen políticas de inventarios para cada sku, fueron estudiados y analizados con el fin de encontrar y seleccionar uno o varios que se adecuen al comportamiento de la demanda de los inventarios de la compañía de telecomunicaciones, determinando el momento de realizar una nueva orden de pedido y la cantidad a pedir. Se realizó análisis de información histórica de la compañía correspondiente a un periodo de tiempo de diez meses y se obtuvieron los resultados para definir el panorama actual en cuanto a niveles de inventario por sku y su ubicación por almacén a nivel nacional, teniendo como punto de partida su comportamiento

¹ Monografía Especialización en Logística Integral. Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia.
Asesor Temático: Carlos Mario Llano. Profesor, Dpto. de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia
Asesor Metodológico: Gloria Osorno. Profesora, Dpto. de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia

² Afiliación 1. Estudiante Especialización en Logística Integral. Universidad de Antioquia

³ Afiliación 1. Estudiante Especialización en Logística Integral. Universidad de Antioquia

mensual en ventas. De esta manera presentar el modelo más ajustado al comportamiento real de los inventarios mediante una validación de la misma, proponiendo finalmente un plan de implementación general.

Palabras Clave: Cadena de abastecimiento, inventarios, Stock Keeping Unit (SKU) demanda, nivel de servicio, políticas de inventario.

1. Introducción

Las telecomunicaciones se han constituido en una de las industrias de más vertiginoso crecimiento y desarrollo a nivel global puesto que las organizaciones que hacen parte de ella deben permanecer siempre a la vanguardia de las necesidades del mercado, más aún cuando la rapidez y seguridad de la información, así como la conectividad y fácil acceso son elementos de alto valor para las relaciones sociales y corporativas.

Compañía de Comunicaciones es una organización que comercializa servicios de telecomunicaciones a hogares y empresas con una amplia cobertura en el territorio nacional. Dentro de su portafolio, la compañía ofrece diversos planes que incluyen desde paquetes básicos como el acceso a Televisión Digital, Internet Banda Ancha y Telefonía Fija, hasta soluciones mucho más avanzadas como Conectividad, Datacenter y Ciberseguridad.

Para la prestación de sus servicios la compañía instala en las sedes de sus clientes equipos de telecomunicaciones que son los que permiten la conectividad y el acceso que requiere cada usuario en particular. Si bien estos elementos no son adquiridos para la venta, sino que hacen

parte de los activos de la empresa, son imprescindibles para que el usuario final pueda disfrutar del servicio que desea.

Los equipos que se compran son entregados por los proveedores en un centro de distribución ubicado en la ciudad de Medellín donde son almacenados y luego enviados a diferentes bodegas ubicadas en 15 ciudades del país, las cuales se identifican en la Figura 1. La distribución se realiza con el objetivo de garantizar la disponibilidad necesaria que permita realizar la instalación dentro de los tiempos establecidos en la promesa de venta a los clientes, la cual consiste en 6 días hábiles a partir de la solicitud. En el Anexo 1 se describe el flujograma del proceso de servicio.



Figura 1 Distribución de los almacenes a nivel nacional

El envío de los equipos se realiza de acuerdo a las solicitudes de los responsables de cada uno de los almacenes quienes, basados en el consumo histórico registrado en cada localidad, generan requerimientos de inventario con el objetivo de mantener disponibilidad en sus bodegas para la atención inmediata de cualquier necesidad que se presente. Las solicitudes son recibidas por funcionarios de la compañía que revisan el inventario disponible en el CEDI de las referencias pedidas por cada almacén y generan requerimientos al operador logístico

para que realice los despachos de la mercancía a las distintas ciudades. Generalmente este proceso de abastecimiento se ejecuta una vez al mes para cada bodega.

Bajo este esquema de operación, los niveles de inventario no están regidos por alguna política definida, sino que el abastecimiento se centra en la experticia del personal a cargo de garantizar disponibilidad de los equipos en el lugar y tiempo requerido. En el Anexo 2 se registran las observaciones realizadas por cinco almacenistas de diferentes ciudades al ser consultados por algunos aspectos relacionados a la cotidianidad de la operación.

Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los puntos críticos relacionado a la administración de estos inventarios son las rupturas de stock, que en ocasiones se presentan en algunas regiones y que incrementan el riesgo de incumplimiento de la promesa de servicio ya que reaccionar a un stock out puede tardar entre 4 y 6 días calendario. Esta situación se ilustra a continuación en la Figura 2:

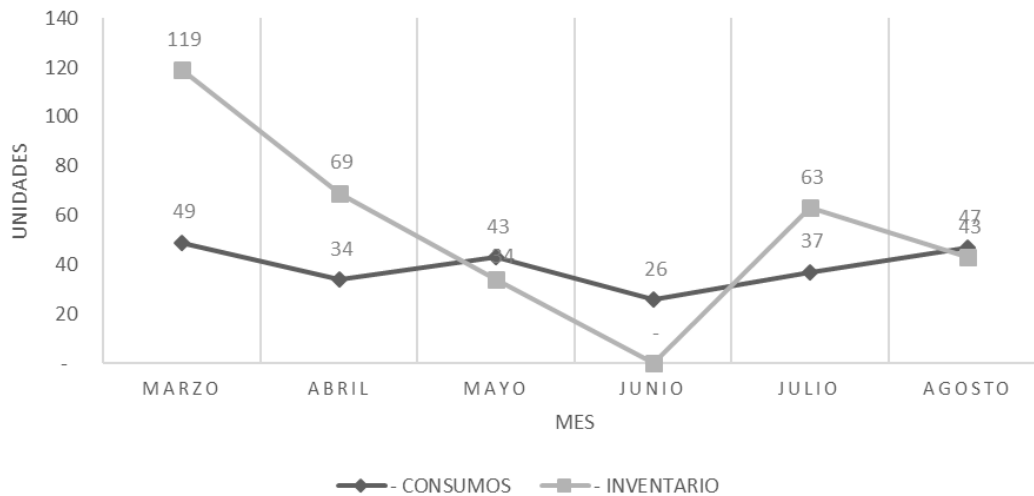


Figura 2 Quiebre de stock ACCESS GPON1 en IBAGUÉ

Contrario a las rupturas de stock también se ha evidenciado otra problemática que consiste en exceso de inventario que se tiene para ciertas referencias en algunas bodegas, lo cual incrementa los costos de almacenamiento, así como también el riesgo por pérdida u obsolescencia de los equipos. Se muestra a continuación en la Figura 3 . una de las regiones con desbalance del inventario respecto a las solicitudes de consumo.

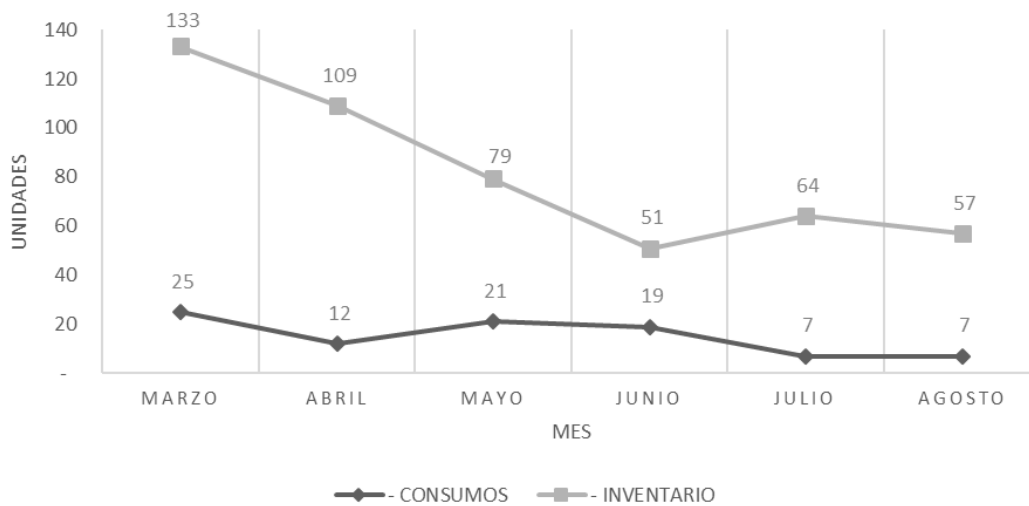


Figura 3 Exceso de inventario ACCESS HFC1 en BOGOTÁ

Las problemáticas ilustradas en la Figura 2 y Figura 3 se presentan principalmente porque los abastecimientos de equipos a los almacenes se realizan de acuerdo a las solicitudes realizadas por los responsables de cada bodega, mas no basados en una planeación de la demanda o reposición por consumos. Tales condiciones favorecen que en algún momento determinado, por retrasos en la generación de los requerimientos de equipos o por una subestimación de la demanda, ocurran los faltantes de inventario o también a que debido a una sobrestimación del consumo se envíen más elementos de los requeridos a un almacén, dando lugar a los excesos de stock.

A raíz de estas situaciones, el presente documento tiene como objetivo general formular políticas para el control de inventarios de equipos que le permitan a esta empresa de telecomunicaciones garantizar un nivel de servicio adecuado y para ello se trabajó en el desarrollo de varios objetivos específicos que consisten en diagnosticar el estado actual del sistema de control de inventarios de la empresa, identificar alternativas de solución a la situación problemática mediante la revisión de diferentes modelos de control de inventarios, seleccionar el modelo de control de inventarios que se ajuste a las variables y parámetros críticos de la compañía y finalmente elaborar una propuesta de mejora ajustada a sus condiciones actuales.

A continuación, el trabajo se desarrollará en 4 capítulos iniciando con la revisión de la literatura asociada a los modelos existentes para el control de inventarios, luego se explicará la metodología seleccionada para la compañía así como su formulación con la información obtenida de la operación de la empresa y posteriormente se analizarán los resultados obtenidos para validar el correcto modelamiento de la política para finalmente presentar las conclusiones del ejercicio realizado.

2. Revisión de la literatura

Para desarrollar una correcta gestión de inventarios en cualquier compañía se deben analizar los diferentes aspectos que intervienen en ella, como por ejemplo el comportamiento de la demanda de cada uno de los sku, que corresponden a las referencias que se manejan en los diferentes niveles de la cadena. Así mismo, es importante definir los momentos en que se deben generar pedidos y los puntos de reorden a partir de los lead-time, pues son estos los que definen el tiempo transcurrido entre la emisión de una orden de compra/fabricación hasta

la recepción por parte del requirente. Adicionalmente, se hace necesario establecer la metodología que controlara la gestión del inventario dependiendo si será a partir de pronósticos de demanda (sistema push) o si por el contrario la operación iniciará con los pedidos de los clientes (sistema pull).

A partir de estos elementos y muchos otros aspectos inherentes a las operaciones logísticas, las organizaciones deben establecer sus modelos de gestión de inventarios y de la cadena de abastecimiento en general para poder cumplir con sus promesas de servicio y satisfacer las necesidades de los mercados.

Según Diego Aristizabal existe modelos de control de inventarios que pueden ser clasificados según el comportamiento de la demanda como: a) Control de inventarios para demandas constantes o determinísticas y b) Control de inventarios para demandas aleatorias.

Los modelos de control de inventarios para demanda determinística o constante, como su nombre lo indica, hacen referencia a escenarios donde la demanda de los sku o productos tiene un comportamiento conocido o una leve variabilidad durante el tiempo, la cual es inferior al 20%, entendiéndose que el coeficiente de variabilidad de la demanda puede ser calculado siguiendo la ecuación:

$$Cv = 1 - \frac{p D^2}{D^2} \quad (1)$$

Donde Cv es coeficiente de variabilidad, D es demanda anual y p número de periodos.

La mejor política para esta clase de productos la obtenemos de optimizar el costo de realizar una orden de compra y el costo de mantener inventario que es llamado modelo de cantidad económica de pedido (EOQ). Los supuestos que se consideran en este modelo es demanda constante o conocida, así como el tiempo de entrega de los pedidos y entender que los lotes entran al sistema para lograr la satisfacción de la demanda y cero agotados. La cantidad a pedir (Q) está determinada por la ecuación:

$$Q = \sqrt{2DS/H} \quad (2)$$

Donde D es la demanda anual en unidades, S es el costo de realizar un pedido y H es el costo de mantener una unidad de inventario en el año.

Teniendo pues Q, podemos encontrar la cantidad de pedidos durante un año y el tiempo que debe haber entre estos siguiendo las ecuaciones:

$$Np = D/Q ; Tp = \text{Numero de días al año}/Np$$

Entendiéndose que D es la demanda anual y Q la cantidad a pedir, Np número de pedidos y Tp tiempo entre pedidos.

Por otro lado, se tienen los modelos de inventarios bajo incertidumbre, es decir cuando su demanda es aleatoria con coeficientes de variabilidad superiores a 20%. Estos modelos buscan proteger la compañía de caer en agotados entendiendo que no solo existe variabilidad en la demanda sino también en los tiempos de entregas de sus proveedores que los abastece.

Existen dos modelos que satisfacen este supuesto, los modelos de revisión continua y los modelos de revisión periódica. Para nuestro trabajo nos interesaremos en el método de

revisión continua, en el cual se debe realizar un constante monitoreo de los niveles de inventario con el fin de reponer de manera inmediata las cantidades consumidas por la demanda, este modelo es ideal para sku clasificados como tipo A ya que se responde con un nivel de servicio adecuado, teniendo además como ventaja la disminución de niveles de inventario de seguridad ya que en la mayoría de casos se busca la protección únicamente en el periodo del lead time o reabastecimiento.

Se presenta entonces las Políticas de inventario para los modelos de revisión continua, que definen cuando ordenar, la cantidad a ordenar y el inventario de seguridad a mantener. El modelo parte de algunos supuestos como: la demanda es probabilística, todas las ordenes colocadas son recibidas, los niveles de servicio son altos entendiendo que se tiene un alto costo por faltantes, el error del pronóstico sigue una distribución normal y finalmente que la cantidad de pedido Q es calculado por cualquier método EOQ.

El punto de reorden S estará calculado mediante:

$$S = d * L + IS \quad (3)$$

donde d es la estimación de la demanda diaria; L es Lead time y IS es Inventario de Seguridad.

El inventario de seguridad será igual a la estimación de las desviaciones estándar de los errores del pronóstico en el tiempo multiplicado por un factor de seguridad k.

$$IS = k\sigma\sqrt{w} \quad (4)$$

donde k es el factor de seguridad, σ es la desviación estándar de la demanda y w estará dado por la división del tiempo de aprovisionamiento sobre el tiempo de pronóstico. Cuando el tiempo de pronóstico $>$ tiempo de aprovisionamiento entonces $w=1$.

Es importante entender que el factor de seguridad k , está asociado directamente con el nivel de servicio P que las compañías pretenden ofrecer a los clientes y sigue una función de distribución normal estándar $P_z(k) = P$; cuyo valor debe ser consultado en las tablas de distribución normal estándar. (1)

Otro aspecto importante de una correcta gestión de inventarios es que debe estar sincronizada con los objetivos estratégicos de la compañía, puesto que tiene un impacto directo en el nivel de servicio otorgado a los clientes, así como también en el flujo de caja, considerando que agrupa una porción significativa del capital de trabajo. A pesar de ello lograr tal sincronización resulta ser una tarea nada fácil de realizar en las organizaciones.

Una herramienta útil para alinear las diferentes áreas de las empresas es el Plan de Ventas y Operaciones PVO o S&OP por sus siglas en inglés. Como cita Diego Saldarriaga en su libro “Gerencia de inventarios y Planificación de la Producción”, el plan de ventas y operaciones es “el proceso con el cual juntamos todos los planes del negocio (Cliente, Ventas, Mercadeo, Logística, Desarrollo de producto, Manufactura y Finanzas) en un plan integrado. El proceso debe reconciliar todos los planes de suministros, demanda y nuevos productos y vincularlos a un nuevo plan”. [1]

Su ejecución consiste básicamente en el establecimiento de un ciclo de planeación en el cual representantes de los principales procesos de la compañía se reúnen con una periodicidad definida para proyectar y definir la operación del período siguiente, de tal manera que a partir

de ahí se generen planes de acción para cada área encaminados a la consecución del objetivo común.

Entre los principales beneficios de su implementación está la reducción de los casos de desabastecimiento en los almacenes, el mantenimiento de una cobertura de inventario acorde a los requerimientos de la demanda, la disminución de los costos de producción, almacenamiento y transporte, utilización de la capacidad en lo que realmente se necesita, disminución de problemas en el flujo de caja y mejoras en el nivel de servicio.

2.1. Casos de aplicación

Se encontraron numerosos artículos que dan solución a las problemáticas descritas en este documento donde se tiene como principal característica la aleatoriedad de la demanda con la cual el personal encargado de la gestión del inventario trabaja bajo incertidumbre y sin ningún modelo claro que minimice el riesgo de agotados o altos niveles de stock.

Para las empresas de telecomunicaciones su principal enfoque es el servicio, para esto, además de capacidad de red de banda, las compañías deben contar con equipos para instalar los servicios en el momento justo, tratándose de un negocio donde la disponibilidad y la rapidez son elementos que aprecia el cliente. Por este motivo se hace importante trabajar en una política de inventarios flexible y veloz que les permita a las organizaciones determinar tres variables importantes: cuánto, cuándo y dónde tener los equipos requeridos para la prestación del servicio.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone para este tipo de compañías, adoptar el Modelo de Nivel de Servicio, que tiene como objetivo determinar las cantidades de equipos a pedir

en un almacén determinado durante el tiempo, minimizando el costo. El modelo consiste en establecer un nivel de servicio coherente que se quiera entregar a los clientes, entendiendo una demanda estocástica y no partiendo de una proyección de demanda entregada por el área de ventas, esto implica realizar una revisión continua con la cual se calcula un stock de seguridad acorde al comportamiento de la demanda que permita amortiguar los cambios drásticos que esta pueda presentar.

En el caso de estudio relacionado, se desarrolló el modelo a partir de un histórico de demanda mes a mes de un período de 5 años definiendo un nivel de servicio inicial a ofrecer del 80% y un supuesto de normalidad de los datos. El nivel de servicio varió entre 80% y 95% arrojando como resultado los niveles de inventario adecuados para soportar la variabilidad de la demanda, entendiéndose que a mayor nivel de servicio se quiera entregar a los clientes, mayor será nivel de inventario de seguridad, el cual lógicamente tendrá un mayor costo de mantenimiento. [2]

Como ya lo habíamos mencionado, en los modelos de gestión de inventario están implícitas las políticas de inventario, las cuales son determinadas principalmente por tres variables, el cuánto pedir, en qué momento y en dónde tener ese inventario. Entendiendo esta definición A. Contreras, C. Atziry, J. Martinez y D. Sanchez, estudian y definen un modelo de Lote económico de pedido (EOQ) y el modelo de revisión continua con demanda estocástica para establecer políticas de inventario para una compañía de materiales para construcción, en donde por sus altos costos de mantenimiento por metro cúbico, requería de una precisión de la cantidad de inventario óptimo a mantener en almacén para satisfacer las necesidades de sus clientes. En el desarrollo inicial del estudio, se determinó el coeficiente de variabilidad, media y desviación estándar de la demanda a partir de datos históricos. Entre los resultados

obtenidos, se adaptaron estos dos modelos de tal manera que se lograra pasar de un nivel de servicio del 69% al 90% al mejor costo. De allí se definieron los niveles de inventario de seguridad por producto y su punto de reorden durante el tiempo. [3]

A pesar de que los grandes volúmenes de producto almacenado podrían en gran medida atender la variabilidad de la demanda, se hace importante considerar los costos que el inventario trae consigo, como por ejemplo los costos de mantenimiento que pueden alcanzar valores de hasta el 40% del total de los costos logísticos o también el valor asociado a los obsoletos y las mermas. Bajo este escenario, Taboada Gonzales, propone un modelo de políticas de inventario para productos donde se tiene una demanda aleatoria o desconocida durante el tiempo y es inicialmente segmentando o realizando una clasificación ABC de los sku, de acuerdo a su importancia y participación en ventas. El desarrollo del modelo inició calculando una proyección de demanda de los próximos meses en base a datos históricos, luego se calculó la capacidad de almacenamiento de la bodega, cantidades máximas y mínimas y el punto de reorden de acuerdo al lead time. Los resultados no fueron del todo satisfactorios, ya que se encontró alta estacionalidad en la demanda lo que dificultó pronosticarla y con esto un incremento del error en los resultados de las cantidades mínimas, máximas y puntos de reorden. [1]

3. Metodología

Luego de explorar la literatura y algunos casos de aplicación, se realiza la validación de tres modelos de control de inventarios: Modelo EOQ, Modelo de nivel de servicio y Demand driven, los cuales fueron evaluados mediante una matriz de ponderación por puntos con cinco variables de decisión, donde cada una recibió un valor porcentual de 1% a 100% de acuerdo

a su relevancia. a) Tiempo de implementación, b) Disponibilidad de la información, c) Costos, d) Pertinencia de la aplicación y d) resultados obtenidos.

Consiste entonces en calificar cada variable en cada modelo con una escala de valores de 1 a 5, donde 1 es el valor mínimo (desaprobación) y 5 como el máximo (aprobación).

Ver Tabla 1

Criterio	Peso	EOQ		Nivel de servicio		Demand Driven	
		Calificación	Resultado	Calificación	Resultado	Calificación	Resultado
Tiempo de implementación	10%	5	0,5	4	0,4	2	0,2
Disponibilidad de información	30%	5	1,5	4	1,2	3	0,9
Costos	20%	4	0,8	4	0,8	1	0,2
Pertinencia	20%	2	0,4	4	0,8	5	1
Resultados obtenidos	20%	1	0,2	5	1	5	1
Calificación final			3,4		4,2		3,3

Tabla 1 Matriz de evaluación de modelos propuestos

A pesar de que el modelo EOQ ocupa un segundo lugar en la calificación obtenida, esto principalmente porque la información que se requiere para su cálculo es conocida y está disponible para tal fin, los resultados de su aplicación no son los esperados debido que la cantidad que sugiere pedir para los reabastecimientos está por fuera de la realidad. Este modelo a pesar de tener un muy buen enfoque en la optimización de los costos asociados a la gestión de inventarios pierde importancia ante escenarios de alta variabilidad de la demanda.

Por otra parte, si bien la metodología Demand driven es novedosa y efectiva para mejorar la gestión de inventarios en las organizaciones, su implementación implica un alcance más amplio al planteado en este proyecto puesto que consideraría la variabilidad implícita en otros

eslabones de la cadena de suministro para alinearlos de tal manera que se minimice el “efecto látigo” que se produce cuando se incrementa la incertidumbre de un proceso a otro. Teniendo en cuenta lo anterior la disponibilidad de la información no era completa y el tiempo para su desarrollo se hacía mayor, factores que impactaron de manera significativa al momento de plantear la selección del modelo. De esta manera su implementación puede ser visto como un proyecto de mediano o largo plazo.

Finalmente, según los resultados de la ponderación por puntos, se selecciona el Modelo de Nivel de servicio y con este se procede a determinar las políticas de inventario, que ordenar, cuanto ordenar y en qué momento.

Para el estudio del modelo seleccionado, se partió de la revisión y clasificación ABC de los sku que participan en la operación de servicios de la compañía. Mediante el análisis Pareto se determinó la importancia de seis sku que se clasificaron como tipo A ya que su participación acumulada representa el 83% de la demanda total tal como se observa en la Figura 4:

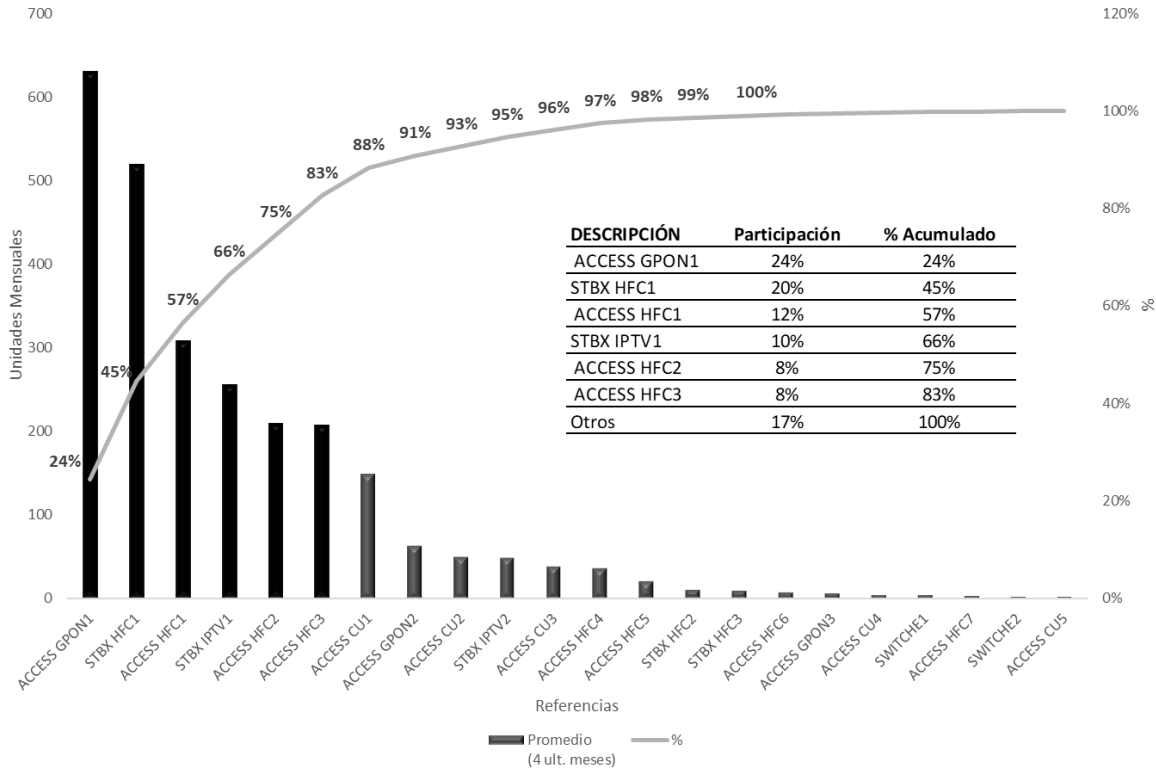


Figura 4 Participación por SKU de acuerdo a los consumos

Al estudiar con detenimiento el comportamiento de los sku denominados tipo A y de los cuales se basa el estudio de estas pólizas de inventario, se logra determinar que son estos los que presentan en mayor proporción los casos de desabastecimiento y excesos de inventario en los diferentes almacenes a nivel nacional, es decir un desbalance de los inventarios a causa de la ausencia de un modelo que permita controlarlos. Ver Figura 5 y Figura 6 respectivamente:

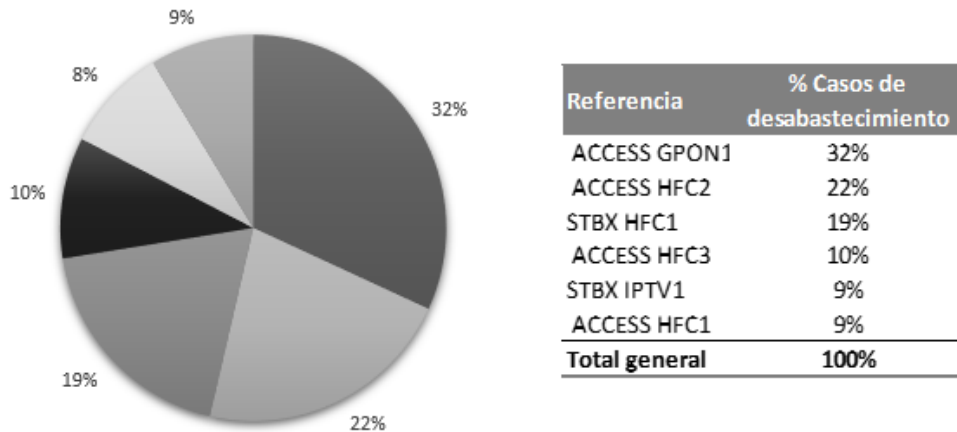


Figura 5 Proporción de desabastecimientos en referencias TIPO A

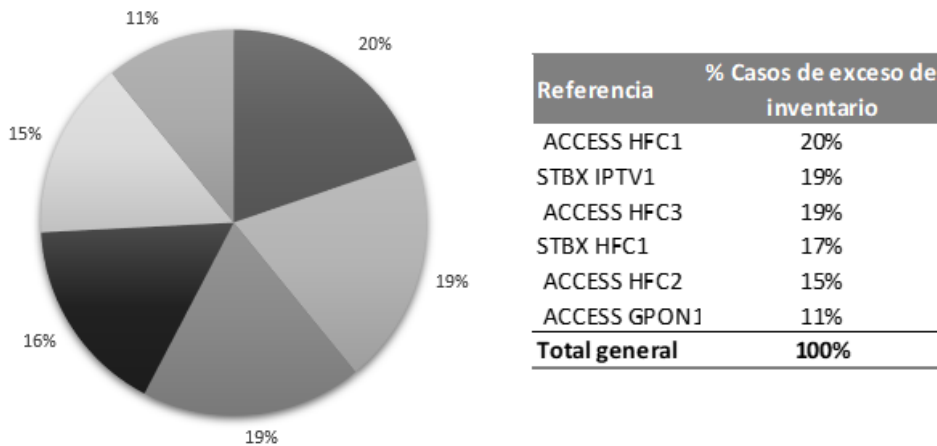


Figura 6 Proporción de exceso de inventarios en referencias TIPO A

Es decir, que la mayoría de los desabastecimientos registrados en la operación ocurren con la referencia ACCESS GPON1 mientras que el equipo ACCESS HFC1 es el que en mayor proporción registra exceso de inventario en los almacenes, por este motivo los análisis y la validación del modelo serán realizados con la información histórica obtenida para estas dos referencias. Adicionalmente, para el desarrollo de este trabajo, se seleccionaron los

almacenes de mayor movimiento o los llamados por la compañía como estratégicos en las ciudades de: Bogotá, Cartagena, Medellín y Pereira.

El modelo de nivel de servicio tiene como fundamento la capacidad de respuesta que quiere ofrecer una compañía a sus clientes cada vez que ellos demandan sus productos y de acuerdo a esto se planean los niveles de inventario a mantener. La compañía de estudio tiene como meta un nivel de servicio del 95% que es denotado $P_z(k) = P$, esto quiere decir que con las políticas de inventario bajo el modelo tendrá el 95% de probabilidad de responder a la demanda. Para este modelo es necesaria la validación de normalidad de los datos de la demanda, esto se puede hacer rápidamente mediante un análisis de la curtosis que indica que tanto se concentran los datos alrededor de la media. Se determina normalidad cuando la curtosis toma valores entre -2 y 2.

De esta manera el cálculo del inventario de seguridad (IS), sufre una variación a como se describió anteriormente y se calculará con la desviación estándar combinada $\sigma_{d/l}$. Esto sucede al introducir la variable tiempo en el modelo; es decir el de Tiempo de lead time o abastecimiento [1].

$$\sigma_{d/l} = \sqrt{l * \sigma_d^2 + \sigma_l^2 * d^2} \quad (5)$$

L es el tiempo de abastecimiento, σ_d es desviación estándar de la demanda; σ_l la desviación estándar del abastecimiento y d la demanda diaria.

Por lo tanto, el inventario de seguridad estará determinado por:

$$IS = k\sigma_{d/l} \quad (6)$$

El punto de reorden o de reabastecimiento continúa estando dado por la ecuación (3).

Finalmente, la cantidad Q a pedir es variable y está determinada por nivel máximo M que representa el nivel máximo de inventario a tener en cada almacén. Este concepto es adoptado del modelo de control de inventario de revisión continua, que se ajusta al modelo de la compañía de telecomunicaciones como política interna sobre el nivel máximo de inventario aceptable en sus almacenes. De esta manera Q está dado por:

$$Q = M - q \quad (7)$$

donde q es el nivel del inventario en el momento que el consumo toque o sobrepase el punto S . En la Figura 7 se observa gráficamente la definición de M y los cambios en la cantidad a pedir Q

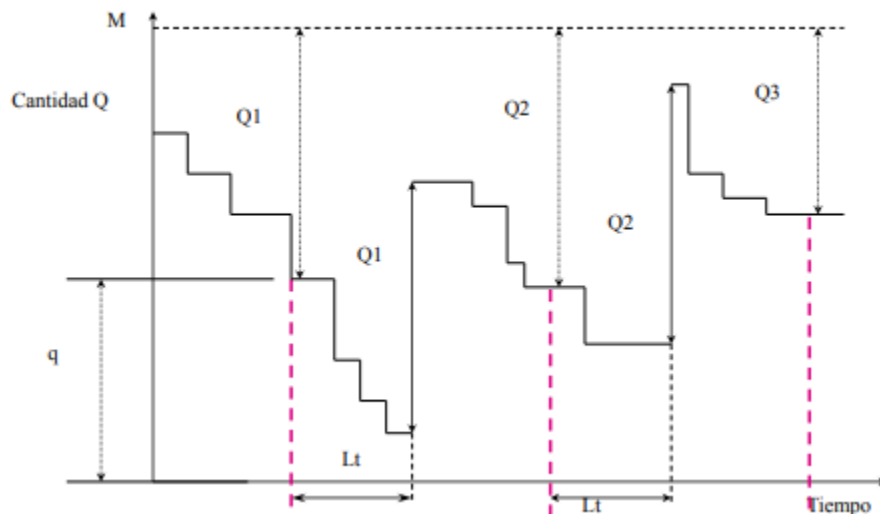


Figura 7 Definición de M y variaciones en la cantidad a pedir Q

4. Resultados

El modelo presentado anteriormente fue formulado para la operación de la compañía de telecomunicaciones, en la que se tuvieron en cuenta todas las variables descritas en el capítulo 3. A continuación, en la Tabla 2 detalla los valores de la demanda diaria para las dos referencias seleccionadas en los diferentes almacenes:

Mes	BOGOTA		CARTAGENA		MEDELLIN		PEREIRA	
	ACCESS GPON1	ACCESS HFC1	ACCESS GPON1	ACCESS HFC1	ACCESS GPON1	ACCESS HFC1	ACCESS GPON1	ACCESS HFC1
Mar	1,4	0,7	0,1	1,3	5,8	2,8	2,7	1,2
Abr	1,5	0,4	0,0	0,9	5,0	3,6	2,2	1,0
May	1,9	0,4	0,3	0,7	4,6	4,0	2,5	1,3
Jun	1,8	0,5	1,1	0,8	5,5	3,0	2,0	0,7
Jul	1,2	0,2	1,1	1,1	4,8	2,5	2,5	0,8
Ago	0,9	0,2	0,8	1,2	6,3	2,8	2,0	0,3
Sep	1,9	0,2	0,4	0,8	7,1	2,9	1,9	0,4
Oct	1,4	0,8	0,3	0,3	2,5	2,7	0,8	0,6
Nov	0,7	0,2	0,3	0,2	2,6	1,6	1,1	1,2
Dic	1,2	2,2	0,2	0,3	2,6	1,7	0,9	0,8
Prom demanda diaria	1,4	0,6	0,5	0,8	4,7	2,8	1,9	0,8
Desv estandar diaria	0,4	0,6	0,4	0,4	1,6	0,7	0,7	0,4

Tabla 2 Comportamiento de la demanda diaria

Mediante el cálculo de la curtosis se comprobó la normalidad de los datos, requisito indispensable para la aplicación del modelo. Continuando la revisión de registros históricos se calculó el tiempo promedio de abastecimiento de equipos hacia cada uno

de los almacenes y sus respectivas desviaciones estándar. Información que se resume en la Tabla 3:

Almacén Destino	T. promedio de entrega (días)	Desviación est. de T entrega (días)
MEDELLIN	1,49	1,42
BOGOTA	2,88	1,59
PEREIRA	2,77	1,62
CARTAGENA	3,16	1,84

Tabla 3 Promedio y desviación estándar de los tiempos de entrega

Una vez obtenidos los datos anteriores y teniendo en cuenta que el nivel de servicio deseado es del 95%, se procede a calcular el stock de seguridad, el punto de reorden y el nivel máximo de inventario (M) para las dos referencias en cada almacén. El valor de M corresponde a la demanda durante 15 días sumado al inventario de seguridad, los resultados se presentan en la Tabla 4:

Parámetros	BOGOTA		CARTAGENA		MEDELLIN		PEREIRA	
	ACCESS GPON1	ACCESS HFC1	ACCESS GPON1	ACCESS HFC1	ACCESS GPON1	ACCESS HFC1	ACCESS GPON1	ACCESS HFC1
Z (95%)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Inventario de seguridad	4	3	2	3	12	7	6	3
Punto de reorden	9	5	4	6	19	12	12	6
Días a mantener en inventario	15	15	15	15	15	15	15	15
Cantidad máxima en inv (M)	26	12	10	15	83	49	34	16

Tabla 4 Inventario de seguridad, punto de reorden y cantidad máxima en inventario

Finalmente, tal como se relaciona en el capítulo anterior, la cantidad a solicitar en cada pedido (Q) estará determinada por la diferencia entre M y la cantidad disponible en inventario al momento de la revisión (q).

Con esta información se puede proceder a implementar la política de nivel de servicio al interior de la operación de la compañía de telecomunicaciones, teniendo en cuenta que el monitoreo implicaría de manera dinámica la actualización de los valores de stock de seguridad, punto de reorden y cantidad máxima de acuerdo a las variaciones propias de la demanda y los tiempos de entrega.

Al tomar la información histórica de la demanda del equipo ACCESS GPON1 y al hacer un comparativo del inventario que hubiesen tenido en los almacenes en caso de tener implementada la política vs los datos reales de inventario que se registraron al inicio de cada período se obtuvo la información relacionada en la

Tabla 5:

Mes	BOGOTA			CARTAGENA			MEDELLIN			PEREIRA		
	Sin política	Política de nivel de servicio	Variación (%)	Sin política	Política de nivel de servicio	Variación (%)	Sin política	Política de nivel de servicio	Variación (%)	Sin política	Política de nivel de servicio	Variación (%)
Mar	15	25	69%	20	3	-84%	67	99	47%	9	46	409%
Abr	6	27	342%	17	2	-88%	146	88	-40%	141	39	-72%
May	0	33	--	16	7	--	133	81	--	67	43	--
Jun	60	31	-49%	93	18	-80%	199	95	-52%	100	35	-65%
Jul	43	22	-49%	59	19	-68%	60	84	39%	21	44	107%
Ago	100	18	-82%	36	14	-61%	132	107	-19%	1	36	3500%
Sep	52	33	-37%	31	8	-75%	103	119	15%	220	34	-84%
Oct	130	25	-81%	63	7	-89%	125	50	-60%	160	19	-88%
Nov	89	16	-83%	48	7	-85%	42	51	22%	117	23	-81%
Dic	88	22	-75%	44	5	-88%	73	51	-31%	193	20	-90%

Tabla 5 Comparativo de inventarios al inicio de cada mes sin política definida vs la cantidad simulada con la política de nivel de servicio para el sku ACCESS GPON1

Gráficamente, la variación para la ciudad de Bogotá se puede observar en la Figura 8:

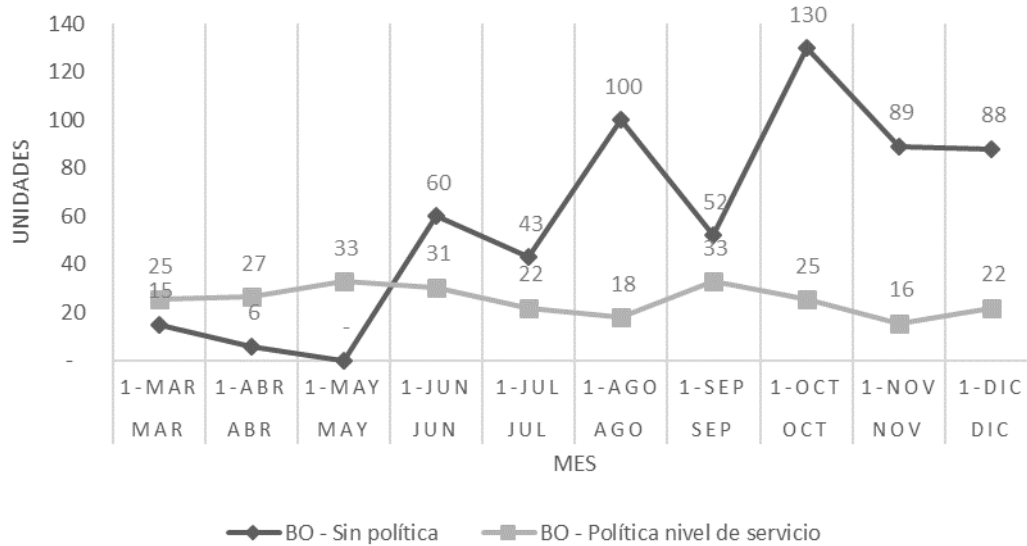


Figura 8 Comparativo de inventarios al inicio de cada mes sin política definida vs la cantidad simulada con la política de nivel de servicio para el sku ACCESS GPON1 en Bogotá

Estos resultados permiten observar que a pesar de que esta referencia es la que con mayor frecuencia presenta casos de desabastecimiento en los almacenes, también registra altos niveles de inventario en algunos períodos y que, de implementarse la política de control desarrollada anteriormente, se conservaría un nivel de stock mucho más acorde a las variaciones de la operación con una administración mucho más eficiente.

Por otra parte, al realizar el mismo ejercicio para la referencia ACCESS HFC1, se obtienen los resultados registrados en la Tabla 6:

Mes	BOGOTA			CARTAGENA			MEDELLIN			PEREIRA		
	Sin política	Política de nivel de servicio	Variación (%)	Sin política	Política de nivel de servicio	Variación (%)	Sin política	Política de nivel de servicio	Variación (%)	Sin política	Política de nivel de servicio	Variación (%)
Mar	100	13	-87%	1	23	2219%	387	49	-87%	25	21	-14%
Abr	82	9	-89%	71	17	-76%	218	61	-72%	245	19	-92%
May	62	9	--	42	13	--	139	67	--	172	22	--
Jun	51	11	-78%	42	16	-63%	146	53	-64%	180	13	-93%
Jul	34	5	-84%	51	19	-62%	209	45	-79%	140	15	-89%
Ago	31	5	-83%	51	21	-59%	162	49	-70%	102	7	-93%
Sep	47	6	-86%	51	15	-71%	354	51	-86%	107	9	-92%
Oct	44	15	-66%	32	8	-74%	301	47	-84%	95	12	-88%
Nov	25	6	-74%	32	5	-83%	219	31	-86%	76	21	-73%
Dic	56	5	-91%	32	8	-76%	96	32	-66%	55	16	-71%

Tabla 6 Comparativo de inventarios al inicio de cada mes sin política definida vs la cantidad simulada con la política de nivel de servicio para el sku ACCESS HFC1

Gráficamente, la variación para la ciudad de Medellín se ilustra en la Figura 9:

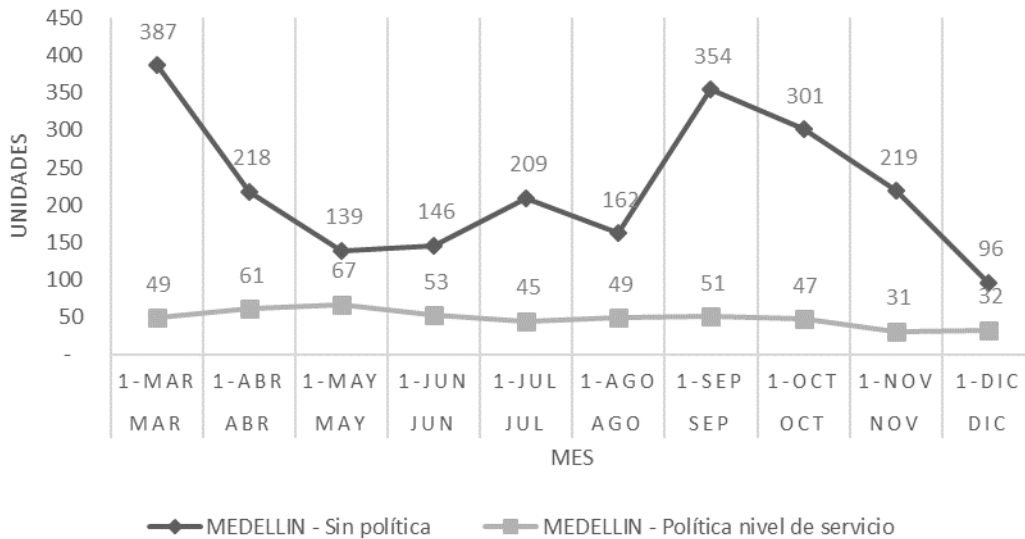


Figura 9 Comparativo de inventarios al inicio de cada mes sin política definida vs la cantidad simulada con la política de nivel de servicio para el sku ACCESSHFC1 en

Medellín

Claramente se observa la reducción significativa de inventario que tendrían los almacenes, en algunos casos de valores superiores al 90% para esta referencia, dejando en evidencia el alto impacto que tiene el manejo de inventarios sin una política definida que regule la operación y los abastecimientos.

Cualitativamente, las principales diferencias entre la operación actual de inventarios de la compañía de telecomunicaciones y el modelo propuesto se resumen en la Tabla 7:

Operación actual	Política propuesta
La revisión del inventario depende del almacenista	Modelo de revisión continua del inventario
La generación de pedidos depende de la alerta generada por el personal del almacén	La cantidad definida en el punto de reorden determina el momento para generar un pedido
La cantidad a pedir es estimada de manera intuitiva	La cantidad a pedir es calculada de acuerdo a los días de inventario que se desean mantener en bodega
No existe un inventario de seguridad	Inventario de seguridad calculado a partir de la variabilidad de la demanda y del tiempo de entrega
Altos niveles de inventario en bodegas	Se mantiene el inventario necesario para atender la demanda

Tabla 7 Comparativo entre la operación actual y la política propuesta

Finalmente se resalta la importancia de complementar la implementación del modelo de nivel de servicio con la estructuración del plan de ventas y operaciones al interior de la organización, puesto que sólo de esta manera podrían incluirse en la planeación de los

abastecimientos, aquellas decisiones estratégicas que puedan tener impacto en el comportamiento de la demanda y que sean desconocidas por el modelo de inventarios.

5. Conclusiones

Los resultados de unas buenas políticas de inventario son fundamentales para el sostenimiento en el tiempo de las compañías ya que de su manejo eficiente orientado hacia la satisfacción de la demanda depende en gran medida la continuidad de la cadena de abastecimiento.

En el desarrollo del presente documento se realizó un diagnóstico de la operación de la compañía de telecomunicaciones, los problemas presentados y sus principales causas, lo cual permitió mediante la revisión de modelos de control de inventarios en la literatura, plantear una política clara orientada a mantener un nivel de servicio deseado.

El principal impacto evidenciado con la política propuesta se ve reflejado en el nivel de inventarios que se sugiere mantener en los almacenes, el cual es en promedio un 76% menor para las referencias y almacenes analizados, generando incidencia directa en el capital de trabajo requerido por la empresa para mantener sus operaciones, así como también en la eficiencia operativa en el ejercicio de su actividad económica.

Adicionalmente, se destaca que al establecer el control enfocado a un nivel de servicio del 95%, se garantiza la atención de los usuarios dentro del objetivo planteado por la organización, lo cual en las condiciones iniciales de operación resulta imposible de alcanzar puesto que el proceso de distribución de equipos se realiza de manera reactiva y en muchas

ocasiones con base en información subjetiva por parte de los diferentes actores de la cadena de abastecimiento.

El desarrollo de la política fue realizado con información disponible en la actualidad por la compañía, utilizando hojas de cálculo y datos del ERP SAP, evidenciando que más allá de grandes inversiones en sistemas de información o tecnologías un poco más complejas, es posible generar mejoras significativas con la definición y control de políticas para el manejo del inventario de la empresa.

Partiendo de este desarrollo se propone como trabajo futuro la implementación de este modelo para el control de todas las referencias utilizadas por la organización en los almacenes a nivel nacional.

6. Agradecimientos

Por su tiempo y dedicación agradecemos a nuestros profesores de la especialización en logística integral de la universidad de Antioquia y principalmente nuestros tutores Gloria Milena Osorno y Carlos Mario Llano quienes nos guiaron de la mejor forma durante la construcción de este documento. Cada uno aportó en nuestro aprendizaje personal y profesional.

7. Bibliografía

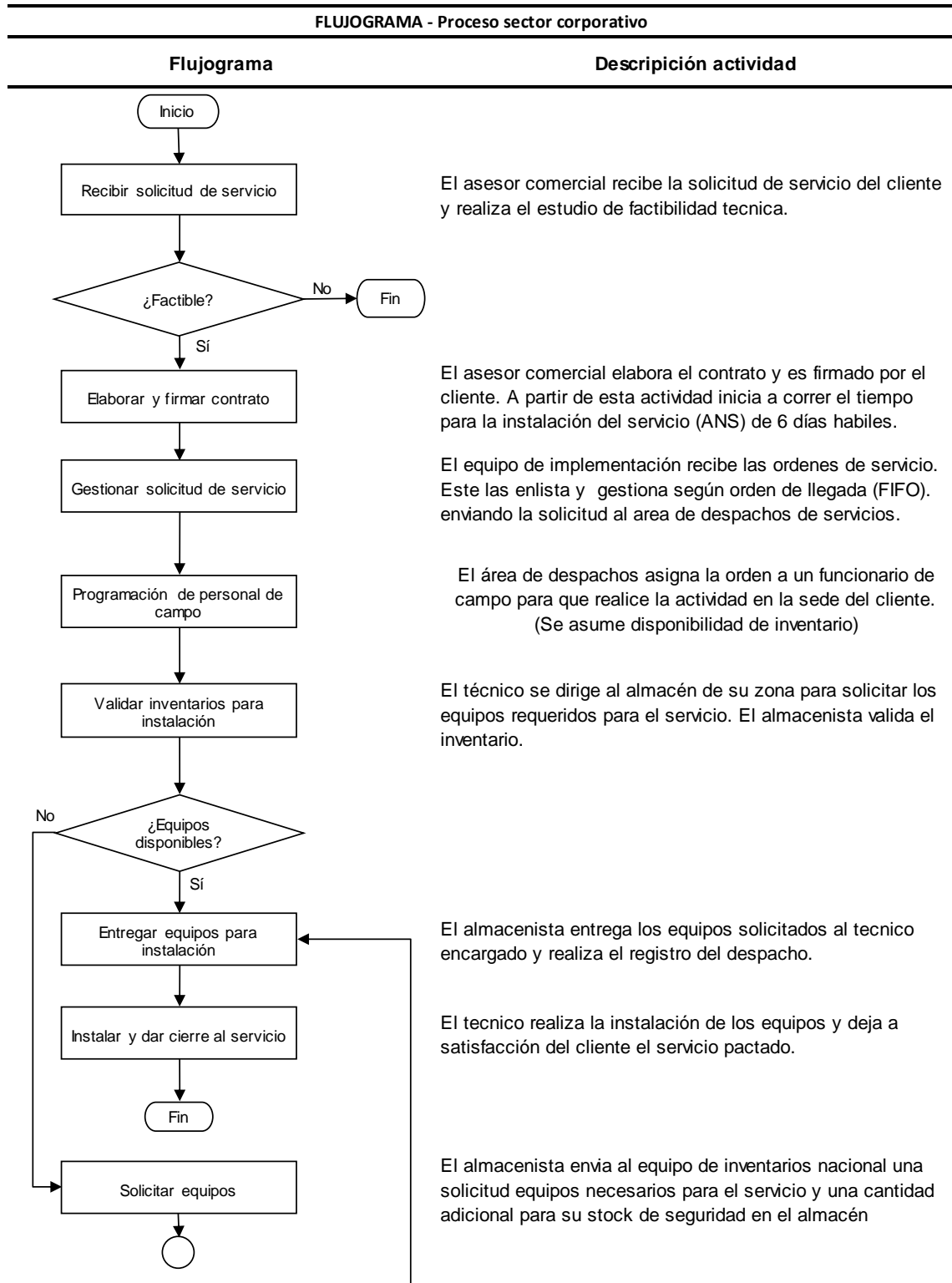
1. Saldarriaga, Diego Luis. Gerencia de Inventarios & Planeación de Producción. Bogotá : Zona Logística, 2014.
2. C.A. Álvarez-Herrera, M. Cabrera-Ríos. Control de inventarios y su aplicación en una compañía de telecomunicaciones. 2007.

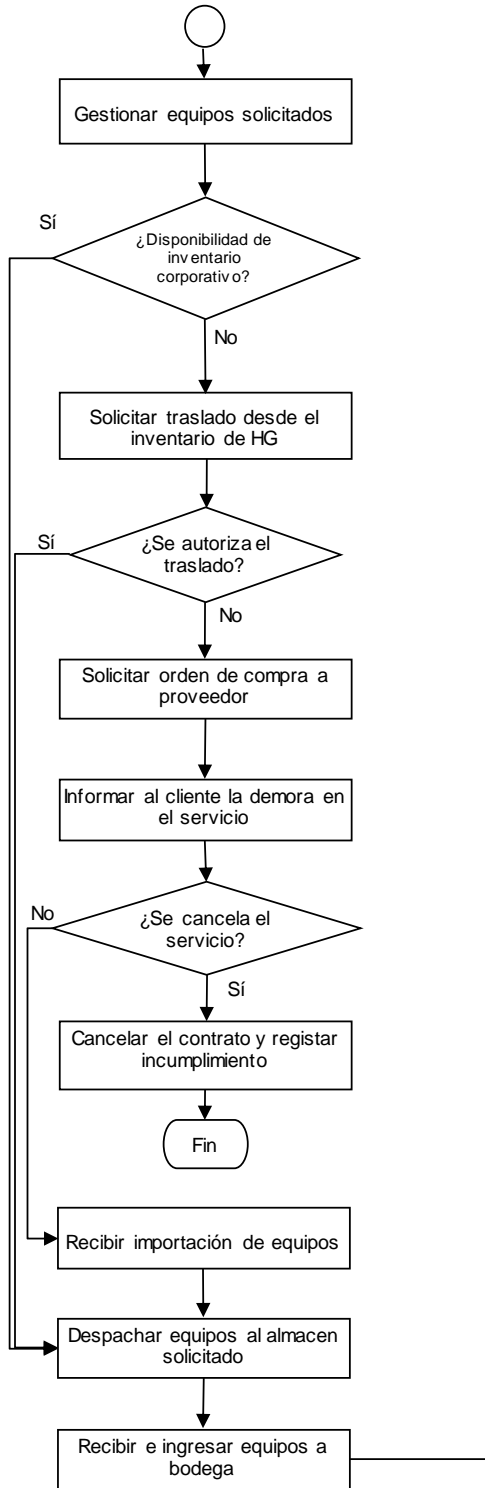
3. GESTIÓN DE POLÍTICAS DE INVENTARIO EN EL ALMACENAMIENTO DE MATERIALES DE ACERO PARA LA CONSTRUCCIÓN . Contreras Juárez, Arturo , y otros. 2018, revista Ingeniería Industrial.

4. Optimización de un Sistema de Abastecimiento de Pintura a Concesionarios de Baja y Media Demanda. Taboada González, Paul , y otros. (3), 2016, Información Tecnológica, Vol. vol 27, págs. 53 - 60.

5. Salas Navarro, Katherinne. Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles. Scielo. [En línea] 2 de Marzo de 2016.
file:///C:/Users/user/Downloads/Metodologia%20Gesti%C3%B3n%20de%20inventarios%20-%20Scielo%20(1).pdf.

8. Anexo 1: Flujograma de procesos sector corporativo





El equipo de inventarios nacional recibe la necesidad de equipos y realiza una revisión del inventario en el almacén central y los demás almacenes a nivel nacional.

El equipo de inventarios nacional genera un requerimiento para el traslado de inventario desde los almacenes de hogares hacia el segmento corporativo

El analista de inventario nacional solicita a logística ordenar la compra (importación) de los equipos requeridos. (dependiendo del proveedor puede tardar hasta 3 meses el pedido)

El asesor comercial le informa al cliente el nuevo plazo para la instalación del servicio y este a su vez confirma si se continúa con el proceso o este es cancelado.

El asesor comercial cancela el contrato y realiza el registro de incumplimiento

Logística recibe la importación de los equipos en el almacén central, dejándolo disponible para que el analista de inventarios realice la distribución a nivel nacional

El analista de inventarios nacional realiza la orden de despacho de los equipos por las cantidades solicitadas al almacén requerido.

El almacenista recibe los equipos y realiza el proceso de ingreso en sus inventarios

9. Anexo 2: Encuesta a los almacenistas de cada ciudad para la perfilación de su administración de inventarios.

Preguntas	Almacenes				
	MEDELLIN	CARTAGENA	CALI	BOGOTA	BUCARAMANGA
1. Cuenta con alguna política de inventario o stock de seguridad? Qué manejo le da a estas referencias? por favor menciónela.	No se tiene una política definida. Se realiza una revisión del stock físico en bodega y se realiza una solicitud para 1 mes de consumo. Este valor es determinado de acuerdo a la experiencia del almacenista	No se cuenta con alguna política establecida. De acuerdo a las alertas generadas por los técnicos en campo se van generando las solicitudes de abastecimiento	Se registran y revisan los consumos semanales y se generan solicitudes de abastecimiento para mantener entre 2 y 3 meses de stock en bodega	Se realizan pedidos de abastecimiento semanales de acuerdo al registro histórico de entrega de equipos a los técnicos en terreno	El almacenista determina a partir de su experiencia el stock de seguridad para las diferentes referencias. Una vez se llega a ese nivel, se realiza una solicitud de abastecimiento equivalente a aproximadamente un mes de consumo
2. Que dificultad piensa usted tiene la compañía para no mantener el adecuado abastecimiento de estas referencias durante el tiempo?	No hay comunicación entre las áreas comercial y logística	Falta validar con el área comercial la proyección de la demanda	Falta dar mejor uso a herramientas de control de inventarios. Movimientos en SAP descualizados	Falta de disponibilidad en el Centro de distribución para enviar los abastecimientos solicitados	No hay disponibilidad suficiente de equipos para enviar los abastecimientos. No hay comunicación entre las órdenes programadas e inventarios
3. Cuando reporta la referencia como agotado, a quien lo solicita? cual es el lead time?	Equipo de inventarios de la compañía de telecomunicaciones 2 - 4 días	Equipo de inventarios de la compañía de telecomunicaciones 3 -4 días	Equipo de inventarios de la compañía de telecomunicaciones 3 días	Equipo de inventarios de la compañía de telecomunicaciones 5-7 días	Equipo de inventarios de la compañía de telecomunicaciones 2 - 3 días
4. Qué propuesta le daría usted a la compañía para evitar agotados de estas referencias, teniendo en cuenta el menor costo pero un buen nivel de servicio?	Mayor comunicación entre comercial y logística Fortalecer la recuperación de equipos (logística inversa) Generar alertas de manera oportuna	Mantener un mayor nivel de stock de esas referencias	Dinamizar el proceso de logística inversa para obtener un mejor aprovechamiento en la recuperación de equipos	Aumentar la disponibilidad de esta referencia en el centro de distribución	Fortalecer el proceso de logística inversa para garantizar que los equipos sean recuperados en laboratorio y queden en óptimas condiciones para ser reutilizados
5.Cuál es el impacto que tiene en su almacén el mantener más unidades de las necesarias?	No hay mayor impacto en la operación	No hay suficiente espacio para almacenar una mayor cantidad de equipos, esto genera dificultades en la operación diaria del almacén.	El espacio disponible es limitado	No hay mun impacto significativo en el almacén	Dificultad al momento de hacer los conteos físicos y limitaciones en el espacio