

MODELO DE GESTIÓN DE CADENA DE SUMINISTRO: ESTUDIO DE CASO DEL MEJORAMIENTO DEL ABASTECIMIENTO DE ARENA SANDBLASTING EN COTECMAR.

Supply chain management model: case study of the sandblasting sand supply improvement in Cotecmar.

Héctor Rafael Figueroa Porto ¹
Lien Neil Tejeda López ²

Recibido: 21/03/2019

Aceptado: 13/05/2020

Resumen

La optimización de los procesos se ha convertido en un elemento fundamental para la logística, en la cadena de suministro y la administración en general. Este estudio tiene como objetivo la construcción e implementación de un modelo de gestión de la cadena de suministro, fundamentado en el estudio de caso del mejoramiento del abastecimiento de arena de sandblasting en Cotecmar. La investigación presenta un diseño metodológico cuasi-experimental tomando un procedimiento de manejo de materias primas, sometido a un modelo de gestión de cadena de suministro, a través del modelo conceptual, para medir la efectividad, productividad y reducción de tiempo y costos y el impacto que tiene en el proceso de abastecimiento. Los resultados de la investigación mostraron que la implementación de un modelo de gestión de cadena de suministros maximiza la producción, evidenciando las pérdidas y baja productividad de las actividades que no son sometidas a estos modelos.

Palabras clave: cadena de suministros, modelos de gestión, toma de decisiones, sandblasting.

Abstract

Process optimization has become a fundamental element for logistics, supply chain and management in general. The objective of this study is the construction and implementation of a supply chain management model, based on the case study of the improvement of sandblasting sand supply in Cotecmar. The research presents a quasi-experimental methodological design, taking a raw material handling procedure, subjected to a supply chain management model, through the conceptual model, to measure the effectiveness, productivity and reduction of time and costs and the impact it has on the supply process. The results of the research showed that the implementation of a supply chain management model maximizes production, evidencing the losses and low productivity of the activities that are not subjected to these models.

Keywords: supply chain, management models, decision making, sandblasting.

¹ Administrador de empresa. Especialista en Logística. Correo: hectorfigueroaportogmail.com

² Administrador Industrial. Especialista en Logística. Magíster en Gestión Logística. Email: ltejeda@cotecmar.com

Introducción

Los modelos de gestión en la cadena de suministros se han convertido en un tema de suma importancia en investigación durante los últimos cinco años (Gold et al., 2013). Dentro de los estudios en el campo de la logística, se han encontrado investigaciones en relación con la optimización de los procesos (Tseng y Pai, 2013), la gestión de riesgos (Carter y Rogers, 2008), la fiabilidad y confiabilidad en los tiempos de entrega (Fahimna, 2015), la retención y circulación de materiales esenciales para la producción (Bollapragada, 2004); siendo estos los conceptos más relevantes a tener en cuenta en la elaboración de un modelo de gestión de cadena de suministros. Estos elementos se estructuran como las dimensiones fundamentales al momento de construir un modelo de gestión de suministros, teniendo como dificultad metodológica la forma de medición de la eficiencia del trabajo y el seguimiento y evaluación del proceso.

Estudios de revisión literaria como los realizados por Goldar Behzadi (2018), quien presentó un análisis a profundidad de los métodos y técnicas empleadas para las investigaciones del campo de los modelos de gestión de cadena de suministros, orientó sus conclusiones hacia la poca literatura científica que se encuentra en la actualidad sobre la temática (Newbold, 1998), concretamente en la creación de modelos cuantitativos sólidos que puedan generar una estructura sostenible de aplicación amplia para el sector logístico, específicamente para el área de almacenamiento (Schragenheim, 2000). En ese sentido, Gaffari (2015) propuso que cada investigador debe tener en cuenta las dimensiones antes mencionadas, y las investigaciones deben ser de carácter empírico teniendo en cuenta las particularidades de la empresa, los riesgos calculados y no calculados, los elementos ambientales, y los pasos lógicos en el proceso de la cadena de suministros, esto es, desde el embarque del material hasta lograr su finalidad.

Para el desarrollo de la presente investigación, se tomó como marco de referencia la teoría de restricciones (TOC) de Eliyahu Goldratt (2004), una metodología de mejora continua que enfoca sus esfuerzos en atacar las restricciones del sistema (Izmailov, 2016), limitando el flujo del proceso a la velocidad del elemento con menos capacidad. Las restricciones existen en cualquier entorno empresarial, pues sin estas las ganancias de las organizaciones serían limitadas; y pueden presentarse como máquinas, personas, políticas, siendo el mercado la restricción más común. Para poder llevar el proceso de mejora continua en el entorno de la organización es necesario tener en cuenta los cinco pasos propuestos en la TOC para identificar el problema y buscar las alternativas de mejora. A continuación, se describen los cinco pasos que se den ejecutar:

- Paso 1. Identificar la restricción del sistema.
- Paso 2. Explotar la restricción al máximo de su capacidad.
- Paso 3. Subordinar los demás recursos a la capacidad de la restricción.
- Paso 4. Aumentar la capacidad de la restricción.
- Paso 5. ¿Hay una nueva restricción?

Teniendo en cuenta las investigaciones de Behzadi (2018) sobre la pautas para una investigación efectiva en cadena de suministros, los estudios empíricos en contextos y ambientes propios de cada empresa y sus procedimientos, las dimensiones fundamentales para la construcción del modelo, así como la teoría evolutiva y evaluativa de Goldratt sobre las restricciones, se escogió la metodología del estudio de caso para experimentar con un sistema de abastecimiento de arena en la empresa Cotecmar.

Estudio de caso: abastecimiento arena de *sandblasting*.

Para efectos de este estudio, se escogió el abastecimiento de arena de *sandblasting* por ser un material de difícil control en el proceso de transporte, almacenamiento y entrega al cliente. De acuerdo con la información proporcionada por Cotecmar (2016), este material presenta unas características complejas en su gestión y control en el abastecimiento, lo que ha ocasionado pérdidas económicas y de abastecimiento, representando riesgos al momento de conservar el *stock* del material, puesto que no existen las condiciones requeridas para evitar desperdicios. Sumado a lo anterior, las compras al proveedor del producto ascienden cada año, y su aprovisionamiento se ha convertido en un problema que requiere de la implementación de un modelo de gestión de suministro.

Tabla 1.
Resumen de elementos obtenidos en el escantillonado

Bultos comprados	Año	Precio unitario	Precio total
147.123	2015	\$ 2.930,00	\$ 431.070.390,00
174.457	2016	\$ 2.930,00	\$ 511.159.010,00
180.598	2017	\$ 2.930,00	\$ 529.152.140,00
44.110	2018	\$ 2.930,00	\$ 129.242.300,00

El proceso inicia con la solicitud del pedido y una vez realizado se espera a que el proveedor envíe la cantidad solicitada en los tiempos pactados. En esta parte del proceso la División de Almacén recibe la arena de *sandblasting* y se hacen pruebas aleatorias de pesaje, luego los coteros descargan los sacos de arena del camión para ser almacenados en la caseta o en el contenedor de almacenamiento. Por su parte, la División de Pintura hace el requerimiento al auxiliar de almacén con la cantidad de arena que se va a necesitar en cada proyecto. Una vez verificado en el inventario, si está disponible la cantidad solicitada se descarga en el sistema y, posteriormente, a través de un documento de materiales, se le entrega la salida al alistador de materiales de la División de Pinturas que se encarga de retirar la arena de la bodega; en caso de que la cantidad de arena en inventario no sea suficiente para cumplir con la totalidad de la solicitud, se procede inmediatamente a generar una nueva solicitud de arena al proveedor, con el fin de cumplir con el requerimiento de los diferentes proyectos que se encuentren en la empresa.

Almacenamiento

Por la capacidad de almacenamiento que tiene la empresa, y por el promedio de demanda mensual, la división de almacén tiene un estimado mensual de inventario de arena. La cantidad mínima es de 20 000 bultos. Para su almacenamiento, cuenta con una caseta de arena con una capacidad de 14 000 bultos y un contenedor de 40 pies de 3800 bultos, para un total de 17 800 bultos que cubren el 89 % de las necesidades de stock mínimo. Actualmente, las condiciones que presentan la caseta y el contenedor no son las adecuadas para el almacenamiento y el mantenimiento óptimo de las especificaciones de la arena. Esta caseta se construyó como lugar o provisional de almacenamiento para la arena, teniendo en cuenta que los contenedores destinados para tal fin no abarcaban la capacidad suficiente para almacenarla. Por lo tanto, dentro del alcance de la realización de este proyecto se puntualizaron alternativas de viabilidad y efectividad, con el propósito de definir y proponer acciones que permitan mejorar las características de almacenamiento de la arena, bajo condiciones y precios óptimos.

Control de inventario.

En Cotecmar, el control y verificación del inventario se realiza a través del software SAP. Actualmente, no existe un formato establecido para el control del inventario, por lo cual en este proyecto de investigación, se propone un sistema de inventario para tal fin.

Metodología

Para atender la problemática, se aplicó un método de investigación de múltiples casos. En concordancia con Yin (1994), “un estudio de caso es una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de vida real, especialmente cuando las fronteras entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes” (p. 13). A su vez, se optó por un diseño metodológico de investigación cuasi-experimental, donde se toma un objeto de control, que es el abastecimiento de arena para sandblasting, teniendo como referencia los datos históricos que ha presentado el abastecimiento de esta materia prima. Aunado a lo anterior, se escogió la herramienta de análisis de problemas, esto es, el Árbol de Realidad Actual (ARA). Esta estrategia metodológica permite una mayor claridad en la lógica de causa y efecto detrás de la situación actual. El ARA señala los efectos indeseables que se evidencian en los alrededores y ayuda a retroceder para identificar algunas causas principales, o un único problema central, que originan todos los efectos indeseables que se están experimentando (Dettmer, 1997).

El ARA, en tanto que herramienta de pensamiento, entrelaza los diferentes problemas existentes en un sistema y busca la relación de efecto-causa-efecto, considerando principalmente los efectos indeseables que se desean eliminar y utilizando conocimiento disponible. Este proceso de pensamiento (PP) permite determinar el problema raíz que

puede incurrir en otra gran cantidad de problemas. La identificación de un problema medular es base para el entendimiento del ARA, pues de este punto parte su lógica, que como herramienta de TOC, hace referencia a que una gran cantidad de problemas de un sistema son causa del mal funcionamiento de un solo elemento. En suma, un ARA debe ser un instrumento de simplicidad que explique de forma directa la problemática de un sistema (Eliyahu, 1995).

Para el oportuno desarrollo de esta investigación, se tomaron como referentes las cifras de abastecimiento y los costos de compra del suministro de la arena de sandblasting, 2016 y 2017. Como se expuso, se aplicó la herramienta ARA, de acuerdo con “el enfoque de la teoría de las restricciones que propone minimizar el impacto de la variabilidad en el entorno logístico para proteger el desempeño global de la cadena de suministros” (Schrageheim, 2009 como se citó en Figueroa y Garcés, s.f., p. 1), para poder medir el impacto de la implementación del modelo de cadena de suministros en los cuatro primeros meses del 2018.

El modelo implementado establece el análisis constante de las variables que intervienen en el proceso en todas sus etapas. Para ello, se utilizó la Gerencia Dinámica de Amortiguadores (GDA o DBM por sus siglas en inglés de Dynamic Buffer Management), que reconoce la existencia de la variabilidad y tiene en cuenta que los recursos de las empresas se deben aprovechar de la mejor manera posible, por lo que alinea toda la cadena de suministro para emplear los recursos, sin desperdiciar su capacidad y con la mínima inversión. La aplicación de la GDA requiere un cambio en la forma de planear la demanda, de medir el sistema y de administrar la gestión de los diferentes actores de la cadena de abastecimiento, y esto implica una evaluación y entendimiento sistémico de la empresa, antes de hacer algún cambio en la forma de operar actualmente. El diseño del proyecto para mejorar el proceso de distribución de arena de sandblasting está basado en el uso de amortiguadores en puntos estratégicos de la cadena de suministro, los cuales servirán para manejar los puntos críticos que afectan los niveles de inventario de arena.

En ese orden de ideas, se consideró importante sincronizar mejor la llegada de la arena, proponiendo dos opciones, a saber, ubicar todo el buffer en Cotecmar, o colocar el buffer solamente al proveedor para que Cotecmar estableciera y exigiera una cantidad específica o nivel óptimo de acuerdo con el lead time de este. Ello permitirá tener todas las condiciones para que la operación de sandblasting no sufra por falta de abastecimiento de arena, buscando reducir la variabilidad del proceso y cumplir con la disponibilidad, lo cual es un aspecto de suma importancia si se tiene en cuenta que el proveedor no está satisfaciendo adecuadamente todas las necesidades actuales de Cotecmar. Cabe reiterar que el diseño para mejorar el proceso de distribución de arena está basado en el uso de amortiguadores en puntos estratégicos de la cadena de suministro, los cuales se encargarán de manejar los puntos críticos que afectan los niveles de inventario de arena.

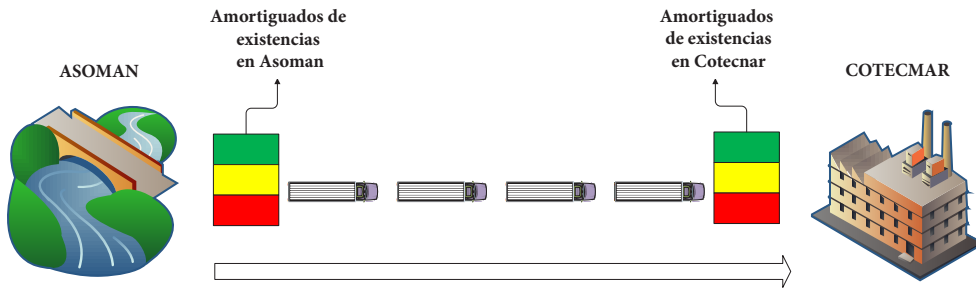


Figura 1. Colocación estratégica de los amortiguadores en la cadena de suministros.

Los amortiguadores están determinados por la cantidad requerida de materiales e insumos de producción y capacidad de respuesta de los proveedores, de esta forma se pueden establecer amortiguadores de acuerdo a la necesidad real, estos permiten la sincronización de las compras sin presentar faltantes o excesos, obteniendo mayor aprovechamiento de los recursos. Para realizar el programa de compras se definen los amortiguadores de unidades por material o insumo permitiendo identificar un indicador de la situación del inventario de materiales e insumos con relación a la capacidad de respuestas de los proveedores y la capacidad de procesamientos de la planta de ese material en el tiempo en que tarda reaprovisionarse. (Figueroa y Garcés, s.f., p. 1)

Establecer el tamaño del amortiguador es un proceso que comienza con entender la cadena de suministro y los factores que afectan su rendimiento. Todo proceso dentro de una cadena de suministro es afectado por muchas variables tanto internas al proceso, como externas, por ejemplo: el clima, el tráfico, la disponibilidad de materia prima, la disponibilidad de transporte, etc. Dadas las múltiples variables que se pueden enmarcar dentro de las siguientes características de la cadena de suministro para el abastecimiento de arena de sandblasting:

- a) El punto de consumo de arena está alejado de los puntos de suministro.
- b) El tiempo de espera del proceso de sandblasting es mucho menor que el tiempo de reaprovisionamiento.

Estas características proporcionan las pautas para entender y establecer las variables que influyen en el establecimiento del nivel de reaprovisionamiento del amortiguador. La cantidad de inventario a mantener debe ser proporcional al consumo, pero el consumo no es el único factor, el tiempo de reaprovisionamiento es tan importante como el nivel de consumo de arena, cuanto más largo es el tiempo de reaprovisionamiento, más inventario hay que mantener, por lo tanto, se deben mantener niveles de inventario acorde con el consumo dentro del tiempo de reaprovisionamiento. (Figueroa y Garcés, s.f., p. 1)

Durante el diseño de amortiguadores se tomaron como base supuestos que deben ser invalidados para entender mejor la importancia de la gerencia de amortiguadores. A continuación, se expone la dinámica para establecer los niveles de inventario de acuerdo con los supuestos:

Al invalidar los tres supuestos se entiende que cualquier solución orientada a mejorar la cadena de abastecimiento debe reducir drásticamente los faltantes y aminorar los altos niveles de inventario. Para poder obtener el consumo máximo promedio, se promediaron los consumos mensuales de los años 2015, 2016, 2017 y 2018 (enero-abril); y, luego, se seleccionó el consumo máximo entre estos 4 años y, por lo tanto, se escogió el valor correspondiente al año 2017, cuyo valor de 15 506 bultos, es el más alto que los demás. Para obtener el consumo promedio diario de arena, se utilizó el valor seleccionado (15 506 bultos) y se dividió entre 30 días, obteniendo como resultado un valor de 517 bultos al día.

El nivel de reaprovisionamiento se obtiene de la multiplicación del consumo promedio diario por el lead time promedio más un factor de incertidumbre para contrarrestar la variabilidad en el transporte y las condiciones climáticas. Este nivel de incertidumbre no tiene un valor preciso, se determina dependiendo del tipo de servicio o el nivel de respuesta que se quiera prestar, se puede interpretar como la “paranoia de la administración del amortiguador”, lo que quiere decir que entre mayor es la paranoia, mayor es el factor de incertidumbre. Este factor se expresa como el porcentaje del nivel de reaprovisionamiento promedio por el lead time promedio. (Figueroa y Garcés, s.f., p. 1)

Las variables tenidas en cuenta en la fórmula fueron:

CPD = Consumo promedio diario,

LPD = Lead time promedio diario,

FI = Factor de incertidumbre

$NR = (CPD \times LPD) + FI$

Remplazando los valores en la fórmula, se obtuvo

$NR = (517 \times 4) + (517 \times 4 \times 33\%) = 2.749$ bultos.

En este caso, debido a la incertidumbre por el reaprovisionamiento, se utiliza el 33 % como factor de incertidumbre para no impactar en el nivel de reaprovisionamiento, teniendo en cuenta que la finalidad del modelo es mantener niveles óptimos de arena, pero se podría aumentar este porcentaje. Por otra parte, los intervalos de monitoreo estarán comprendidos entre los porcentajes 100 % y 66,66 % para el color verde; 66,66 % y 33,33 % para el color Amarillo; y 33,33 % y 0 % para color rojo. Cada color representa la urgencia del pedido. A partir de este amortiguador se establecerán las nuevas políticas de compra y abastecimiento. Para explicar claramente cómo funcionará el amortiguador para Cotecmar, se usará como ejemplo una de las demandas de 1500 bultos de arena (dato seleccionado arbitrariamente). Para conocer el nivel de penetración, se usará la siguiente fórmula:

$$\text{Penetración del Amortiguador (PA)} = 1 - \left(\frac{\text{NR} - \text{ID}}{\text{NR}} \right) 100\% \quad (1)$$

Donde ID equivale a 1.500 bultos y NR equivale a 2.749 bultos. Remplazando los valores en la fórmula se obtiene como resultado:

$$\begin{aligned} PA &= \left(1 - \frac{2.749 - 1.500}{2.749} \right) (100\%) \\ PA &= (1 - 0.45) (100\%) \\ PA &= 54.56\% \end{aligned} \quad (2)$$

El porcentaje de penetración, esto es, el 55% se encuentra entre el intervalo 66.66% y 33.33%, lo que corresponde al color amarillo.

El amortiguador estará dividido en tres partes iguales, las cuales se llamarán “zonas de penetración” y estarán representadas por tres colores: verde, amarillo y rojo. Cada zona representará el estado de criticidad de los pedidos de arena, indicando el nivel de urgencia de aprovisionamiento.

Típicamente, se divide al amortiguador en 3 partes iguales (Zonas) y se le colocan colores como un semáforo. Las prioridades en el piso de la producción las determina el color de cada zona y lo que se espera es una reacción diferente para cada Zona. Para finalizar se debe monitorear las operaciones de producción e intervenir cuando sea necesario para mantener el control del proceso y asegurar la confiabilidad de las entregas.

“Para cada orden de producción se monitorea el avance de la misma en el piso de la producción y la reacción en las diferentes zonas es la siguiente ambor” (Estrategia Focalizada, s.f., párr. 23)

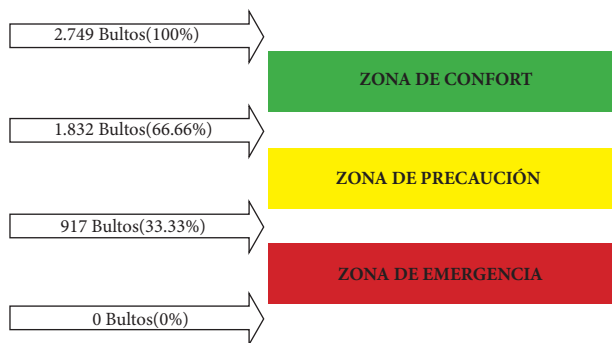


Figura 2. Zonas de penetración del amortiguador de arena en Cotecmar.

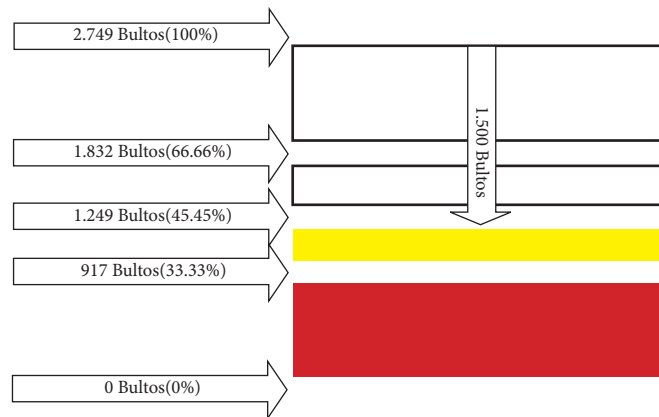


Figura 3. Penetración del amortiguador.

Adicionalmente, se establecerá un nivel de reaprovisionamiento para el proveedor, quien tendrá el compromiso de mantener el nivel de arena solicitado por Cotecmar y sincronizar sus operaciones según la demanda. Esto implica que, desde Cotecmar, debe haber una persona encargada de administrar los amortiguadores del cliente y el proveedor, con el fin de dar seguimiento oportuno, y en caso de tener que aumentar o disminuir el amortiguador, que esto se realice en el tiempo pertinente.

El nivel de reaprovisionamiento o tamaño del amortiguador del proveedor se calcula de la misma manera que el amortiguador de Cotecmar; sin embargo, en este caso, el lead time del proveedor se toma desde que se recibe la orden por parte del cliente hasta que la orden se alista para ser despachada. Este lead time incluye el proceso de recolección de arena, secado, empaque y preparación de la orden, por lo que se estima un valor promedio de 3.5 días.

El proceso actual de recolección de arena diariamente tiene como resultado un promedio de extracción de 700 bultos diarios. Teniendo en cuenta esta información, a continuación se procede a calcular el amortiguador con la fórmula NR:

CPD = Consumo promedio diario

LPD = Lead time promedio diario

FI = Factor de incertidumbre

$NR = (CPD \times LPD) + FI$

$NR = (700 \times 3.5) + (700 \times 3.5 \times 50\%) = 3675$ bultos

De manera obligatoria, el amortiguador del proveedor debe ser mayor que el de Cotecmar. Por esta razón, el factor de incertidumbre escogido es de 50 %, con el fin de mitigar la variabilidad y las fluctuaciones que puedan afectar el aprovisionamiento de arena. Este factor puede aumentar o disminuir dependiendo de los tiempos de respuestas por parte del proveedor

a las órdenes de arena requeridas por el cliente. También existen otros factores determinantes como la estacionalidad y la entrada de proyectos de reparación y mantenimiento por fuera de lo programado o pronosticado.

En esta etapa del diseño, se retoma la técnica de gerencia de amortiguadores, donde se tendrá en cuenta el punto de reorden, el aumento del tamaño del amortiguador y la disminución del tamaño del amortiguador. El punto de reorden tiene como finalidad evitar que se liberen órdenes de compra en lapsos de tiempo muy corto y es usado para no hacer pedidos cada vez que el amortiguador sea penetrado. Esto quiere decir que, si el amortiguador penetra 500 bultos, no se deberían pedir estos 500 bultos inmediatamente, sino que se debe establecer un punto de reorden óptimo, teniendo en cuenta la capacidad del transporte, costos de envío y fletes. Para este estudio, el establecido es de 1380 bultos, equivalente a la capacidad total de una mula cargada.

Si del total de las penetraciones monitoreadas durante determinado tiempo en más del 10% de las veces, el amortiguador estuvo en rojo, el nivel de reaprovisionamiento se aumenta una zona completa. Tomemos la siguiente simulación como ejemplo:

Tabla 2.
Simulación de consumo de bultos de arena

CONSUMO DE BULTOS DE ARENA EN 30 PERIODOS DE TIEMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiguador	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749
Penetración	1290	1450	2300	1670	1879	2000	2350	1100	560	780
Zona	1459	1299	449	1079	870	149	399	1649	2189	1969
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Amortiguador	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749
Penetración	1234	1345	1568	1890	1981	1972	2130	2187	987	896
Zona	1515	1404	1181	859	768	777	619	562	1762	1853
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Amortiguador	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749	2749
Penetración	1087	1549	1230	987	765	1670	1890	2641	1981	1765
Zona	1662	1200	1519	1762	1984	1079	859	108	768	984

En el ejemplo anterior, de los 30 periodos monitoreados, 12 de ellos entraron en la zona roja, esto significa que el 40% de los monitoreos entraron en rojo, acorde a nuestra regla propuesta, este amortiguador deberá ser aumentado un 33,33% o una zona completa.

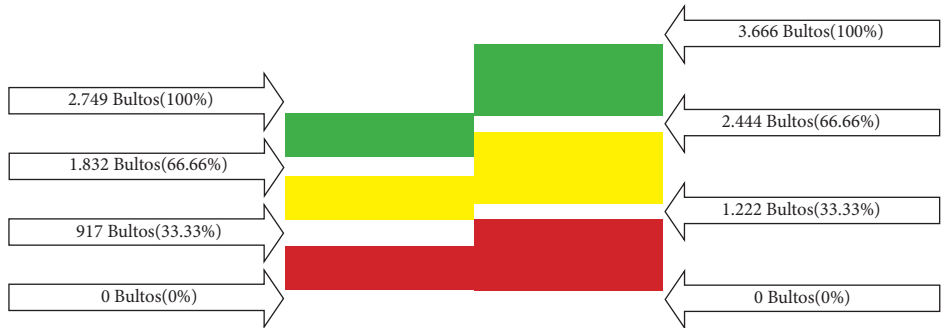


Figura 4. Aumento del 33,33% del amortiguador

Tabla 3. Simulación de aumento del amortiguador.

CONSUMO DE BULTOS DE ARENA EN 30 PERIODOS DE TIEMPO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortiguador	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666
Penetración	1290	1450	2300	1670	1879	2000	2350	1100	560	780
Zona	2376	2216	1366	1996	1787	1666	1316	2566	3106	2886
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Amortiguador	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666
Penetración	1234	1345	1568	1890	1981	1972	2130	2187	987	896
Zona	2432	2321	2098	1776	1685	1694	1536	1472	2679	2770
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Amortiguador	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666	3666
Penetración	1087	1549	1230	987	765	1670	1890	2641	1981	1765
Zona	2579	2117	2436	2679	2901	1996	1776	1025	1685	1901

Discusión

Actualmente, Cotecmar no cuenta con un plan de programación establecido o estandarizado que le permita que el proveedor pueda conocer con anticipación las cantidades requeridas de arena. Adicional a esto, el proveedor no cuenta con un sistema

adecuado de programación de la producción e inventarios , que le posibilite responder con la entrega del pedido a Cotecmar en tiempos y cantidades requeridas. Por lo tanto, se propone que el proveedor tenga un inventario construido con las especificaciones y las condiciones solicitadas por Cotecmar, independientemente de que el proyecto varíe las cantidades solicitadas.

En consecuencia, esto conlleva a establecer un inventario en ambas partes: cliente (Cotecmar) proveedor, para que en el caso de cualquier fluctuación existan 2 *buffer* que amortiguen la variabilidad de la demanda. Por ejemplo, en el caso del proveedor, se propondría un *buffer* más grande que permita atender los pedidos del cliente en tiempos óptimos; otra alternativa sería buscar un proveedor que sea confiable, que tenga las condiciones administrativas, logísticas, financieras y tecnológicas adecuadas para cumplir con los requerimientos de Cotecmar, teniendo en cuenta que el actual no las está satisfaciendo adecuadamente. La propuesta de administrar el inventario de arena por medio de amortiguadores depende del establecimiento de políticas que deben ser cumplidas por ambas partes. Asoman es el único y actual proveedor de Cotecmar, por lo cual se hace necesario desarrollar políticas de reaprovisionamiento acorde a las necesidades del cliente, para poder mejorar el proceso de reaprovisionamiento actual que se lleva a cabo en la empresa. Las políticas propuestas establecidas son las siguientes:

- El proveedor siempre debe mantener el nivel de inventario establecido en el amortiguador, esto quiere decir que el proceso de recolección de arena debe aumentar su capacidad cada vez que sea necesario para llenar el amortiguador o llevarlo al nivel deseado.
- La arena debe ser almacenada por bultos, después del proceso de recolección y secado, de esta manera tener un *stock* que permita dar respuestas a las órdenes de compra de Cotecmar.
- El transporte debe ser suministrado por ASOMAN y acorde a las necesidades de Cotecmar, cada vez que una orden sea recibida el proveedor debe contar con mulas disponibles para poder despachar la arena una vez sea solicitada.
- Cotecmar debe establecer nuevos proveedores para contrarrestar cualquier variabilidad o atrasos por parte del proveedor actual.

El cumplimiento de estas políticas supone disminuir el lead time de reaprovisionamiento de arena a COTECMAR y aumentar la velocidad de respuesta por parte de ASOMAN, la cual con una gerencia adecuada de amortiguadores permitirá tiempos de respuestas más óptimos y procesos más efectivos para mutuo beneficio.

Conclusiones

Al aplicar estos tres pasos clave, es decir, la implementación del proyecto de acuerdo con la teoría de las restricciones, método de planificación del proyecto a través del instrumento del ARA, amortiguadores de la cadena crítica y decisiones de gestión basadas en dichos amortiguadores; se obtiene una aceleración significativa del flujo de trabajo y la finalización del proyecto.

La introducción de amortiguadores en el proyecto requiere apoyo ejecutivo basado en la comprensión de los principios básicos; de lo contrario, provocará la destrucción de los amortiguadores y el lanzamiento de planes poco realistas. La gestión del proyecto y el establecimiento de prioridades de acuerdo con los *buffers*, significa que los administradores deben considerar la asignación de recursos entre los objetivos en función del estado del *buffer* de cada tarea como el principal medio de control. La magnitud de estos cambios culturales es significativa, puesto que cada cambio requiere superar la inercia de las prácticas y creencias antiguas, cada una de las cuales podría socavar el proceso de cambio.

Finalmente, bebido a la poca literatura y avances en el tema, principalmente en el ámbito local, el estudio de caso se convirtió en una herramienta válida para experimentar sobre un modelo de gestión de cadena de suministro y evidenciar las falencias de las formas tradicionales de adquisición, almacenamiento y distribución de materiales, convirtiendo a la disciplina de la logística en una herramienta científica fundamental para la reducción de costos y maximización de la producción y la ganancia.

Referencias

- Bollapragada, R. (2004). Proactive release procedures for just-in-time job shop environments, subject to machine failures. *Naval Research Logistics*, 51(7), 1018-1044.
- Carter, C., & Rogers, D. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38 (5), 360-387.
- Dettmer, H. (1997). *Goldratt's Theory of Constraints. A Systems Approach to Continuous Improvement*. Editorial Asq Pr.
- Elihayu, M. (1996). *Garimando informação num oceano de dados: a síndrome do palheiro* São Paulo. Educator.
- Estrategia Focalizada. (s.f.). DBR - El Tambor - Amortiguador - Cuerda.
Obtenido de <https://sites.google.com/site/enfoquetoc/produccion-sincronizada/dbr>

- Fahimna, B. (2015). Green Logistics and Transportation. Greening of Industry Networks Studies 4. Switzerland.
- Figueroa, H., & Garcés, L. (s.f.). Diseño del modelo de gestión de la cadena de suministro: en Una empresa de industria marítima en Colombia. Obtenido de: <http://www.revistaanfibs.org/ojs/index.php/afb/article/view/40/41>
- Gaffari, A. (2015). A review on the simulation and modeling of magnetorheological fluids. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 26(8), 881–904.
- Gold, S., Hahn, R., & Seuring, S. (2013). Sustainable Supply Chain Management in “Base of the Pyramid” Food Projects: A Path to Triple Bottom Line Approaches for Multinationals? . International Business Review, 22(5), 784-799.
- Goldratt, M. (2005). La Meta. Obtenido de: http://imagourbis.unq.edu.ar/uq_jaga/img/pdf/La_Meta.pdf
- Izmailov, A. (2016). If your company is considering the Theory Of Constraints. En M. Ozsahin, 10th International Strategic Management Conference 2014. Elsevier Science.
- Newbold, P. (1998). Estadística para administración y economía. Pearson.
- Schrageheim, E. (2000). Manufacturing at Warp Speed. CRC Press.
- Tseng, C., & Pai, D. (2013). Knowledge search, spillover and creation capability in India's pharmaceutical industry. Technology Analysis and Strategic Management, 6(2), 207-222.
- Yin, R. (1994). Case Study Research: Design and Methods. Sage Publications.