



**ARTICULO ESPECIALIZACION UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**RIGOBERTO MORENO ARENAS**

**PROFESOR CARLOS ANDRES ARANGO LONDOÑO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTA DE INGENIERIA  
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA LOGISTICA INTEGRAL**

**BOGOTA  
2016**

---

# Selección de un método de pronóstico de la Demanda para la estandarización de compras de Empaque y Embalaje.

Moreno Arenas, Rigoberto.

rigomoar13@hotmail.com

Universidad Militar Nueva granada

*Resumen*—El pronóstico de la demanda hace referencia al modelo con el que se pretende intuir la necesidad sobre un producto, el cálculo del pronóstico de la demanda permite disminuir dentro de la empresa las novedades presentadas respecto a niveles excesivos de inventario y el incumplimiento en otros pedidos, lo cual genera dos grandes problemas a la organización. El abastecimiento con materiales de empaque y embalaje son altamente necesarios para la compañía porque su adquisición impacta directamente en el cliente final, el hecho de no tener clara la información de demanda ha repercutido en la imagen de la empresa frente a sus clientes. En este artículo se pretende el diseño de un modelo de pronóstico ; a partir de series de tiempo; que permita disminuir la variabilidad en las compras y lograr predecir más precisamente el comportamiento de la demanda de los materiales de empaque y embalaje que presentan la variabilidad más impactante al Core del negocio.

*Índice de Términos*— Pronostico de la demanda, Efecto látigo, Series de tiempo, Simulador de Riesgo, Cadena de Abastecimiento, SAP.

## I. INTRODUCCIÓN

Los métodos de series de tiempo para proyección de la demanda, son métodos que pretenden por medio del análisis de la variación de los datos identificar el

mejor acercamiento al comportamiento de históricos sobre la demanda de un producto.

Estos métodos consiste en: Media Simple – Media Móvil – Suavización Simple – Suavización Doble – Winter. En todo pronóstico de demanda se aplican los métodos mencionados y por medio del modelo de correlación de datos se determina cual es el método que más se acerca al histórico de datos y así determinar el pronóstico que mejor infiera la proyección de la demanda.

Para poder iniciar el proceso de proyección se deberá contar con una base confiable de información que permitan obtener un buen pronóstico de la demanda, es así como se debe contar con datos históricos validos que garanticen resultados acordes a un comportamiento real de la demanda. Actualmente el procedimiento para la obtención de información verídica en la empresa Servientrega S.A.S, presenta inconvenientes porque no se cuenta con una fuente confiable que garantice la proyección de demanda de los materiales de Empaque y Embalaje, la información actual que se

manera para este propósito proviene de una base de datos que ha sufrido alteraciones a través de las diversas manipulaciones que ha tenido, esta base contiene un histórico de ventas que no refleja el comportamiento real de la demanda dentro de los CDS ( *Centros de Solución Puntos de servicios*).

Durante el presente artículo se pretenderá desarrollar un plan adecuado de pronóstico de demanda para los materiales de empaque y embalaje de la empresa Servientrega S.A.S., a través de un modelo de proyección de la demanda para análisis de datos por series de tiempo, que permita mejorar la certeza en las compras realizadas de estos materiales, esto debido a que mensualmente se presentan constantes diferencias a nivel de inventario y cumplimiento de pedidos dentro de la empresa.

De igual manera se desea disminuir la diferencia presentada en los periodos de tiempo entre las compras realizadas y la necesidad real de la empresa. Y así establecer un plan de compras que permita mayor flexibilidad en cuanto a las órdenes de compras, las cantidades que se necesitan y la fecha de entrega de los materiales, evitando que se presente el comportamiento de variación que actualmente está ocasionando problemas contables por no tener definida la cuantía para la adquisición de estos productos.

Así mismo se plantea la mejora en las relaciones con los proveedores, para disminuir los tiempos de

entrega y optimizar los procedimientos con los mismos, haciendo más eficiente la cadena de abastecimiento.

## II. MARCO TEORICO

Según (SIPPPER, 1998) se hace uso de la palabra pronostico siempre que se realice una predicción sobre determinado evento haciendo uso de un método y no con simples adivinanzas. Lo que indica que el hecho de realizar una proyección sobre la demanda implica un plan de trabajo con una metodología que lleve a conseguir resultados lo más cercanos posibles a la realidad.

El uso de los métodos de pronósticos ayudan a tomar mejores decisiones, por tal razón lo primero que se debe contemplar es si la decisión que se tomara necesita de un método de pronóstico para influir sobre ella, si el método de pronóstico es indiferente a la toma de la decisión se puede considerar invalida la aplicación de métodos de pronósticos, de encontrarse que el método de pronóstico es necesario para tomar la decisión se procede a validar si la decisión a tomar es recurrente o de una sola ocurrencia, esto se hace con el fin de que cada decisión debe tener un pronóstico diferente, tal y como se observa en las imágenes 5,7,9, los periodos pronosticados solo servirán para el siguiente trimestre obligando a quien utilice la herramienta a ejecutar los pasos correspondientes antes de cada periodo de compras y no determinar un año completos de una vez (SIPPPER, 1998).

Los pronósticos de demanda traen consigo el desarrollo de estrategias que permitan a futuro lograr el cumplimiento de las metas planteadas en el horizonte de tiempo, estas estrategias pueden requerir la inversión y/o mejoramiento de procesos, procedimientos que incurran en los limitantes de la planeación.

Las series de tiempos hacen referencia al conjunto de datos agrupados ordenadamente por un patrón de tiempo regular que junto al pronóstico de demanda ayudan a predecir posibles comportamientos futuros a través del análisis del histórico de los datos. (LOKAD, 2016).

Los modelos de pronóstico a través del uso del análisis de datos en las series de tiempo son los siguientes:

**Promedio Móvil:** su uso está determinado por demandas que se presumen tendrán un comportamiento similar por varios periodos de tiempo, para hacer uso de este método se toma como referencia el promedio de los últimos tres o cuatro periodos de tiempo inmediatamente anteriores y el resultado de este promedio sería la cuantía del mes pronosticado, con cada proyección realizada se deja de tener en cuenta el primer periodo reemplazándolo por el siguiente periodo (CABA, OSWALDO, & TOMAS, 2011).

**Promedio Móvil Ponderado:** Es el método cuantitativo de proyección de la demanda donde se debe dar un peso establecido a cada uno de los periodos posteriores que servirán para la determinación del periodo pronosticado, el nivel ponderado se determina bien sea por patrones de comportamiento o de manera arbitraria, la incidencia del porcentaje asignado puede ser el causante de variaciones de la demanda pronosticada, ya que no existe un método específico para su cálculo (CABA, OSWALDO, & TOMAS, 2011).

**Suavización exponencial:** Hace referencia al método donde se estima la demanda a partir del último periodo calculado el cual se ajusta a la demanda real y al periodo anterior calculado por medio de un coeficiente que disminuya el error medio del nuevo pronostico (CABA, OSWALDO, & TOMAS, 2011).

**Suavización doble:** Consiste en la utilización del mismo método de suavización exponencial simple, con la variación de que ahora se deberá tener en cuenta el comportamiento de los datos y si reflejan alguna tendencia, esto con el fin de realizar una nueva estimación donde se calcule la tendencia y se aplique al resultado de proyección de la demanda (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2016).

**Winter:** También conocido como método de suavización triple, su uso se hace altamente

aplicable cuando el comportamiento de los datos además de tener una tendencia lineal, existe un patrón de estacionalidad en la serie de tiempo, el método de cálculo es igual al método de suavización doble, solo que para su cálculo incorpora una ecuación adicional donde se determina la estacionalidad del grupo de datos y se usa esta información para estimar la demanda. (MODELOSDEPRONOSTICOS, 2016)

El efecto látigo es el fenómeno conocido en logística que se desprende de la variación presentada entre la demanda real del consumidor final y la demanda pronosticada entre los factores que intervienen en la cadena de suministro, este efecto causa grandes desajustes que repercuten en los niveles de inventario del ultimo distribuidor y de todos sus predecesores. (ATOX, 2016)

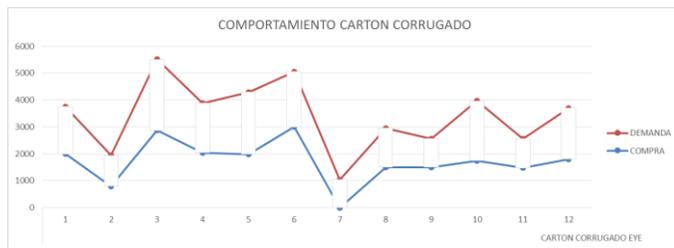
Un comportamiento notable en el análisis de los datos es El efecto Látigo, o Bullwhip Effect conocido y determinado por el fenómeno que se presenta en las cadenas de abastecimiento debido a la distorsión de la información en la predicción de la demanda, su nombre fue dado por Jay Forrester que denominó este efecto, al observar el fenómeno que causaba a lo largo de la cadena una mala decisión en el pronóstico de la demanda, el nombre fue concebido así, ya que al igual que ocurre al azotar un látigo su movimiento se trasmite a través de todo él, afectando todo el sistema, el hecho de no tener información precisa y verídica en el estudio de la demanda, provocara que se incurra en malas

decisiones en cada paso que procede a la estimación de la demanda, esto quiere decir que si las cantidades estimadas no corresponde a la realidad provocaran en los demás procesos excesos de inventarios o faltantes para el cumplimiento de la demanda, tal y como ocurre en el caso que se está analizando, esto trae a la organización costos operacionales que influirán en los precios del mercado, la distorsión de la información o la falta de comunicación para realizar un pronóstico de demanda generara que en los próximos periodos que haya influencia de malas predicciones este es el efecto látigo.

Para entender de mejor manera la gravedad de no contar con estimaciones reales se coloca el siguiente ejemplo: Si se supone que la demanda de determinado producto va a ser alta en x periodo de tiempo y llegado el momento su comportamiento no fue el esperado ocasionara según sea el caso exceso de inventarios o faltantes, que en el siguiente periodo se pueden verse reflejados por compras que sopesen los faltantes o en el caso contrario ninguna compra ya que por el manejo de inventarios se puede soportar la demanda del próximo periodo, a partir de esta continua distorsión se generaran dentro de la cadena imprecisiones en cada periodo demandado.

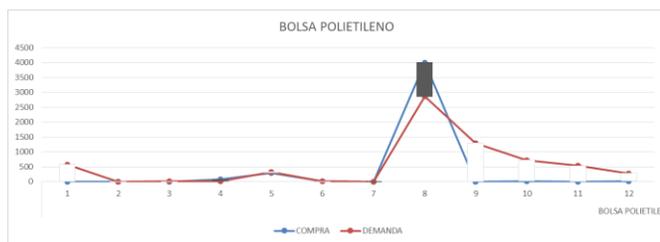
Muestra de este comportamiento en la demanda de materiales de empaque y embalaje en la empresa está dada por las siguientes gráficas, donde se

refleja la variación entre la demanda y las compras durante el último año:



**Ilustración 1 Demanda vs Compras Cartón Corrugado**  
Fuente. El Autor

Como se observa la variación en este caso siempre estuvo por debajo de la demanda que se proyectó, para el caso del cartón corrugado la variación de los datos fue de 676 Kilos.



**Ilustración 2 Demanda vs Compras Bolsa Polietileno**  
Fuente. El Autor

Para el caso de la Bolsa Polietileno Burbuja la variación estándar de los datos fue de 982 unidades.



**Ilustración 3 Demanda vs Compras Bolsa Sobreporte**  
Fuente. El Autor

Con el material Sobreporte Bolsa Nueva la variación presentada se observa más crítica, y refleja como una mala proyección desde el inicio provoca comportamientos irregulares a través de cada periodo pronosticado, para este caso la desviación estándar de los datos fue de 62,503 unidades.

Pasando al procedimiento de solicitud de recursos los inconvenientes que se encuentran en este proceso son:

Las compras son centralizadas en la ciudad de Bogotá, pero se distribuyen a nivel nacional, el motivo el proceso de compras por no incurrir en gastos ubicando proveedor para cada regional, ha preferido instaurar una política de centralización de proveedores, y asumir el costo de transporte para cada pedido.

Actualmente la empresa cuenta con una bodega de almacenamiento en cada regional las cuales están distribuidas de la siguiente manera: Regional Norte que comprende la región caribe de Colombia, Regional Antioquia – Regional Occidente comprende las ciudades de Cali, Pasto y Popayán- Regional Oriente comprende las ciudades de Bucaramanga, Tunja y Cúcuta- Regional Sur comprende las ciudades de Neiva, Florencia y Mocoa- Regional llanos comprende las ciudades de Villavicencio, Yopal y Arauca – Regional Centro que abarca los municipios de Cundinamarca – Regional Bogotá. Cada una de estas regional

maneja un comportamiento diferente de demanda, pero mensualmente se consolidan los pedidos en Bogotá para proceder a la compra de los materiales, es decir que Bogotá tan solo analiza el comportamiento de demanda de Bogotá y las demás regionales realizan la misma labor y envían sus datos recolectados para proceder desde Bogotá con el proceso de compras. En esta labor se presenta la misma falencia debido a que las demás regionales no cuentan con datos exactos de las ventas de material de empaque y embalaje y basan su demanda en lo que se consumió en el periodo anterior ocurriendo la misma problemática, esto junto a algunos inconvenientes con los proveedores de los materiales ha ocasionado problemas en la venta y reproceso en las solicitudes por parte de lo CDS, a raíz de esta problemática se quiere estandarizar a nivel nacional el mismo procedimiento para disminuir el error de predicción.

La definición de compras como lo plantea el autor (PALACIO, 2002) indica que el proceso de compras debe ser analítico y racional para lograr los mejores resultados a partir de esta actividad, considerando las compras como la actividad de adquisición de recursos para la empresa donde se debe lograr obtener productos y servicios con “la cantidad, calidad, precio, momento, sitio y proveedor justo o adecuado, buscando la máxima rentabilidad para la empresa y una motivación para que el proveedor desee seguir” (PALACIO, 2002, pág. 34).

### III. METODOLOGIA

En Servientrega se realizan compras trimestrales de los materiales de empaque y embalaje, pero sus entregas están determinadas para ser entregadas mensualmente lo cual evidencia que a pesar de que el periodo de compra abarca un trimestre, el nivel de detalle que se debe tener de la información deberá ser mes a mes con el fin de minimizar el error en el pronóstico.

La variación presentada en la demanda ha venido causando de manera creciente mala imagen frente al cliente, por el desabastecimiento en algunas referencias, y problemas internos por el exceso de inventario en otras, esto se debe en primer lugar a que no poder contar con bases confiables de información que garanticen el acierto en los pronóstico, pero también el hecho de no manejar modelos de proyección dentro del cálculo de la demanda para los periodos futuros, y realizar la función de manera ambigua basándose únicamente en el consumo del periodo anterior. Por tal razón se pretende implementar un modelo de proyección de la demanda antes de realizar las compras del periodo a seguir, este objetivo se quiere lograr mediante el uso de modelos de proyección de demanda por series de tiempo que con ayuda de la herramienta SAP brindara datos históricos más reales que disminuyan la variación de las compras vs la demanda.

Esta primera problemática de no contar con bases sólidas de información ha llevado a la empresa a

cambiar su sistema ERP, implementando en el mes de Abril de 2015 SAP.

SAP es una herramienta para la administración de procesos de las empresas, que permite realizar operaciones en tiempo real teniendo trazabilidad completa de todos los movimientos que se realizan dentro de la plataforma (SAP, 2016). A partir de la fecha de implementación se ha venido recolectando información dentro del nuevo ERP convirtiéndose de momento en la fuente más real de información con la que cuenta la compañía, es por eso que a partir de los datos recolectados en SAP se inferirá sobre el comportamiento de la demanda de los materiales de empaque y embalaje que presenta la mayor variación en compras dentro de la organización.

El ERP SAP que es conocido a nivel mundial a través de su módulo de MM en producción permite por medio de las transacciones MB52 y MB51 tomar información de los inventarios totales en cada almacén y de los movimientos de entrada y salida de cada uno de los materiales, esta información será el pilar de los históricos para proyectar la demanda en los periodos futuros, para completar la información se utilizara la transacción MIGO dentro de esta se validaran los pedidos durante el último año para cuantificar el incumplimiento en la cantidad entregada y así tener una visión completa de la necesidad de los materiales de empaque y embalaje en la organización.

Se escogieron para su análisis los siguientes materiales por ser los que mayor afectación en cuanto al nivel de PQR'S presentan dentro de la compañía, según el informe al mes de noviembre de 2016, los casos presentados por retrasos en las entregas son los siguientes:

LLAMADAS ATENDIDAS DE PQR'S					
MES	PQR CDS	FALLAS DE INVENTARIO	SOBRE PORTE BOLSA	CARTON CORRUGADO	BOLSA BURBUJA
ENERO	1132	375	127	60	56
FEBRERO	895	357	117	77	38
MARZO	1198	329	120	62	38
ABRIL	1351	279	146	71	57
MAYO	1256	302	130	72	42
JUNIO	1189	377	151	47	35
JULIO	905	290	109	58	43
AGOSTO	1040	317	139	53	45
SEPTIEMBRE	1123	397	146	78	43
OCTUBRE	1213	350	142	57	52
NOVIEMBRE	1067	280	124	68	38

**Tabla 1 Llamadas por PQR en inventario.**  
**Fuente. El Autor.**

De la información recolectada por el número de llamadas entrantes al Centro de Atención Tecnológico de la empresa el 70 % de las llamadas entrantes que reportaron falla en inventario corresponden a los materiales de empaque y embalaje: Bolsa Sobreporte Nueva, Cartón Corrugado y Bolsa Polietileno Burbuja, las fallas reportadas se deben a desabastecimiento en las referencias solicitadas por el cliente.

De acuerdo a la información registrada los materiales de empaque y embalaje que se trataran dentro del documento son los siguientes, para ello se dará una breve explicación de la importancia de cada uno:

Cartón Corrugado: Su uso es importante en la mayoría de los empaques y embalajes que se

realizan para la mercancía identificada como delicada o frágil, siendo altamente consumido por los procesos de logística de la empresa y algunos CDS que brindan este servicio, su presentación son viene en rollos de 1.5 metros de alto con un peso aproximado de 47 Kilos y un volumen de 1.2 metros cúbicos, la manipulación del material dentro del almacén dadas sus medidas se convierten en graves problemas de almacenamiento si al final del periodo el stock de mercancía está por encima de la capacidad destinada para el producto en la bodega la cual es de 3 ubicaciones de primer nivel en la estantería.

Bolsa Polietileno Burbuja: Se utiliza en todos los procesos de empaque y embalaje de mercancía delicada o frágil, y es requerida por los procesos logísticos de la compañía y algunos CDS que brindan este servicio, aunque el peso del material esta oscila entre los 7 kilos su volumen se convierte en un gran inconveniente si presenta inventarios por encima de lo destinado, la capacidad de almacenamiento dentro de la bodega está determinada por cuatro ubicaciones de primer nivel dentro de la estantería.

Sobreporte Bolsa Nueva: Este material de gran utilización por partes de los clientes corporativos en su mayoría se ha convertido en los últimos periodos en la principal alerta de la variación que presenta el plan de compras de la compañía, la función de este material de empaque y embalaje es permitir el envío de sobres o documentos y garantizar por medio de

su formato obtener el desprendible de recibido a satisfacción (*logística de retorno*), razón por la cual es comúnmente utilizado a nivel nacional.

Los datos obtenidos a partir del uso de la herramienta SAP por medio de las transacciones MB51 y MIGO que permite observar los movimientos de entrada y salida del almacén dentro determinado periodo de tiempo, son los siguientes:

MATERIAL	N	PERIODO DE TIEMPO	MES	COMPRA	DEMANDA	DIFERENCIA
CARTON CORRUGADO EYE	1	PRIMER TRIMESTRE	ENERO	2000	1750	250
	2	PRIMER TRIMESTRE	FEBRERO	800	1141	-341
	3	PRIMER TRIMESTRE	MARZO	2870	2641	229
	4	SEGUNDO TRIMESTRE	ABRIL	2040	1846	194
	5	SEGUNDO TRIMESTRE	MAYO	1982	2310	-328
	6	SEGUNDO TRIMESTRE	JUNIO	3000	2057	943
	7	TERCER TRIMESTRE	JULIO	0	1036	-1036
	8	TERCER TRIMESTRE	AGOSTO	1500	1458	42
	9	TERCER TRIMESTRE	SEPTIEMBRE	1499	1062	437
	10	CUARTO TRIMESTRE	OCTUBRE	1746	2227	-481
	11	CUARTO TRIMESTRE	NOVIEMBRE	1479	1085	394
	12	CUARTO TRIMESTRE	DICIEMBRE	1798	1900	-102

**Tabla 2 Demanda vs Compras Cartón Corrugado**  
Fuente. El Autor

MATERIAL	N	PERIODO DE TIEMPO	MES	COMPRA	DEMANDA	DIFERENCIA
BOLSA POLIETILENO BURBUJA	1	PRIMER TRIMESTRE	ENERO	0	571	-571
	2	PRIMER TRIMESTRE	FEBRERO	0	3	-3
	3	PRIMER TRIMESTRE	MARZO	0	9	-9
	4	SEGUNDO TRIMESTRE	ABRIL	72	20	52
	5	SEGUNDO TRIMESTRE	MAYO	300	330	-30
	6	SEGUNDO TRIMESTRE	JUNIO	6	10	-4
	7	TERCER TRIMESTRE	JULIO	0	0	0
	8	TERCER TRIMESTRE	AGOSTO	4000	2861	1139
	9	TERCER TRIMESTRE	SEPTIEMBRE	0	1298	-1298
	10	CUARTO TRIMESTRE	OCTUBRE	22	723	-701
	11	CUARTO TRIMESTRE	NOVIEMBRE	0	530	-530
	12	CUARTO TRIMESTRE	DICIEMBRE	20	279	-259

**Tabla 3 Demanda vs Compras Bolsa Polietileno**  
Fuente. El Autor

MATERIAL	N	PERIODO DE TIEMPO	MES	COMPRA	DEMANDA	DIFERENCIA
SOBREPORTE BOLSA NUEVA	1	PRIMER TRIMESTRE	ENERO	0	0	0
	2	PRIMER TRIMESTRE	FEBRERO	89600	0	89600
	3	PRIMER TRIMESTRE	MARZO	220900	7050	213850
	4	SEGUNDO TRIMESTRE	ABRIL	0	12880	-12880
	5	SEGUNDO TRIMESTRE	MAYO	160500	28380	132120
	6	SEGUNDO TRIMESTRE	JUNIO	0	97120	-97120
	7	TERCER TRIMESTRE	JULIO	0	78690	-78690
	8	TERCER TRIMESTRE	AGOSTO	0	80325	-80325
	9	TERCER TRIMESTRE	SEPTIEMBRE	0	90649	-90649
	10	CUARTO TRIMESTRE	OCTUBRE	83300	67410	15890
	11	CUARTO TRIMESTRE	NOVIEMBRE	154460	67390	87070
	12	CUARTO TRIMESTRE	DICIEMBRE	0	0	0

**Tabla 4 Demanda vs Compras Sobreporte Bolsa**  
Fuente. El Autor

#### IV RESULTADOS.

Contando con información más próxima a lo real y verídica, lo siguiente será consolidar los datos en

Excel para que a través de su herramienta complementaria Risk Simulator (*Simulador de Riesgo*)

El software Simulador de riesgos (Risk Simulator), es una herramienta que permite a través del Excel realizar pronósticos, simulación de Monte Carlo y optimización. Dentro de la opción de simulación de pronósticos este software permite obtener proyecciones de series de tiempo que será la metodología de solución propuesta en el artículo. (MUN, 2005)

Para hacer uso de la aplicación es necesario contar con los datos a analizar organizados según el periodo de tiempo establecido tal y como se muestra en las tablas 2, 3, y 4, se seleccionan los datos a tratar, para el caso de estudio serán los datos ubicados en la columna *Demanda*, tal y como se observa a continuación se da muestra de los resultados dados por el simulador de riesgo según los parámetros establecidos, buscando la estandarización de la demanda.

**Datos correspondientes al análisis del comportamiento del material Cartón corrugado:**

Metodologías	
<b>El Mejor Modelo: Suavizado Exponencial Doble</b>	<b>Segundo Mejor Modelo: Suavizado Exponencial Simple</b>
Alfa 0,0001	Alfa 0,0001
Beta 0,0001	RMSE 551,2626
RMSE 545,1527	MSE 303890,5004
MSE 297191,4603	MAD 495,3831
MAD 484,0214	MAPE 34,17%
MAPE 32,25%	U de Theil 0,5895
U de Theil 0,5741	
<b>Tercero Mejor Modelo: Promedio Móvil Simple</b>	<b>Cuarto Mejor Modelo: Promedio Móvil Doble</b>
3	2
RMSE 592,1312	RMSE 740,8095
MSE 350619,4074	MSE 548798,7031
MAD 495,4074	MAD 632,2500
MAPE 34,58%	MAPE 40,77%
U de Theil 0,7964	U de Theil 1,0761
<b>Quinto Mejor Modelo: Aditivo Estacional</b>	<b>Sexto Mejor Modelo: Aditivo de Holt-Winter</b>
Alfa 0,0001	Alfa 0,0001
Gamma 0,7955	Beta 0,0001
Estacionalidad 4	Gamma 0,7955
RMSE 829,2713	Estacionalidad 4
MSE 687690,8370	RMSE 829,2713
MAD 700,2360	MSE 687690,8523
MAPE 52,24%	MAD 700,2360
U de Theil 0,8434	MAPE 52,24%
	U de Theil 0,8434
<b>Séptimo Mejor Modelo: Multiplicativo Estacional</b>	<b>Octavo Mejor Modelo: Multiplicativo de Holt-Winter</b>
Alfa 0,0001	Alfa 0,0001
Gamma 0,7955	Beta 0,0001
Estacionalidad 4	Gamma 0,7955
RMSE 829,3315	Estacionalidad 4
MSE 687790,7863	RMSE 829,3315
MAD 700,2807	MSE 687790,8160
MAPE 52,24%	MAD 700,2807
U de Theil 0,8435	MAPE 52,24%
	U de Theil 0,8435

Suavizado Exponencial Doble	
<b>Resumen Estadístico</b>	
Alfa, Beta	RMSE
0,00, 0,00	545,1524
0,10, 0,10	578,262
0,20, 0,20	618,862
0,30, 0,30	666,817
0,40, 0,40	725,818
0,50, 0,50	793,763
0,60, 0,60	848,607
0,70, 0,70	897,664
0,80, 0,80	9370,333
0,90, 0,90	1362,598
1,00, 1,00	1635,362

El análisis se llevó a cabo con  $\alpha = 0,0001$ , y  $\beta = 0,0001$

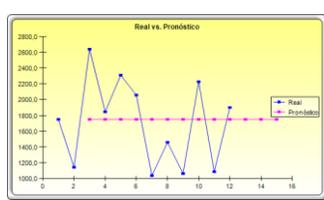
**Resumen del Análisis de Series de Tiempo**  
 El método de suavizado exponencial doble se utiliza cuando los datos muestran una tendencia pero no una estacionalidad. Este modelo no es apropiado cuando se quieren predecir datos transitorios. El suavizado exponencial doble aplica una suavización simple dos veces, una vez para los datos originales, y luego para los resultados del suavizado simple de los datos. Una ponderación alta como parámetro se utiliza en el primer suavizado o el simple (SES) mientras una ponderación beta como parámetro se utiliza en el segundo o suavizado exponencial doble (SED), un valor bajo de beta otorga menos peso a las tendencias más recientes y un valor elevado de beta le otorga un mayor peso a estas tendencias. Este suavizado es el mejor cuando los datos son históricos y no estacionales. El programa encuentra los parámetros óptimos para  $\alpha$  y  $\beta$  automáticamente a través de un proceso de optimización que minimiza los errores de pronóstico.

La prueba que mejor se ajusta para el pronóstico del promedio móvil simple es la media de la raíz cuadrada de los errores al cuadrado (RMSE - Root Mean Squared Error). La RMSE calcula la raíz cuadrada de la desviación al cuadrado promedio de los valores ajustados contra los datos actuales.

El Error Cuadrático Medio (MSE - Mean Squared Error) es una medida de error absoluto que ajusta los errores (la diferencia entre los datos históricos y los datos del pronóstico ajustados pronosticados por el modelo) para prevenir que los errores positivos y negativos se cancelen entre sí. Esta medida también tiende a exagerar errores grandes ponderándolos con mayor importancia que los errores pequeños, cuadrándolos, lo cual puede resultar cuando se comparan diferentes modelos de series de tiempo. El Error de la Media al Cuadrado (RMSE) es la raíz cuadrada del MSE y es la medida más popular de error, también conocida como función de pérdida cuadrática. El RMSE puede definirse como el promedio de los valores absolutos de los errores del pronóstico y es muy apropiado cuando el costo de los errores del pronóstico es proporcional al tamaño absoluto del error del pronóstico. El RMSE se utiliza como un criterio de selección para el mejor ajuste de modelos de series de tiempo.

El Porcentaje de la Media del Error Absoluto (MAPE - Mean Absolute Percentage Error) es una medida estadística de error relativo, como un porcentaje promedio del error de los datos históricos y es más apropiado cuando el costo de los errores del pronóstico tiene una relación más cercana al porcentaje del error que a un valor numérico de error. Finalmente, una medida asociada es la estadística de la U de Theil, la cual mide la credibilidad del pronóstico del modelo. Es decir, si la estadística de la U de Theil es menor a 1,0, entonces el método utilizado para el pronóstico proporciona un estimado que es estadísticamente mejor que adivinar.

Periodo	Real	Pronóstico Ajustado	Medidas de Error
1	1750,00		RMSE 545,1527
2	1141,00		MSE 297191,4603
3	2641,00	1749,94	MAD 484,0214
4	1846,00	1750,03	MAPE 32,25%
5	2310,00	1750,04	U de Theil 0,5741
6	2027,00	1750,09	
7	1036,00	1750,12	
8	1458,00	1750,05	
9	1050,00	1750,00	
10	10227,00	1749,96	
11	1085,00	1750,00	
12	1900,00	1749,94	
Pronóstico13		1749,95	
Pronóstico14		1749,95	
Pronóstico15		1749,95	



**Ilustración 4 Resultado de la proyección Cartón Corrugado**  
 Fuente. El Autor

Se observa que el mejor método para el comportamiento de la demanda del Cartón Corrugado es la Suavización Exponencial Doble, esto se debe a que fue el método que menor MAPE

(Variación entre lo Real y lo estimado) (SIPPPER, 1998) presento en el análisis de los datos históricos, en base a este modelo se pronostica el siguiente periodo, como lo que se busca es estandarizar la demanda el valor promedio que más se ajusta en este caso es la cantidad de 1750 kilos mensuales.

### Datos correspondientes al análisis del comportamiento del material Bolsa Polietileno Burbuja:

#### Metodologías

##### El Mejor Modelo: Suavizado Exponencial Simple

Alfa	0,0001
RMSE	827,0615
MSE	684030,6809
MAD	595,9660
MAPE	6553500,00%
U de Theil	65535,0000

##### Segundo Mejor Modelo: Suavizado Exponencial Doble

Alfa	0,0001
Beta	0,0001
RMSE	848,6291
MSE	720171,3924
MAD	598,7626
MAPE	6553500,00%
U de Theil	65535,0000

##### Tercero Mejor Modelo: Promedio Móvil Simple

2	
RMSE	1029,5225
MSE	1059916,6250
MAD	611,5500
MAPE	6553500,00%
U de Theil	65535,0000

##### Cuarto Mejor Modelo: Aditivo Estacional

Alfa	0,1934
Gamma	0,0001
Estacionalidad	4
RMSE	1029,7914
MSE	1060470,3362
MAD	493,3246
MAPE	6553500,00%
U de Theil	65535,0000

##### Quinto Mejor Modelo: Aditivo de Holt-Winter

Alfa	0,1934
Beta	0,0001
Gamma	0,0001
Estacionalidad	4
RMSE	1029,7994
MSE	1060486,8295
MAD	493,3558
MAPE	6553500,00%
U de Theil	65535,0000

##### Sexto Mejor Modelo: Multiplicativo de Holt-Winter

Alfa	0,0046
Beta	1,0000
Gamma	0,0086
Estacionalidad	4
RMSE	1052,7832
MSE	1108352,3840
MAD	539,9774
MAPE	6553500,00%
U de Theil	65535,0000

##### Séptimo Mejor Modelo: Multiplicativo Estacional

Alfa	0,0094
Gamma	0,0297
Estacionalidad	4
RMSE	1053,7020
MSE	1110288,0031
MAD	541,4297
MAPE	6553500,00%
U de Theil	65535,0000

##### Octavo Mejor Modelo: Promedio Móvil Doble

2	
RMSE	1789,1396
MSE	3201020,5547
MAD	1457,2813
MAPE	6553500,00%
U de Theil	65535,0000

#### Suavizado Exponencial Simple

##### Resumen Estadístico

alfa	RMSE	alfa	RMSE
0,00	827,020	0,60	937,683
0,10	860,043	0,70	953,794
0,20	881,431	0,80	973,437
0,30	897,597	0,90	997,329
0,40	911,223	1,00	1026,049
0,50	924,005		

El análisis se llevó a cabo con alfa = 0,0001

##### Resumen del Análisis de Series de Tiempo

El método de suavizamiento exponencial simple se utiliza cuando los datos de una serie de tiempo no muestran una tendencia o una estacionalidad. Este modelo no es apropiado cuando se quieren predecir datos transversales. Este método tiene en cuenta que la influencia de una variable disminuye de manera exponencial con el paso del tiempo, asignando entonces ponderaciones exponenciales decrecientes a los datos pasados; es decir, entre más nuevo es el valor, mayor es su peso. Esta ponderación supera las limitaciones del promedio móvil o el porcentaje de cambio porcentual. La medida estadística utilizada como medida principal en este modelo es el parámetro alfa o constante de suavizamiento, el cual asigna distintos pesos a los periodos pasados, y se ubica entre 0 y 1 (entre más alto es el valor, mayor peso se asigna a los periodos recientes). El programa encuentra los parámetros alfa automáticamente a través de un proceso de optimización que minimiza los errores de pronósticos.

La prueba que mejor se ajusta para el pronóstico del promedio móvil simple es la media de la raíz cuadrada de los errores al cuadrado (RMSE - Root Mean Squared Error). La RMSE calcula la raíz cuadrada de la desviación al cuadrado promedio de los valores ajustados contra los datos actuales.

El Error Cuadrático Medio (MSE - Mean Squared Error) es una medida de error absoluto que ajusta los errores (la diferencia entre los datos históricos y los datos del pronóstico ajustados pronosticados por el modelo) para prevenir que los errores positivos y negativos se cancelen entre sí. Esta medida también tiende a exagerar errores grandes ponderándolos con mayor importancia que los errores pequeños, cuadráticos, lo cual puede ayudar cuando se comparan diferentes modelos de series de tiempo. El Error de la Media al Cuadrado (RMSE) es la raíz cuadrada del MSE y es la medida más popular de error, también conocida como función de pérdida cuadrática. El RMSE puede definirse como el promedio de los valores absolutos de los errores del pronóstico y es muy apropiado cuando el costo de los errores del pronóstico es proporcional al tamaño absoluto del error del pronóstico. El RMSE se utiliza como un criterio de selección para el mejor ajuste de modelos de series de tiempo.

El Porcentaje de la Media del Error Absoluto (MAPE - Mean Absolute Percentage Error) es una medida estadística de error relativo, como un porcentaje promedio del error de los datos históricos y es más apropiado cuando el costo de los errores del pronóstico tiene una relación más cercana al porcentaje del error que a un valor numérico de error. Finalmente, una medida asociada es la estadística de la U de Theil, la cual mide la credibilidad del pronóstico del modelo. Es decir, si la estadística de la U de Theil es menor a 1,0, entonces el método utilizado para el pronóstico proporciona un estimado que es estadísticamente mejor que adivinar.

Periodo	Real	Pronóstico Ajustado	Medidas de Error
1	571,00		RMSE 827,0615
2	3,00	571,00	MSE 684030,6809
3	9,00	570,94	MAD 595,9660
4	20,00	570,89	MAPE ---
5	330,00	570,83	U de Theil 65535,0000
6	10,00	570,81	
7	0,00	570,75	
8	2861,00	570,69	
9	1296,00	570,92	
10	723,00	571,00	
11	530,00	571,01	
12	279,00	571,01	
Pronóstico13		570,98	
Pronóstico14		570,98	
Pronóstico15		570,98	

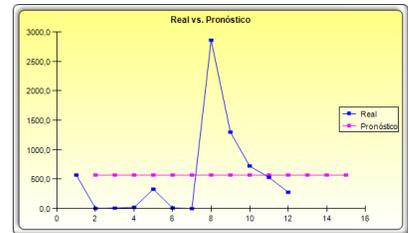


Ilustración 5 Resultado de la proyección Bolsa Polietileno Fuente. El Autor

Para el caso de la Bolsa Polietileno Burbuja, el simulador de riesgo propone al método de suavización exponencial por ser el que menor MAPE presenta arrojando una proyección para los próximos periodos de 571 unidades al mes, en este caso en particular corresponde a quien haga el análisis de datos observar si esta es la solución óptima de demanda ya que el comportamiento irregular de los datos históricos evidencian una variabilidad alta que complica su proyección.

### Datos correspondientes al análisis del comportamiento del material Sobreporte Bolsa Nueva:

**Metodologías**

El Mejor Modelo: Multiplicativo de Holt-Winter		Segundo Mejor Modelo: Suavizado Exponencial Simple	
Alfa	0,1180	Alfa	0,9660
Beta	0,1180	RMSE	30996,4272
Gamma	0,1180	MSE	960778498,2657
Estacionalidad	4	MAD	19702,3495
RMSE	28380,0000	MAPE	6553500,00%
MSE	805424400,0000	U de Theil	65535,0000
MAD	28380,0000		
MAPE	100,00%		
U de Theil	1,8310		

Tercero Mejor Modelo: Suavizado Exponencial Doble		Cuarto Mejor Modelo: Promedio Móvil Simple	
Alfa	0,5440	Alfa	2
Beta	1,0000	RMSE	34304,1393
RMSE	32242,5373	MSE	1176773976,1500
MSE	1039581212,4033	MAD	24308,8000
MAD	25632,7429	MAPE	6553500,00%
MAPE	6553500,00%	U de Theil	65535,0000
U de Theil	65535,0000		

Quinto Mejor Modelo: Aditivo Estacional		Sexto Mejor Modelo: Aditivo de Holt-Winter	
Alfa	1,0000	Alfa	0,5213
Gamma	0,0001	Beta	0,9324
Estacionalidad	4	Gamma	0,2670
RMSE	39823,1578	Estacionalidad	4
MSE	1585883895,6876	RMSE	41686,7979
MAD	31690,9985	MSE	1737789118,1416
MAPE	6553500,00%	MAD	36305,2681
U de Theil	1,1995	MAPE	6553500,00%
		U de Theil	1,1979

Séptimo Mejor Modelo: Promedio Móvil Doble		Octavo Mejor Modelo: Multiplicativo Estacional	
Alfa	2	Alfa	0,5000
RMSE	46101,7138	Gamma	0,5000
MSE	2125368013,2422	Estacionalidad	4
MAD	39578,3438	RMSE	65535,0000
MAPE	6553500,00%	MSE	65535,0000
U de Theil	1,1777	MAD	65535,0000
		MAPE	6553500,00%
		U de Theil	65535,0000

**Multiplicativo de Holt-Winter**

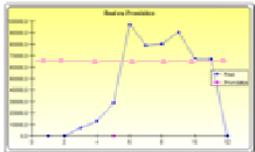
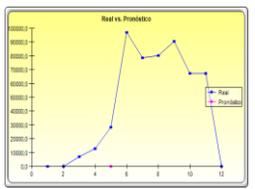
Resumen Estadístico			
Alfa, Beta, Gamma	RMSE	Alfa, Beta, Gamma	RMSE
0,00, 0,00, 0,00	28380,0000	0,00, 0,00, 0,00	28380,0000
0,10, 0,10, 0,10	28380,0000	0,10, 0,10, 0,10	28380,0000
0,20, 0,20, 0,20	28380,0000	0,20, 0,20, 0,20	28380,0000
0,30, 0,30, 0,30	28380,0000	0,30, 0,30, 0,30	28380,0000
0,40, 0,40, 0,40	28380,0000	0,40, 0,40, 0,40	28380,0000
0,50, 0,50, 0,50	28380,0000		

**Resumen del Análisis de Series de Tiempo**  
 Cuando existe estacionalidad y tendencia, los métodos más sencillos requieren decomponer los datos en sus elementos base o componentes: un nivel base (L) ponderado por el parámetro Alfa, un componente de tendencia (T) ponderado por el parámetro Beta, y un componente de estacionalidad (S) ponderado por el parámetro Gamma. Existen varios métodos pero los dos más comunes son el aditivo de estacionalidad de Holt-Winter y el método multiplicativo de estacionalidad de Holt-Winter. En el método aditivo de Holt-Winter, el nivel base para el caso de estacionalidad y las tendencias se añaden al mismo tiempo para obtener el pronóstico ajustado. Se utiliza cuando la serie tiene un patrón estacional creciente.  
 La prueba que mejor se ajusta para el pronóstico del promedio móvil simple es la medida de la raíz cuadrada de los errores al cuadrado (RMSE). Root Mean Squared Error). La RMSE calcula la raíz cuadrada de la desviación al cuadrado promedio de los valores ajustados contra los datos actuales.

El Error Cuadrático Medio (MSE - Mean Squared Error) es una medida de error absoluto que ajusta los errores de diferencia entre los datos históricos y los datos del pronóstico ajustado pronosticados por el modelo para prevenir que los errores positivos y negativos se cancelen entre sí. Esta medida también tiende a exagerar errores grandes pronosticados con mayor importancia que los errores pequeños, cuadráticos. Lo cual puede ayudar cuando se comparan diferentes modelos de series de tiempo. El Error de la Medida al Cuadrado (RMSE) es la raíz cuadrada del MSE y es la medida más popular de error, también conocida como función de pérdida cuadrática. El RMSE puede definirse como el promedio de los valores absolutos de los errores del pronóstico y es muy apropiado cuando el costo de los errores del pronóstico es proporcional al tamaño absoluto del error del pronóstico. El RMSE se utiliza como un criterio de selección para el mejor ajuste de modelos de series de tiempo.

El Promedio de la Medida del Error Absoluto (MAPE - Mean Absolute Percentage Error) es una medida estadística de error relativo, como un porcentaje promedio del error de los datos históricos y es más apropiado cuando el costo de los errores del pronóstico tiene una relación más cercana al porcentaje del error que a un valor numérico de error. Finalmente, una medida asociada es la estadística de la U de Theil, la cual mide la credibilidad del pronóstico del modelo. Es decir, si la estadística de la U de Theil es menor a 1,0, entonces el método utilizado para el pronóstico proporciona un estimado que es estadísticamente mejor que el actual.

Periodo	Real	Pronóstico Ajustado	Medidas de Error
1	0,00		RMSE
2	0,00		MSE
3	100,00		MAD
4	12880,00		MAPE
5	28380,00	0,00	U de Theil
6	67200,00		
7	78930,00		
8	80530,00		
9	80648,00		
10	81410,00		
11	67300,00		
12	0,00		



**Ilustración 6 Resultado de la proyección Sobrereporte Bolsa**  
**Fuente. El Autor**

Para el Sobrereporte Bolsa Nueva se propone el uso del método Winter, con una proyección de demanda de 65,535 unidades para los siguientes meses.

Con los nuevos pronósticos de demanda establecidos se obtendrán mejoras en la disminución de PQR que afectan directamente la imagen de la empresa frente al cliente, con una reducción de hasta el 58% resultante de las variaciones que se presentaban en la proyección de la demanda, frente a las que se establecieron después de la utilización de los métodos de series de tiempo aplicados.

El cálculo se realizó a partir de la diferencia entre lo que se pronosticó con ayuda del simulador y el histórico de compras, tal y como se muestra en las siguientes tablas:

<b>CARTON CORRUGADO</b>	
DESVIACION	673,08
DESVIACION PRONOSTICO	380,65
<b>DISMINUCION DEL ERROR</b>	<b>57%</b>

**Tabla 5 Comparación Desviación de los datos Actuales vs Pronosticados para el material Cartón Corrugado.**

**Fuente. El Autor**

<b>BOLSA POLIETILENO BURBUJA</b>	
DESVIACION	982,28
DESVIACION PRONOSTICO	571,86
<b>DISMINUCION DEL ERROR</b>	<b>58%</b>

**Tabla 6 Comparación Desviación de los datos Actuales vs Pronosticados para el material Bolsa Polietileno.**

**Fuente. El Autor**

<b>SOBREPORTE BOLSA NUEVA</b>	
DESVIACION	62503,79
DESVIACION PRONOSTICO	29298,48
<b>DISMINUCION DEL ERROR</b>	<b>47%</b>

**Tabla 7 Comparación Desviación de los datos Actuales vs Pronosticados para el material Sobrereporte Bolsa.**

**Fuente. El Autor**

A nivel de inventario la rotación de estas referencias Muestran la siguiente mejoría:

<b>CARTON CORRUGADO</b>	
<b>ROTACION ANTERIOR</b>	<b>ROTACION PRONOSTICO</b>
100%	100%
143%	65%
92%	151%
90%	105%
117%	132%
69%	118%
N/A	59%
97%	83%
71%	61%
128%	127%
73%	62%
106%	109%

**Tabla 8 Comparación Rotación del inventario Actual vs Pronosticado para el material Cartón Corrugado.**  
Fuente. El Autor

<b>BOLSA POLIETILENO BURBUJA</b>	
<b>ROTACION ANTERIOR</b>	<b>ROTACION PRONOSTICO</b>
N/A	100%
N/A	1%
N/A	2%
28%	4%
110%	58%
167%	2%
N/A	0%
72%	501%
N/A	227%
3286%	127%
N/A	93%
1395%	49%

**Tabla 9 Comparación Rotación del inventario Actual vs Pronosticado para el material Bolsa Polietileno.**  
Fuente. El Autor

<b>SOBREPORTE BOLSA NUEVA</b>	
<b>ROTACION ANTERIOR</b>	<b>ROTACION PRONOSTICO</b>
N/A	0%
0%	0%
3%	11%
N/A	20%
18%	43%
N/A	148%
N/A	120%
N/A	123%
N/A	138%
81%	103%
44%	103%
N/A	0%

**Tabla 10 Comparación Rotación del inventario Actual vs Pronosticado para el material Sobreporote Bolsa.**  
Fuente. El Autor.

Como se evidencia en las tablas descritas establecer un nivel de rotación con la variación de llegada de pedidos se hacía incalculable en algunos periodos, planificando compras estandarizadas se puede establecer un comportamiento de rotación más acorde a la realidad de cada producto.

## V. CONCLUSIONES

El uso de métodos de serie de tiempo aplicados a la problemática presentada en la variación de las compras de elementos de empaque y embalaje de la empresa, y con el uso del simulador de riesgo hasta una disminución del 58% en las PQR que miden las falencias en inventario, en comparación con los datos reales del último año.

Se podrá medir la rotación de los inventarios a partir de las proyecciones estandarizadas resultantes del análisis por series de tiempo, y a partir de estos resultados analizar la situación de almacenamiento de la empresa.

El uso del ERP como fuente de información, permitió que la desviación en los datos se disminuyera hasta en 58% en comparación al histórico que venía manejando la compañía.

## VI. REFERENCIAS

1. ATOX. (20 de NOVIEMBRE de 2016). atoxgrupo. Obtenido de atoxgrupo: <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/efecto-latigo>
2. CABA, N., OSWALDO, C., & TOMAS, F. (2011). GESTION DE LA PRODUCCION Y OPERACIONES. MADRID: EUMED.
3. INGENIERIAINDUSTRIALONLINE. (5 de DICIEMBRE de 2016). ingenieriaindustrialonline. Obtenido de ingenieriaindustrialonline: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/pron%C3%B3stico-de-ventas/suavizaci%C3%B3n-exponencial-doble/>
4. LOKAD. (20 de NOVIEMBRE de 2016). LOKAD. Obtenido de LOKAD: <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/efecto-latigo>
5. MODELOSDEPRONOSTICOS. (5 de DICIEMBRE de 2016). <http://modelosdepronosticos.info/>. Obtenido de [http://modelosdepronosticos.info/metodo\\_de\\_suavizacion\\_exponencial\\_triple\\_metodo\\_de\\_winter.html](http://modelosdepronosticos.info/metodo_de_suavizacion_exponencial_triple_metodo_de_winter.html)
6. MUN, J. (2005). SIMULADOR DE RIESGO MANUAL DEL USUARIO EN ESPAÑOL. DUBLIN: REAL OPTIONS VALUATION INC.
7. PALACIO, A. M. (2002). CONCEPTOS MODERNOS DE ADMINISTRACION DE COMPRAS. BOGOTA: EDITORIAL NORMA S.S.

8. SAP. (21 de 11 de 2016). SAP. Obtenido de SAP: <http://go.sap.com/corporate/en.html>

9. SIPPPE, D. (1998). PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION. MEXICO DF: McGraw-Hill.

## AUTOR

Rigoberto Moreno Arenas.

Ingeniero Industrial.

Especialización en Gerencia en logística Integral.

Universidad Militar Nueva Granada.

Bogotá.

2016.