



# **DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTION DE INVENTARIOS PARA EMPRESAS PYMES IMPORTADORAS. EL CASO QUALYTEX**

**Autor: Leonel Javier Derrah**

**Tutor: Santiago Alem**

**Febrero 2019**

**Escuela de Negocios UTDT**

## 1. RESUMEN

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) desempeñan un importante papel en la economía de los países. Contribuyen de forma importante a la creación de nuevos puestos de trabajo, al crecimiento de la economía y también al progreso tecnológico. Su competitividad depende, fundamentalmente de la visión de su fundador, la inversión en conocimiento y tecnología y de su capacidad de innovación y adaptación a los cambios. En Argentina las pymes representan el 44% del producto bruto interno (PBI), explican más del 70% del empleo privado y son las que exportan con mayor valor agregado<sup>1</sup>. El uso de herramientas de gestión les permite mejorar sus resultados lo que redundará en un impacto positivo para la economía del país.

Las pymes enfrentan grandes desafíos en la gestión de sus inventarios y su mala administración puede resultar en desequilibrios en los niveles de inventarios que conlleva a pérdida de ventas, bajo nivel de servicio al cliente y mayores costos. La aplicación de distintos modelos puede facilitar y optimizar la toma de decisiones basadas en el análisis de costos de adquirir y mantener inventarios, permitiéndole a las compañías tomar mejores decisiones sobre sus existencias.

Este trabajo examina en forma empírica el impacto de implementar un modelo de gestión de inventarios en empresas pymes dedicadas a la importación y distribución que cuentan con una cantidad pequeña de artículos, y que debido al alto grado de informalidad con el que trabajan y el bajo nivel de profesionalización, no cuentan con herramientas que les permitan tomar decisiones eficientes.

Para realizar el estudio se trabajó con el caso de QUALYTEX, una empresa argentina dedicada a la importación y distribución textil. Por ser una empresa importadora y debido a la lejanía con los centros de producción de Oriente, en donde cuenta con sus proveedores, existe una tendencia a almacenar altos niveles de inventarios para mantener las ventas, así como también la mala planificación de la demanda y los tiempos de abastecimiento provocan faltante de inventarios en algunos períodos de tiempo. Esta necesidad de tener altos niveles de inventario genera altos costos financieros y operativos que impactan en la liquidez. Asimismo, la falta de inventarios provoca pérdida de ventas, afectando el resultado de la compañía

En este trabajo se aplicaron en forma empírica dos modelos de gestión de inventarios que responden al tipo de características de las pymes analizadas en este trabajo, en vistas a identificar el más eficiente desde el punto de vista de los costos y el ajuste operativo. Para ello se trabajó con información histórica de ventas, inventarios, costos de QUALYTEX y se aplicaron empíricamente el modelo de lote óptimo de pedido (EOQ por sus siglas en inglés) con revisión continua y el modelo

---

<sup>1</sup> <https://www.lanacion.com.ar/economia/apoyar-a-las-pymes-clave-para-alcanzar-el-desarrollo-nid2147732>

de revisión periódica. Posteriormente a la elección del modelo de gestión de inventarios se estimaron los potenciales beneficios de su implementación.

## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN</b> .....	2
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	8
3.1. Determinación del modelo de gestión de inventarios .....	8
3.2. Modelo EOQ con revisión continua (Q) .....	9
3.3. Modelo de gestión de inventarios con revisión periódica (P).....	15
3.4. Comparativa de sistema de revisión continua y revisión periódica .....	16
<b>4. MARCO EMPÍRICO</b> .....	18
4.1. Introducción a QUALYTEX.....	18
4.2. Diagnóstico de la gestión de inventarios en QUALYTEX .....	20
4.3. Análisis ABC.....	21
4.4. Modelo EOQ con revisión continua (Q) .....	22
4.5. Modelo de revisión periódica (P).....	28
<b>5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS</b> .....	31
5.1. Costo total anual comparado modelo Q vs. modelo P .....	31
5.2. Beneficios de implementar el modelo de inventario con revisión periódica (P).....	32
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	35
<b>7. GLOSARIO</b> .....	37
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	39
<b>9. ANEXOS</b> .....	40

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Árbol de decisión para la elección de un modelo de gestión de inventarios</i> .....	9
<i>Figura 2. Funcionamiento modelo EOQ</i> .....	10
<i>Figura 3. Costo total anual vs. cantidad de pedido</i> .....	11
<i>Figura 4. Sistema de revisión continua (Q) con demanda y lead time constantes</i> .....	12
<i>Figura 5. Sistema de revisión continua (Q) con demanda y lead time variables</i> .....	14
<i>Figura 6. Sistema de revisión periódica (P) con demanda y lead time variables</i> .....	15
<i>Figura 7. Diferencias entre sistema de revisión continua (Q) y sistema de revisión periódica (P)</i> ..	17
<i>Figura 8. Evolución ventas anuales y evolución artículos</i> .....	19
<i>Figura 9. Cantidad artículos por rango de días de inventario</i> .....	19
<i>Figura 10. Funcionamiento modelo EOQ con revisión continua para el artículo 50 – BL</i> .....	28
<i>Figura 11. Funcionamiento modelo de revisión fija para el artículo 50 – BL</i> .....	30

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clasificación ABC total por grupo</i> .....	22
<i>Tabla 2. Composición artículos clase A</i> .....	22
<i>Tabla 3. Composición costo de pedido</i> .....	24
<i>Tabla 4. Cálculo EOQ</i> .....	25
<i>Tabla 5. Cálculo inventario de seguridad</i> .....	27
<i>Tabla 6. Cálculo punto de reorden (ROP)</i> .....	27
<i>Tabla 7. Cálculo inventario de seguridad y nivel de inventario deseado (T)</i> .....	29
<i>Tabla 8. Costo total anual de cada los sistemas de gestión de inventarios P y Q sobre el total de artículos</i> .....	31
<i>Tabla 9. Calculo inventario promedio diferencial</i> .....	33
<i>Tabla 10. Variación esperada de flujos de fondos y cálculo del NPV (USD)</i> .....	34

## 2. INTRODUCCIÓN

La gestión de inventarios puede ser un diferencial para las compañías y el determinante del éxito o fracaso de éstas. En un mundo de constantes cambios a nivel tecnología y gustos de los consumidores, predecir la demanda es cada vez una tarea más difícil e incierta.

Cuando se toma la decisión de cuánto comprar o cuándo fabricar para un determinado producto que luego se venderá, no se sabe exactamente cuál será la demanda de nuestros clientes. Sin embargo, se puede tomar la decisión de compra basándose en datos históricos-si es que se los tiene- y calcular la demanda promedio y su desvío estándar en un período de tiempo determinado. El desvío de la demanda es una medida de incertidumbre a la cual se enfrenta la empresa y sobre la cual se tendrá que trabajar para minimizar sus efectos.

El resultado de una mala predicción de la demanda puede generar altos costos. Si se abastece de un producto porque se cree que se iba a vender más de lo que luego los clientes compraron, se tendrá que liquidar estos productos a precios más bajos que los iniciales reduciendo la rentabilidad del negocio. A lo anterior, se suma el costo de oportunidad asociado a dejar de vender otros productos y/o de realizar una inversión alternativa. En el caso contrario, cuando se subestime la demanda y quedaran clientes sin comprar unidades se dejará de percibir la ganancia asociada a estas transacciones no realizadas, así como también se tendrá un impacto negativo sobre el nivel de satisfacción de los clientes que no pudieron comprar y quizás lo hagan a la competencia.

Los inventarios de una empresa requieren la decisión de inversión de dinero que no estará disponible para otro fin durante un período de tiempo determinado y por lo tanto tienen un costo de capital que podría utilizarse para otro destino. Al costo de capital hay que añadir los costos de mantenimiento de inventarios como ser costos de almacenamiento, seguros, mermas y obsolescencia.

Sin embargo, existen motivos por los que no es posible reducir los niveles de inventarios a cero. Las empresas necesitan tener productos disponibles en sus puntos de ventas para generar ingresos y un desabastecimiento implica ventas perdidas que impactan no solo en la facturación de la empresa, sino también en el nivel de servicio que reciben los clientes. De este modo, repercuten en la imagen de la empresa y la confianza de los clientes.

Por lo tanto, el desafío no será reducir el nivel de inventarios a la mínima expresión para bajar costos o tener un exceso de éstos para satisfacer todas las demandas posibles. Se buscará mantener la cantidad adecuada de inventarios para alcanzar los objetivos de la empresa de la forma más eficiente posible.

Por todo lo dicho anteriormente surgen algunas preguntas que se proponen responder a lo largo de esta tesis. Las mismas se detallan a continuación.

*¿Por qué es importante para una empresa pyme dedicada a la importación y distribución optimizar la gestión de sus inventarios?*

Actualmente muchas compañías pymes no cuentan con ningún proceso para la gestión de inventarios que le permitan identificar cuáles son aquellos productos que deberán tener un mayor grado de seguimiento e importancia, planificar la demanda de cada producto, conocer la cantidad a comprar en cada nueva orden y el momento en que se deberá hacer un nuevo pedido, cuál es el inventario de seguridad que deberá mantener para no perder ventas durante los períodos de reposición. Esto conlleva a tomar malas decisiones que impactan que negativamente en el resultado de la compañía, y que se considera, es una situación que puede ser mejorada a través de la implementación de un modelo de gestión de inventarios.

*¿Cuál es el mejor modelo de gestión de inventarios?*

Se describirán teóricamente los principales modelos para la gestión de inventarios de los cuales se seleccionarán aquellos que por sus características son aplicables al caso de estudio. Posteriormente, se trabajarán con datos históricos de QUALYTEX como ventas, inventarios, costos, y se aplicarán los mismos en los modelos de gestión de inventario EOQ con revisión continua y revisión periódica. A partir de los resultados obtenidos se seleccionará el mejor modelo a implementar.

*¿Cuál es el beneficio de implementar un modelo de gestión de inventarios?*

Con el modelo de gestión de inventarios definido se buscará identificar y cuantificar beneficios de su implementación comparando la situación actual del caso de estudio que no cuenta con una herramienta de gestión de inventarios.

*¿Cuáles son los aprendizajes que arroja este estudio en vistas a la implementación de sistemas de gestión de inventarios en pymes orientadas a la importación y distribución?*

Este trabajo no solo se propone describir y analizar el caso QUALYTEX, sino que también busca que empresas pymes de similares características puedan comprender el valor y el diferencial que aporta la implementación de un modelo de gestión de inventarios.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. *Determinación del modelo de gestión de inventarios*

Existen distintos modelos que pueden ser utilizados para gestionar los inventarios de una organización cuya elección dependerá de dos factores. El primer factor por considerar es el ciclo de vida del producto y, por ende, la posibilidad de reponer el mismo en un período fijo de tiempo. El segundo factor por determinar será el evento que dispara la reposición en caso de poder hacerlo.

##### **Ciclo de vida del producto**

La posibilidad de reponer un producto dependerá del ciclo de vida y de los tiempos de reposición. Para poder reponer un producto su ciclo de vida tiene que ser lo suficientemente largo tal que permita observar su demanda, realizar un pedido de reposición y ponerlo nuevamente a disposición de los clientes para ser vendido. Así es como se puede dividir a los productos según su ciclo de vida en dos: inventario de período único de reposición e inventario de período de reposición múltiple

El inventario de período único de reposición es aquel que no se puede reponer, debido a que su ciclo de vida es muy corto o los tiempos de reposición son muy largos. En estos casos las unidades que sean vendidas deberán ser liquidadas o descartadas ya que no podrán ser vendidas en el próximo período de comercialización. El ejemplo más claro de esto es el periódico de noticias, el cual tiene un período de comercialización corto de un día, y debido a las características de su producción y distribución no es posible reponer más cantidades a partir de la demanda observada en el día.

El inventario de período de reposición múltiple permite realizar reposiciones a lo largo de distintos períodos de comercialización, ya sea porque el ciclo de vida es largo o porque su período de reposición lo permite.

##### **Disparador de reposiciones**

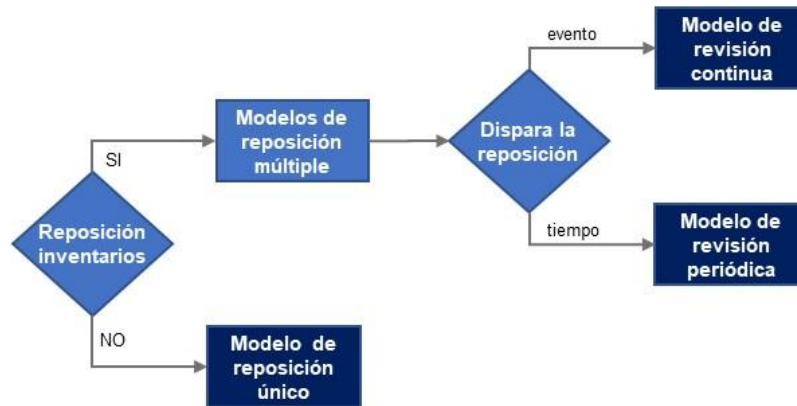
En caso de tratarse de un producto de reposición múltiple el disparador de una reposición puede ser un evento o el paso del tiempo.

En el sistema de revisión continua, se realiza un monitoreo constante del nivel de inventario del producto y cuando el mismo cae por debajo de un nivel previamente determinado se tendrá que realizar un pedido de reposición. El nivel de inventario que dispara la reposición es conocido como punto de reorden (ROP por sus siglas en inglés). En cambio, en el sistema de revisión periódica, se controla el nivel de inventario en forma periódica previamente establecida. Este sistema ayuda a simplificar la programación de las entregas ya que establece una rutina.



La Figura 1 resume la decisión de qué modelo de gestión de inventario utilizar según el tipo de reposición que tiene el producto y el evento que la dispara.

**Figura 1.** Árbol de decisión para la elección de un modelo de gestión de inventarios



Fuente: Shapiro R. D. (2013); "Managing Inventory", Harvard Business Publishing.

### 3.2. Modelo EOQ con revisión continua (Q)

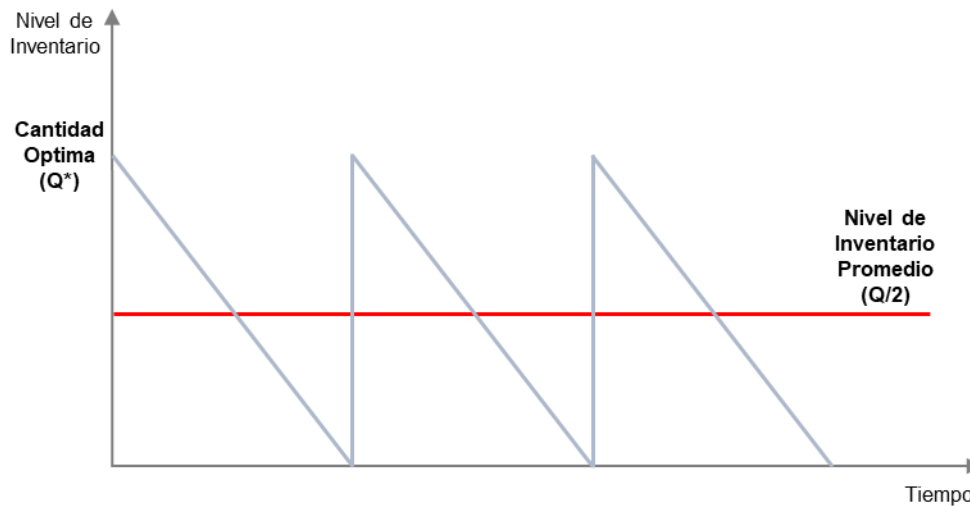
Las organizaciones tienen incentivos contrapuestos de mantener inventarios bajos para minimizar su costo de mantenimiento y a la vez que mantener inventarios altos para reducir los costos de pedido y aumentar las ventas. Con el fin de encontrar el equilibrio entre estos costos, la solución es determinar la cantidad óptima de pedido (Q) que minimiza la suma de los costos de pedido (S) y los costos de mantener inventario (H). El modelo EOQ (*Economic Order Quantity* por sus siglas en inglés) busca equilibrar las cantidades a ordenar de un determinado producto de tal forma que pueda hacerse frente a la demanda y a la vez minimizar el costo total. Este modelo asume los siguientes supuestos:

- La demanda es constante y conocida.
- No hay restricciones para el tamaño de cada lote de pedido.
- El tiempo de espera de pedido, es decir, desde que se realiza la solicitud al proveedor y este realiza la entrega, es constante y conocido.
- Los únicos costos relevantes son el de pedido y el de mantenimiento del inventario.
- No existen descuentos por volumen de pedido.

El modelo EOQ se comporta según se detalla en la Figura 2. El ciclo comienza con Q unidades de inventario al recibir un pedido. Durante el ciclo, la demanda a tasa constante del producto hace que el inventario se reduzca hasta llegar a cero, momento en el cual se reabastece el inventario a una cantidad igual a Q. Este modelo considera que la demanda y los tiempos de entrega son constantes

y conocidos. Debido a que el inventario varía entre  $Q$  y  $0$ , el inventario de ciclo promedio es igual a  $Q/2$ .

**Figura 2.** Funcionamiento modelo EOQ



Fuente: Elaboración propia.

En el modelo EOQ el costo total anual está determinado por el costo anual por mantenimiento de inventario y costo anual de hacer pedidos. El costo unitario de mantener un ítem dentro del inventario por un período de tiempo está compuesto por:

- Costo financiero. Si la empresa toma deuda para comprar inventarios entonces la tasa de interés que paga sobre el capital es parte del costo de mantener inventarios. En caso de no tener deuda existe un costo de oportunidad cuya tasa de interés es el rendimiento que se podría obtener en caso de invertir el dinero de inventarios en otra actividad.
- Almacenamiento. El inventario ocupa espacio y por lo tanto existe un costo al alquilar un depósito para almacenar inventarios o utilizar un espacio propiedad de la compañía que podría usar para otro fin.
- Seguros. El costo de asegurar los inventarios está directamente asociados al valor y a la cantidad de estos.
- Mermas. La merma del inventario puede darse por diversas razones como el robo de mercadería, la obsolescencia o deterioro de los productos por el paso del tiempo.

$$\text{Costo por mantener inventarios} = \frac{Q}{2} * H$$

$Q$  = Cantidad a ordenar (unidades)

$H$  = costo anual por mantener una unidad de inventario (\$ por unidad)

El costo anual de hacer pedidos es la suma de todos los costos fijos incurridos cada vez que se tiene que hacer un pedido nuevo. Estos costos incluyen todas las actividades asociadas: emitir una orden de compra, hacer el seguimiento al proveedor, controlar la calidad del pedido, procesar los pagos, además de los costos fijos de transporte y manipulación del pedido.

$$\text{Costo por hacer pedidos} = \frac{D}{Q} * S$$

$D$  = Demanda anual esperada (unidades por año)

$Q$  = Cantidad a ordenar (unidades)

$S$  = Costo por pedido (\$ por cada orden de compra colocada, recibida y pagada)

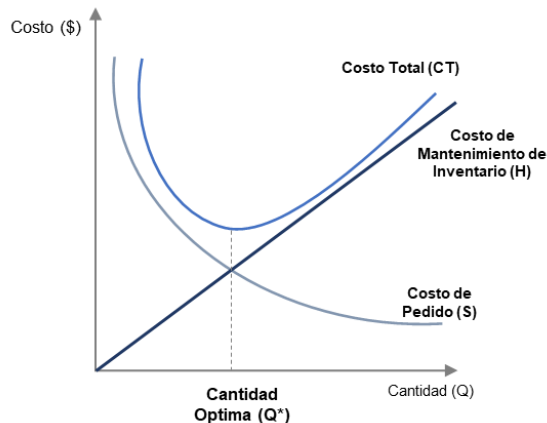
Igualando los costos de mantener inventario y los costos de pedido, se despeja  $Q$  y se obtiene la cantidad óptima de pedido ( $Q^*$ ) que, como muestra la Figura 3, minimiza los costos totales de gestionar inventarios."

Costo por mantener inventario = Costo por hacer pedidos

$$\frac{Q}{2} * H = \frac{D}{Q} * S$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

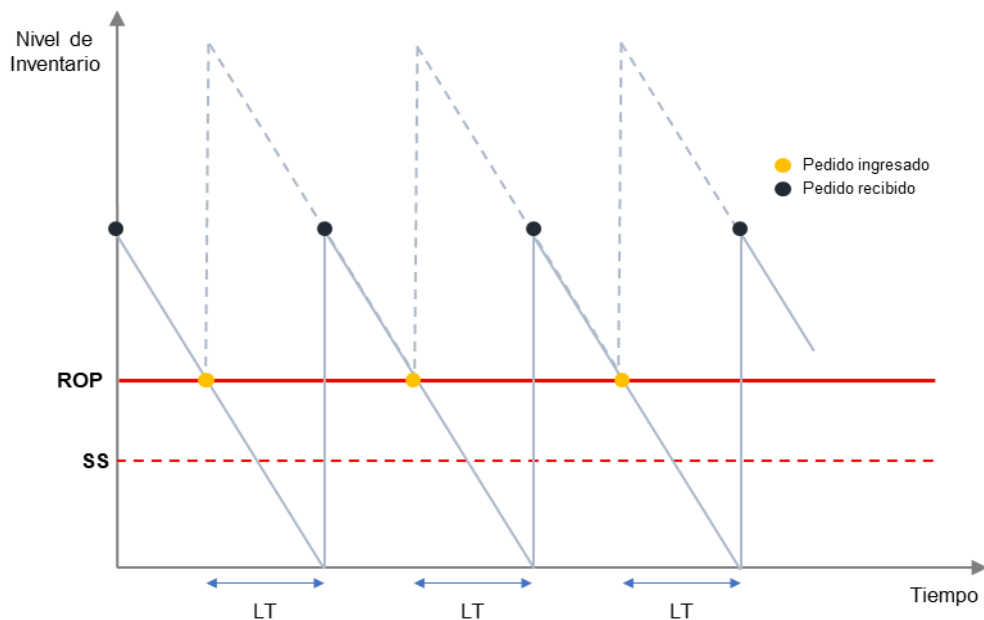
**Figura 3.** Costo total anual vs. cantidad de pedido



Fuente: Elaboración propia.

Además de calcular la cantidad óptima de cada pedido se necesita saber cuándo debe hacerse un nuevo pedido. En un sistema de revisión continua (Q) cuando la cantidad de inventarios llega a un nivel mínimo predeterminado, llamado punto de reorden (ROP por sus siglas en inglés), deberá hacerse un nuevo pedido para reestablecer los inventarios. Se comienza un ciclo de inventario con una cantidad  $Q^*$  óptima calculada usando la fórmula de EOQ. A medida que van ingresando órdenes de venta el inventario disminuye, y cuando el inventario baja de la posición determinada por el ROP, entonces se hace un pedido nuevo de cantidad  $Q^*$ . Al hacer un pedido nuevo se debe contar con la cantidad de inventarios suficiente que permita abastecer la demanda durante el tiempo que tarda en llegar el nuevo pedido equivalente a  $LT$  (*lead time*). La Figura 4 representa el sistema de revisión continua con una demanda y *lead time* constantes.

**Figura 4.** Sistema de revisión continua (Q) con demanda y *lead time* constantes



Fuente: Elaboración propia.

Levantando los supuestos iniciales del modelo EOQ, ahora se asume que estamos en un escenario en el cual la demanda y el tiempo de reabastecimiento no son constantes y previsibles, sino que son inciertos y por lo tanto tienen variabilidad. Ante el nuevo el escenario de incertidumbre y para aumentar la probabilidad de cubrir la demanda esperada durante el *lead time* (Dlt), se agrega un inventario de seguridad (SS).

El ROP es la suma de la demanda esperada durante el *lead time* más el inventario de seguridad, cuyo cálculo toma la siguiente forma.

$$ROP = \text{Demanda esperada durante lead time} + \text{Inventario de Seguridad}$$

$$ROP = Dlt + SS$$

La demanda esperada durante el *lead time* se calcula multiplicando la demanda promedio ( $\mu d$ ) por el *lead time*. Es decir, que si la demanda anual es de 120 unidades y el *lead time* es de 1 mes, la demanda durante este período de tiempo se espera que sea 12 unidades.

$$\text{Demanda durante el lead time} = \text{demanda promedio} * \text{lead time}$$

$$DLt = \mu d * Lt$$

El inventario de seguridad se calcula estableciendo, en primer lugar, una política de nivel de servicio deseado (SL) y luego determinando el nivel de inventario necesario para que satisfaga ese nivel de servicio. El nivel de servicio es la probabilidad deseada de no quedarse sin inventarios para abastecer la demanda durante el ciclo de pedido que comienza en el momento en que se coloca un pedido y finaliza cuando los artículos llegan al inventario. Por ejemplo, un nivel de servicio del 95% implica que hay una probabilidad del 5% de quedarse sin inventarios para vender durante el período de reaprovisionamiento.

El cálculo del inventario de seguridad también considera la variabilidad del *lead time* y la variabilidad de la demanda. El modelo asume que la demanda tiene una distribución Normal con media  $\mu d$  y un desvío estándar  $\sigma d$ , entonces la demanda durante el *lead time* tendrá también una distribución Normal con media  $\mu lt$  y desvío estándar  $\sigma lt$ .

La ecuación para calcular el inventario de seguridad (SS) es la siguiente:

$$SS = z * \sqrt{\mu lt * \sigma d^2 + \mu d^2 * \sigma lt^2}$$

Donde:

$z$  = probabilidad de quedarse sin inventarios / nivel de servicio

$\mu lt$  = *lead time* promedio

$\sigma d^2$  = variabilidad de la demanda

$\mu d$  = demanda promedio

$\sigma lt^2$  = variabilidad del *lead time*

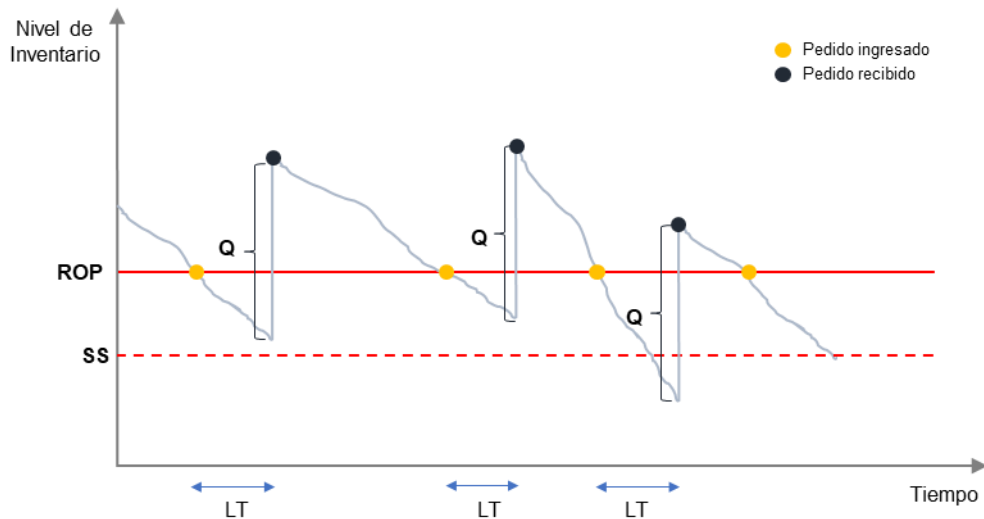
$\mu lt * \sigma d^2$ : variaciones en la demanda durante el *lead time* promedio

$\mu d^2 * \sigma lt^2$ : variaciones del *lead time* contra la demanda promedio

Por lo tanto, el inventario de seguridad protege con una probabilidad de X% contra variaciones en la demanda durante el *lead time* promedio y de variaciones en el *lead time* ante la demanda promedio en ese período de tiempo. Por ejemplo, si el nivel de servicio es del 90%, existe una probabilidad del 90% de que la demanda no sea mayor que la oferta durante el *lead time*. Mientras que la probabilidad de que el inventario se termine durante el período de reaprovisionamiento será del 10%.

La cantidad de inventario de seguridad dependerá de la variabilidad de la demanda durante el *lead time*, la variabilidad del *lead time* y el nivel de servicio. Si la demanda varía mucho con respecto a su promedio entonces el inventario de seguridad requerido será alto. Lo mismo sucederá con la variabilidad del *lead time*. Si los tiempos de reaprovisionamiento son muy variables también se necesitará un inventario de seguridad alto. Por último, a mayor nivel de servicio deseado mayor inventario de seguridad se tendrá que mantener para lograr atender una mayor cantidad de pedidos en el *lead time*. La Figura 5 representa el sistema de revisión continua con una demanda y *lead time* inciertos.

**Figura 5.** Sistema de revisión continua (Q) con demanda y lead time variables



Fuente: *Elaboración propia.*

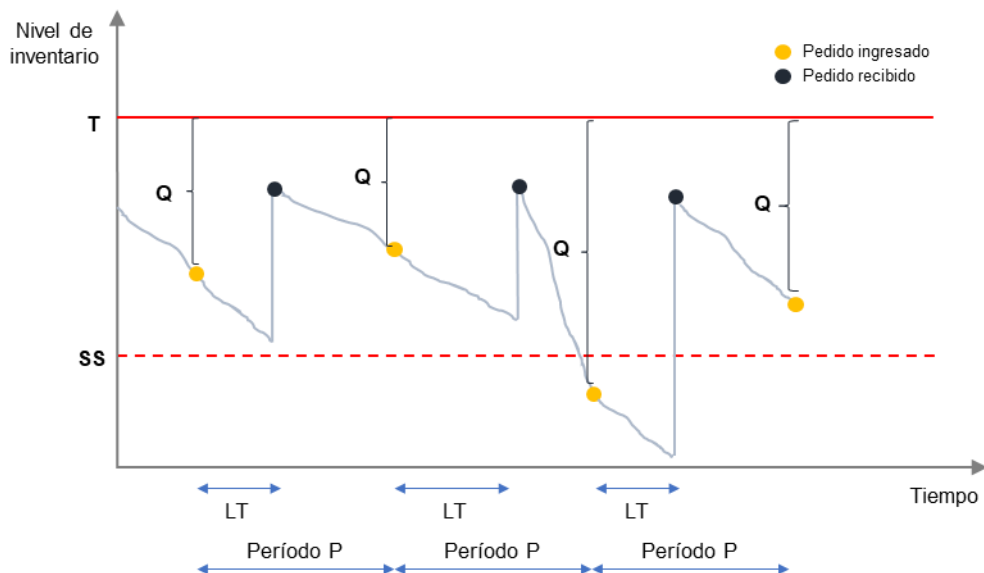
El costo total anual (CTA) de un sistema de inventarios está dado por la suma del costo de mantenimiento de inventario de ciclo, el costo anual de hacer pedidos y costo anual por mantenimiento de inventario de seguridad. A través del modelo EOQ lo que buscaremos es minimizar el costo total a través del equilibrio entre las variables que lo componen.

$$CTA = \frac{D}{2} * H + \frac{D}{Q} * S + SS * H$$

### 3.3. Modelo de gestión de inventarios con revisión periódica (P)

En el modelo de revisión periódica (P) se hace una revisión del nivel de inventario de cada artículo en forma periódica y se realiza un pedido nuevo de una cantidad variable que permita llevar el inventario al nivel previamente establecido. Es decir, que las cantidades a ordenar en cada revisión son variables, tal que nos permita llevar al nivel de inventario objetivo. En este modelo también la demanda y los tiempos de entrega son inciertos, ilustrado en la Figura 6. La línea de color rojo representa el inventario disponible en el tiempo. Cuando transcurre el tiempo predeterminado desde la última revisión (P) se realiza un nuevo pedido que permita volver al nivel de inventario deseado (T). El tamaño de los pedidos varía en el tiempo, dependiendo del nivel de inventario en el momento de la revisión.

**Figura 6.** Sistema de revisión periódica (P) con demanda y lead time variables



Fuente: Elaboración propia.

Para gestionar un sistema de inventarios de período fijo, lo primero que se tendrá que definir es el período de tiempo entre revisiones de inventario (P). Éste puede ser cualquier intervalo de tiempo conveniente para la empresa, por ejemplo, todos los días viernes o cada 2 meses.

Luego de conocer el intervalo de tiempo para revisar el inventario y hacer un pedido nuevo, se tendrá que calcular el nivel objetivo de inventario, definido como aquel al que se tiene que llegar cada vez

que se ingresa un pedido nuevo. Como se muestra en la Figura 5, el pedido deberá ser lo suficientemente grande para que el inventario dure hasta la próxima revisión más el *lead time* del pedido. Por lo tanto, el nivel de T deberá ser igual a la demanda esperada durante el período P+lt más un inventario de seguridad (SS) que nos permita protegernos de la variabilidad de la demanda y el *lead time* de pedido. Asumimos que la demanda y el *lead time* de pedido son variables aleatorias e inciertas.

$$T = d * (P + Lt) + SS$$

El inventario de seguridad se calcula de la misma forma que el modelo de revisión continua.

$$SS = z * \sqrt{\mu lt * \sigma d^2 + \mu d^2 * \sigma lt^2}$$

Donde:

z = probabilidad de quedarse sin inventarios / nivel de servicio

$\mu lt$  = *lead time* promedio

$\sigma d^2$  = variabilidad de la demanda

$\mu d^2$  = demanda promedio durante P+Lt

$\sigma lt^2$  = variabilidad del *lead time*

$\mu lt * \sigma d^2$ : variaciones en la demanda durante P+Lt

$\mu d^2 * \sigma lt^2$ : variaciones del *lead time* respecto a la demanda promedio

El costo total anual (CTA) del sistema de inventarios está dado por la suma del costo de mantenimiento de inventario de ciclo, el costo anual de hacer pedidos y costo anual por mantenimiento de inventario de seguridad.

$$CTA = \frac{dP}{2} * H + \frac{D}{dP} * S + SS * H$$

### 3.4. Comparativa de sistema de revisión continua y revisión periódica

Habiendo dado cuenta de las principales características de los sistemas y su análisis para el caso QUALYTEX se puede afirmar que no hay un sistema que sea mejor para todas las situaciones. Ambos tienen ventajas y desventajas que deberán ser evaluadas en base a las características del negocio y los costos asociados a cada uno.

Se pueden destacar algunas ventajas de cada uno de los modelos. El sistema de revisión continua requiere un menor nivel de inventario de seguridad, ya que solo necesita tener protección de la



demanda durante el *lead time* de pedido. En cambio, en el modelo de revisión periódica el inventario de seguridad deberá ser mayor para cubrir la demanda durante el tiempo de revisión y el *lead time* del pedido. Por lo tanto, el costo de mantenimiento del inventario de seguridad es menor en el modelo de revisión continua.

El sistema de revisión periódica requiere menos tiempo de gestión ya que los pedidos se realizan en un momento ya predeterminado. El control de inventario y la colocación de pedidos se realiza en forma mecánica. Esto permitiría más fácilmente combinar artículos de un proveedor en el mismo pedido, generando potenciales ahorros en la colocación de pedidos siempre que no existan limitaciones respecto a cantidades mínimas de pedido por parte de los proveedores.

La Figura 7 resume las diferencias entre ambos sistemas ya mencionados.

**Figura 7.** Diferencias entre sistema de revisión continua (Q) y sistema de revisión periódica (P)

	<b>Modelo revisión continua (Q)</b>	<b>Modelo revisión periódica (P)</b>
<b>Cantidad de pedido</b>	La cantidad pedida es constante.	La cantidad pedida es variable.
<b>Periodicidad de la colocación del pedido</b>	Variable cuando el nivel de inventario llega al punto de reorden (ROP).	Fijo en el momento de revisión periódica (T).
<b>Control de inventario</b>	En cada movimiento de inventario.	En el momento de revisión T.
<b>Ventajas</b>	Menor nivel de inventario de seguridad. Permite seguimiento más de cerca.	Menor tiempo de mantenimiento y control.

Fuente: Elaboración propia.

## 4. MARCO EMPÍRICO

En el análisis empírico del caso QUALYTEX se considerarán los modelos de gestión de inventario de reposición múltiple por ser los más adecuados, y se ha descartado el modelo de reposición única. Debido a que las telas que comercializa QUALYTEX pueden ser consideradas *commodities*, ya que al ser telas lisas y en su mayoría de colores básicos (blanco, negro, etc.) pueden ser vendidas de un año a otro sin necesidad de liquidarlas a un menor precio. Es decir, que tienen una vida útil que permite poner las mismas a la venta y a partir de la demanda observada realizar múltiples reposiciones en el tiempo.

En los capítulos a continuación, se aplicarán empíricamente al caso QUALYTEX los modelos de reposición múltiple (modelo EOQ de revisión continua y modelo de revisión periódica), para seleccionar aquel que sea más apropiado y conveniente. Se comenzó trabajando en un relevamiento interno con los responsables del proceso de gestión de inventarios de la compañía que permitió identificar las prácticas actuales y los problemas. Posteriormente se requirió de la obtención de información del sistema de gestión de la compañía y el cálculo de las variables para cada modelo.

### 4.1. Introducción a QUALYTEX

QUALYTEX SA es una empresa que comenzó sus actividades en el año 2013 con el objetivo de proveer tejidos para la confección textil. Sus socios vieron que existía una demanda insatisfecha de telas para trajes de baño de mujer debido a las restricciones a la importación de ese entonces y la falta de oferta de fábricas nacionales que no contaban con la capacidad de producción que el mercado demandaba. Ante la oportunidad de abastecer a un nicho muy especializado, la empresa comenzó a importar tela de China y a vender en el mercado local a confeccionistas textiles y distribuidores del rubro.

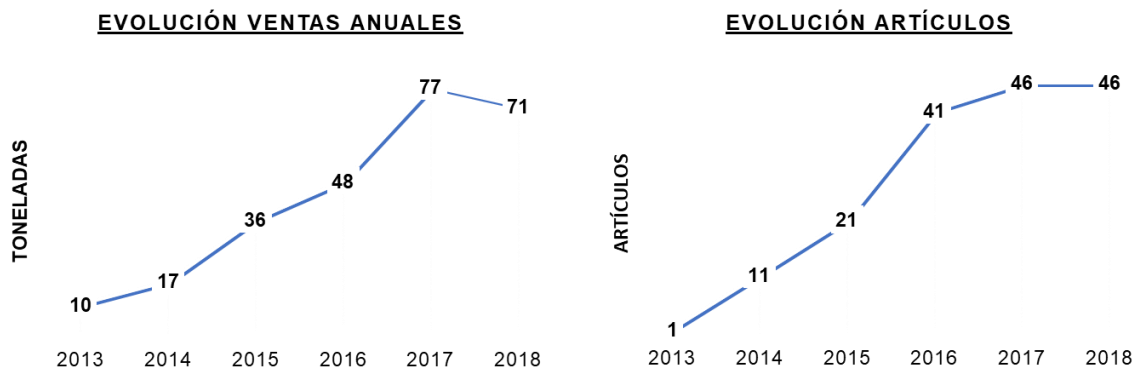
La compañía comenzó a operar con un depósito alquilado de 200 metros cuadrados y sin ninguna estructura fija de personal. Actualmente, uno de los socios trabaja a tiempo completo en la operatoria diaria de la empresa. Las actividades comerciales son llevadas a cabo por vendedores independientes que cobran una comisión de la venta. Las actividades logísticas se realizan a través de fletes independientes los cuales se contratan para la entrega de pedidos.

Con el correr del tiempo la empresa pasó de vender un único producto a incorporar otras telas con el fin de aumentar la facturación y expandir sus negocios. Así fue como se comenzó a desarrollar telas para indumentaria deportiva, lencería y playa. Este proceso de ampliación de productos también implicó la incorporación de telas de colores y no únicamente el color blanco apto para

estampar. El crecimiento en la cantidad de artículos comercializados fue también acompañado por el crecimiento en otras variables como el volumen de venta y, por consiguiente, de sus compras.

Las Figura 8 muestra la evolución de las variables mencionadas dando cuenta del crecimiento de la compañía y de la mayor complejidad que enfrenta actualmente desde el punto de vista de la gestión de sus inventarios.

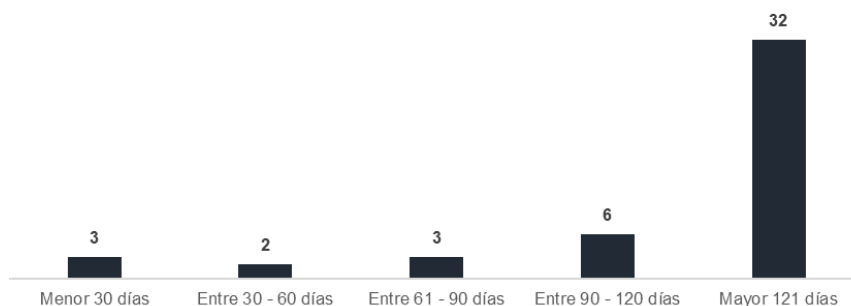
**Figura 8. Evolución ventas anuales y evolución artículos**



Fuente: Elaboración propia.

Se calcularon los días de inventario de cada artículo para entender el perfil de inventarios de QUALYTEX. Los días de inventarios es un indicador de los días que un artículo permanece en el inventario de la empresa. Si los días de inventario son bajos indica que los productos se están vendiendo rápido o podría ser resultado de faltante de inventario. Cuando los días de inventario son altos podría deberse a un exceso de inventario lo que conlleva a un mayor costo de mantenimiento de éstos y podría ser causante de faltantes de liquidez.

**Figura 9. Cantidad artículos por rango de días de inventario**



Fuente: Elaboración propia

La Figura 9 muestra la cantidad de artículos de QUALYTEX según el rango de días de inventarios definido. Vemos que 32 artículos, que representan el 78% del total, tienen una rotación de inventarios mayor a los 120 días, mientras que 3 artículos que representan el 7% del total tienen menos de 30 días de inventario. Las cifras anteriores darían cuenta de un exceso en los niveles de inventarios. Sin embargo, es importante considerar otros factores tales como la industria en la que se desarrolla la empresa, los tiempos de entrega de los pedidos, la distancia de los proveedores, entre otros.

#### 4.2. Diagnóstico de la gestión de inventarios en QUALYTEX

Actualmente, la compañía no cuenta con un plan integral de gestión de inventarios. El crecimiento de la empresa en volumen de ventas, cantidad de clientes y productos no fue acompañado desde la estructura organizacional ni desde la formalización de sus procesos.

Se realizó un relevamiento del proceso de gestión de inventarios cuyos resultados se detallan a continuación.

- La demanda no es pronosticada. No se realiza una planificación anual de la demanda. La decisión de cantidades a comprar de cada artículo se hace en base a la intuición de los socios.
- No hay formalización de cantidades óptimas de pedido, punto de reorden y stock de seguridad. Los niveles de inventario se describen como “mucho”, “poco” o “suficiente”, y no se puede evaluar en forma cierta si el nivel de inventario de cada artículo es adecuado. Los nuevos pedidos se realizan de forma intuitiva porque se cree que hay escaso inventario, por picos en la demanda que hacen quebrar el nivel de inventario o por acumulación de efectivo que hacen pensar a los socios que es momento de realizar un nuevo pedido.

Por otra parte, se desconoce el momento más adecuado para realizar un pedido nuevo y falta establecer la cantidad óptima a pedir de cada artículo.

QUALYTEX no cuenta con una política clara para determinar el inventario de seguridad de cada artículo. La empresa mantiene altos niveles de inventario de algunos productos por falta precisión en la estimación de la demanda o en ocasiones por considerarlos productos no estacionales que se pueden vender en cualquier momento del año. De la misma forma, mantiene bajos inventarios de otros artículos los cuales tienen quiebres de inventarios en forma muy frecuente.

- No hay clasificación de productos críticos. La empresa no cuenta con una clasificación de sus artículos que le permita conocer mejor cuáles son aquellos productos que generan mayor valor desde el punto de vista de las ventas, y en consecuencia tener un control de

sus inventarios y un seguimiento preferencial de aquellos que hacen un aporte mayor a la facturación.

Por lo descripto anteriormente podemos señalar que la empresa enfrenta diversos problemas.

- Existen situaciones de alta demanda en un período corto de tiempo que hace quebrar el nivel de inventarios de la empresa. El período de reposición es mayor a los 90 días, por los tiempos de producción y flete de China a Argentina. Estos tiempos de espera son inaceptables para los clientes de la industria textil quienes tienen que cumplir con la planificación de las temporadas. Lo anterior provoca pérdida de ventas y clientes, limitando su crecimiento.
- La mala planificación también tiene consecuencias en el exceso de inventarios de algunos artículos que permanecen durante largos períodos de tiempo (más de un año en algunos casos) en el depósito antes de ser vendidos. Debido a que la empresa está en un período de crecimiento requiere año a año aumentar su capital de trabajo. El sobre inventario implica un alto costo de oportunidad y financiero para la empresa.

Como resultado de lo expuesto anteriormente, se producen desequilibrios en los niveles de inventario que inciden en las ventas de la empresa y en el nivel de servicio a los clientes cuando hay quiebres de inventario, o impactan financieramente por la inversión improductiva de excesivo inventario. Por lo tanto, es importante para QUALYTEX contar con un sistema de gestión de inventarios que le permita planificar la cantidad y tamaño de cada pedido y definir un inventario de seguridad para cada uno de sus artículos. Esto será clave para acompañar el desarrollo de la empresa e impulsar el crecimiento del negocio en los próximos años.

### **4.3. Análisis ABC**

Las empresas pueden llegar a tener miles de artículos en sus inventarios, sin embargo, hay un pequeño grupo de ellos que requieren un mayor grado de atención y control en vistas a alocar sus recursos de la manera más eficiente posible. El objetivo del análisis ABC consiste en dividir los artículos en tres clases de acuerdo con su valor de venta, y de esta forma concentrarse en aquellos que tengan un mayor aporte para la empresa. Los artículos A que son aquellos que generan el 80% de las ventas, los B representan el 15% y finalmente los C el 5%.

Para identificar los productos ABC de QUALYTEX según su grado de criticidad se analizó la facturación de cada artículo en el año 2018, se calculó el porcentaje de ventas de cada uno respecto del total y se ordenó de mayor a menor.

La clasificación arroja como resultado que el 79% de la facturación está concentrada en 6 artículos que representan el 13 % del total de los SKU de la compañía. La Tabla 1 resume la clasificación del

total de los SKU en los tres grupos mencionados, y la Tabla 2 el detalle de los artículos A sobre los cuales se hará más hincapié durante este trabajo.

**Tabla 1. Clasificación ABC total por grupo**

	Artículos		Facturación (%)	
	Cantidad artículos	% del total	Total	Acumulado
<b>A</b>	6	13%	79%	79 %
<b>B</b>	16	35%	16%	95%
<b>C</b>	24	53%	5%	100%

**Tabla 2. Composición artículos clase A**

Artículos A	Facturación	
	% del total	% acumulado
50 – BL	54.0%	54.0%
50 – NE	7.8%	61.8%
62 – BL	7.2%	69.0%
70 – BL	3.6%	72.6%
61 – BL	3.6%	76.2%
62 – NE	2.8 %	79.0%

En los capítulos siguientes nos concentraremos en mostrar y analizar los cálculos y resultados de cada modelo de gestión de inventarios para los artículos del tipo A.

#### **4.4. Modelo EOQ con revisión continua (Q)**

El cálculo del EOQ requiere conocer el costo de hacer un nuevo pedido, el costo de mantenimiento de inventario y la demanda de cada SKU.

##### **Costo de pedido (S)**

El costo de pedido es la suma de todos los costos fijos que se incurren para cada orden de compra nueva: desde el contacto al proveedor, la llegada del pedido a destino, su descarga y el control en el depósito.

- Gestión de compras. Todo el proceso de compras, desde que se realiza el pedido al proveedor del exterior hasta que llega la mercadería al depósito, es ejecutado por uno de los socios que trabaja a tiempo completo en la empresa. El salario mensual es de USD 3000. Se estima un total de 10 horas dedicadas a esta actividad por cada pedido trabajando 160 horas mensuales. El costo total por pedido es igual a USD188.
- Transferencias bancarias. Las transferencias bancarias al exterior para pagar el pedido tienen un costo variable sobre el monto transferido más un cargo fijo de USD30 por gastos de correspondencia y mensajería. Cada pedido requiere el envío de un adelanto del 30% para que el proveedor comience a producir y el restante 70% se paga una vez embarcada la mercadería. Por lo tanto, el costo fijo por pedido asociado a transferencias bancarias al exterior es de USD60.
- Control de calidad. Una vez finalizada la producción y previo embarque del pedido se solicita al proveedor el envío de muestras para su control y confirmación. El envío por correo internacional de las mismas tiene un costo de USD60.
- Documentación. La aduana argentina requiere certificación de documentos en el consulado argentino en China. Cada pedido consta de cuatro documentos con un costo unitario de USD275. Posteriormente estos documentos son enviados a través de correo internacional. El costo de documentación incluyendo el envío es de USD1160.
- Transporte internacional y puertos. El traslado de la mercadería desde China a Argentina tiene costos de flete y manipulación del contenedor en las terminales portuarias. El costo del flete internacional es de USD 2500 y los gastos de locales USD 700. A lo anterior se debe añadir el costo de la terminal portuaria en Buenos Aires que asciende a USD 5000. Así, el costo total de transporte internacional por cada contenedor pedido es de USD8200.
- Honorarios profesionales. El despachante de aduana cobra a un porcentaje del valor FOB de la mercadería de cada pedido que no es contemplado en nuestros cálculos por ser un costo variable. Sin embargo, existen cargos fijos por la gestión de licencias de importación que ascienden a USD250.
- Seguros. Se tuvo en cuenta el costo de asegurar el contenedor que es de USD30. El costo de asegurar la mercadería no se contempla por ser un cargo variable en función al valor de esta.
- Recepción y almacenamiento. Está compuesto por el costo de traslado de la mercadería desde la aduana al depósito con custodia y la posterior descarga de la mercadería. Este costo es de USD776.

La Tabla 3 resume los ítems descriptos anteriormente que forman parte del costo de pedido.

**Tabla 3. Composición costo de pedido**

<b>Variable de costo</b>	<b>Monto (USD)</b>
Gestión de compras	\$188
Transferencias	\$ 60
Control de calidad	\$ 60
Documentación	\$ 1,160
Transporte internacional y puertos	\$ 8,200
Honorarios profesionales	\$ 250
Seguros	\$ 30
Recepción y almacenamiento	\$ 776
<b>Costo total de pedido</b>	<b>\$ 10,724</b>

### **Costo por mantener inventarios (H)**

El costo por mantener inventario está compuesto por el costo de capital más los costos variables asociados a mantener inventarios. Para determinar el costo de mantener inventarios en QUALYTEX se tuvieron en cuenta las siguientes variables.

- Almacenamiento. El costo adicional de almacenamiento en el que incurre la empresa por el crecimiento de sus inventarios se calculó usando el costo anual de alquiler por metro cúbico en un operador logístico. El costo anual por metro cúbico es de USD565.75<sup>2</sup>, cuya capacidad estimada de tela es de 280 kg. Así se determinó que el costo anual de almacenamiento por kilo es de USD2.02.
- Costo de oportunidad del capital inmovilizado. La empresa no tiene deuda por lo tanto se considerará el costo de oportunidad de una inversión alternativa a la de tener inventarios. Para esto se considera la tasa de retorno de un bono soberano de argentino a corto plazo en dólares. Se tomó como referencia el bono AO20D cuyo rendimiento anual es del 11.08%<sup>3</sup>.

El costo anual de mantener inventario de un artículo determinado será el siguiente.

$$H = 2.02 \text{ (usd } \times \text{ kg)} + \text{costo unitario (usd } \times \text{ kg)} * 11.08\%$$

<sup>2</sup> Fuente: presupuesto Mercocarga SA al 03/12/2018.

<sup>3</sup> Puente Hermanos <https://www.puentenet.com> consultado 28/12/2018.



### Cálculo del EOQ

Se calculó la cantidad óptima de pedido basados en la demanda promedio anual, el costo de pedido y costo de mantenimiento de inventarios, aplicando la fórmula del EOQ a cada artículo se obtuvieron los siguientes resultados que se detallan en la Tabla 4.

**Tabla 4. Cálculo EOQ**

Artículo	Demanda promedio anual ( $\mu d$ ) (kg)	Costo unitario (C) (USD x kg)	Costo mantener inventario (H) (USD x kg)	Costo de pedido (S) (USD)	EOQ (kg)
50 – BL	21,792	6.12	2.70	10,724	<b>13,158</b>
50 – NE	4,245	7.29	2.83	10,724	<b>5,673</b>
62 – BL	4,739	5.50	2.63	10,724	<b>6,217</b>
70 – BL	3,646	2.05	2.25	10,724	<b>5,896</b>
61 – BL	2,625	5.50	2.63	10,724	<b>4,627</b>
62 – NE	1,000	6.65	2.76	10,724	<b>2,788</b>

Los valores de EOQ indican qué cantidad se tendrá que ordenar de cada artículo para optimizar el costo de pedido y de mantenimiento de inventarios. Por ejemplo, para el artículo 50-BL el modelo nos indica que la cantidad óptima a ordenar es de 13,158 kg para minimizar los costos de pedido y de mantenimiento de inventarios.

### Cálculo del ROP

En el modelo con revisión continua se calculará el inventario de seguridad (SS) y el punto de reorden (ROP). A continuación, se describen los cálculos realizados y supuestos para la obtención de estos valores para cada artículo.

- El nivel de servicio determinado por la empresa es de 90%. Esto implica que QUALYTEX va a contar con un nivel de inventario de seguridad tal que le permita cumplir con el 90% de los pedidos.

$$Z = \text{Normin} (90\%)$$

$$Z = 1.28$$

- *Lead time* promedio de una orden ( $\mu lt$ ). El proveedor tiene un tiempo de producción de 30 días. Luego, el embarque del pedido toma 35 días en llegar desde el puerto de Nimbo en China al puerto de Buenos Aires en Argentina. Una vez que el contenedor llega al puerto, los trámites en aduana y descargar el contenedor en el depósito de la empresa toman 10 días más. Se asume que el *lead time* de una orden sigue una distribución uniforme, en vista de

que puede tomar cualquier valor dentro de dos extremos (designados como a y b) con una misma probabilidad de ocurrencia.

a = mínimo valor de la distribución

b = máximo valor de la distribución

b – a= rango de la distribución

$$\mu_{lt} = \frac{(a + b)}{2}$$

El valor mínimo de la distribución (a) es de 75 días asumiendo que no hay ningún imprevisto ni demora debido a la gran cantidad de variables a las cuales está sujeto el *lead time* el mismo puede llegar a los 95 días, siendo este el valor máximo de la distribución (b).

$$\mu_{lt} = \frac{(75 + 95)}{2}$$

$$\mu_{lt} = 85 \text{ dias}$$

$$\mu_{lt} = \frac{85}{30} = 2.84 \text{ meses}$$

- Varianza del *lead time* ( $\sigma_{lt}^2$ ). La varianza de una distribución de este tipo viene dada por la siguiente fórmula.

$$\sigma^2 = \frac{(b - a)^2}{12}$$

$$\sigma_{lt}^2 = \frac{(2.5 - 3.2)^2}{12}$$

$$\sigma_{lt}^2 = 0.037$$

Siendo el desvío estándar del *lead time* igual a

$$\sigma_{lt} = \sqrt{0.037}$$

$$\sigma_{lt} = 0.019$$

- Varianza de la demanda. Se calculó en base a datos de ventas mensuales de cada artículo.

Aplicando la fórmula del SS y usando la demanda y la varianza de la demanda de cada artículo, se obtuvieron los siguientes resultados detallados en la Tabla 5.

**Tabla 5. Cálculo inventario de seguridad**

Artículo	Demanda promedio anual ( $\mu d$ ) (kg)	Lead time (meses)	Desvío Std. Demanda ( $\sigma d$ )	Desvío Std. Lead Time ( $\sigma lt$ )	Inventario de seguridad (SS) (kg)
50 – BL	21,792	2.83	2,092	0.19	<b>4,675</b>
50 – NE	4,245	2.83	497	0.19	<b>1,098</b>
62 – BL	4,739	2.83	559	0.19	<b>1,234</b>
70 – BL	3,646	2.83	686	0.19	<b>1,492</b>
61 – BL	2,625	2.83	610	0.19	<b>1,323</b>
62 – NE	1,000	2.83	274	0.19	<b>593</b>

El inventario de seguridad del artículo 50-BL que debemos mantener en el depósito con el objetivo de atender el 90% de los pedidos es de 4,675 kg. La fórmula aplicada y los cálculos realizados para este caso se detallan a continuación.

$$SS = z * \sqrt{\mu lt * \sigma d^2 + \mu d^2 * \sigma lt^2}$$

$$SS (50 - BL) = 1.28 * \sqrt{2.83 * 2,092^2 + \left(\frac{21,792}{12} * 2.83\right)^2 * 0.19^2}$$

$$SS (50 - BL) = 4,675 \text{ kg}$$

Se calcularon el punto de reorden (ROP) a partir del inventario de seguridad (SS), el *lead time* y la demanda promedio. Aplicando la formula se obtuvieron los resultados detallados en la Tabla 6.

**Tabla 6. Cálculo punto de reorden (ROP)**

Artículo	Demanda promedio anual ( $\mu d$ ) (kg)	Lead time (meses)	Demanda promedio en el lead time (kg)	Inventario de seguridad (SS) (kg)	ROP (kg)
50 – BL	21,792	2.83	5,140	4,675	<b>9,815</b>
50 – NE	4,245	2.83	1,002	1,098	<b>2,100</b>
62 – BL	4,739	2.83	1,118	1,234	<b>2,352</b>
70 – BL	3,646	2.83	860	1,492	<b>2,352</b>
61 – BL	2,625	2.83	620	1,323	<b>1,943</b>
62 – NE	1,000	2.83	236	593	<b>829</b>

El ROP del artículo 50-BL es de 9,815 kg. La fórmula aplicada y los cálculos realizados para este caso se detallan a continuación.

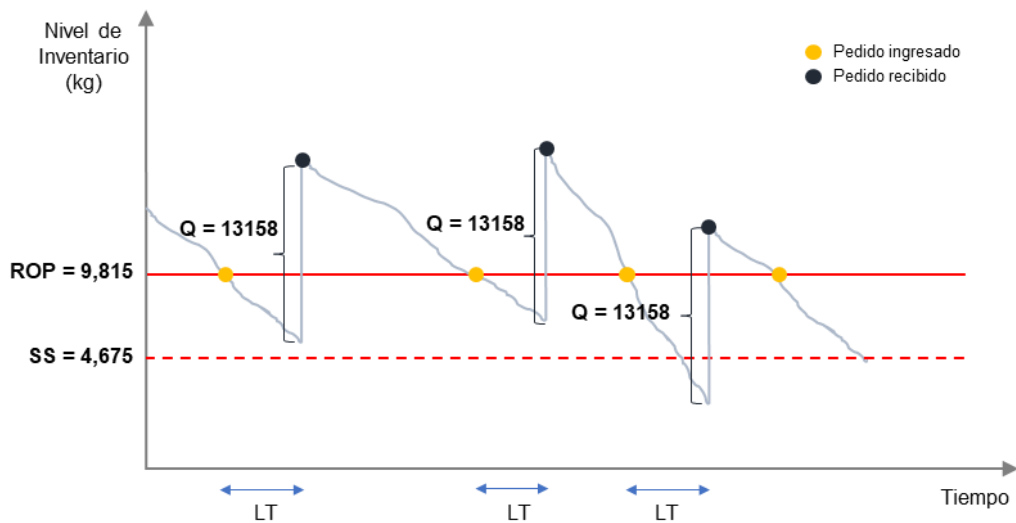
$$ROP = \mu d * Lt + ss$$

$$ROP (50 - BL) = \frac{21792 \text{ kg}}{12 \text{ meses}} * 2.83 \text{ meses} + 4,675 \text{ kg}$$

$$ROP (50 - BL) = 9,815 \text{ kg}$$

Con el cálculo del EOQ, ROP y SS, se simuló el funcionamiento del modelo EOQ con revisión continua para el artículo 50-BL, que se muestra en la Figura 10. La cantidad óptima de pedido (EOQ) es de 13,158 kg, es decir, que cada orden nueva será de ese tamaño. Al enfrentar la demanda de los clientes el nivel de inventario comienza a disminuir. Cuando cae por debajo del 9,815 kg se tendrá que realizar un nuevo pedido. Se debe mantener un inventario de seguridad (SS) de 4,681 kg que permitirá atender la demanda durante el *lead time* de pedido con nivel de servicio del 90%.

**Figura 10.** Funcionamiento modelo EOQ con revisión continua para el artículo 50 – BL



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5. Modelo de revisión periódica (P)

Para el modelo de revisión periódica se comenzó definiendo el período entre revisiones (P). Se decidió trabajar con un intervalo de tiempo de 3 meses definido por los directores de la empresa

basado en la conveniencia para su implementación teniendo en cuenta variables como demanda, la distancia con los proveedores y tiempos de reposición. Este período de tiempo le permite a la empresa observar la demanda de los distintos artículos, hacer una revisión de sus inventarios y reponer aquellos productos que así lo requieran, de tal forma de poder consolidar diversos artículos en un mismo contenedor y de esta forma reducir los costos de transporte. De haberse definido un período de revisión más corto, como por ejemplo 1 mes, la cantidad a pedir sería escasa y no alcanzaría a completar un contenedor, incurriendo así en un costo total anual de pedido muy alto. De igual modo, períodos largos de revisión como por ejemplo 6 meses implicarían la necesidad de mantener altos niveles de inventarios de seguridad y por consiguiente una necesidad de disponer de flujos de caja para asumir tal inversión.

Después de definir el período de revisión, se calcularon el nivel de inventarios objetivo según la siguiente fórmula.

$$T = d * (P + Lt) + SS$$

Se comenzó calculando el inventario de seguridad (SS), nuevamente asumiendo que la demanda y el *lead time* no son constantes. Por lo tanto, a la hora de calcular el inventario de seguridad se incluirá la variabilidad de ambas bajo los siguientes supuestos.

- P es equivalente a 3 meses.
- El nivel de servicio es de 90%.
- El *lead time* promedio de una orden es de 85 días, equivalente a 2.83 meses.
- Desvío estándar del *lead time* será igual al calculado en el modelo de revisión continua.
- Desvío estándar de la demanda de cada artículo será igual a la calculada en el modelo de revisión continua.

La Tabla 7 resume los cálculos y resultados de SS y T para cada artículo.

**Tabla 7.** Cálculo inventario de seguridad y nivel de inventario deseado (T)

Artículo	Lead time promedio (P + Lt) (meses)	Desvío Std. Demanda ( $\sigma_d$ )	Desvío Std. Lead Time ( $\sigma_{lt}$ )	Inventario de seguridad (SS) (kg)	Demanda promedio en P+Lt $\mu(P+Lt)$ (kg)	Nivel de inventario deseado (T) (kg)
50 – BL	5.83	2,092	0.19	<b>6,960</b>	10,588	<b>17,548</b>
50 - NE	5.83	497	0.19	<b>1,616</b>	2,063	<b>3,679</b>
62 - BL	5.83	559	0.19	<b>1,817</b>	2,303	<b>4,120</b>
70 - BL	5.83	686	0.19	<b>2,164</b>	1,772	<b>3,936</b>
61 - BL	5.83	610	0.19	<b>1,911</b>	1,276	<b>3,187</b>
62 - NE	5.83	274	0.19	<b>856</b>	486	<b>1,342</b>

Por ejemplo, el cálculo del inventario de seguridad para el artículo 50-BL se desarrolla a continuación.

$$SS = z * \sqrt{\mu l t * \sigma d^2 + \mu d^2 * \sigma l t^2}$$

$$SS (50 - BL) = 1.28 * \sqrt{5.83 * 2,092^2 + 10588^2 * 0.19^2}$$

$$SS (50 - BL) = 6,960 \text{ kg}$$

Luego, calculamos la demanda promedio en el período P y el *lead time*, posteriormente el nivel de inventario deseado (T).

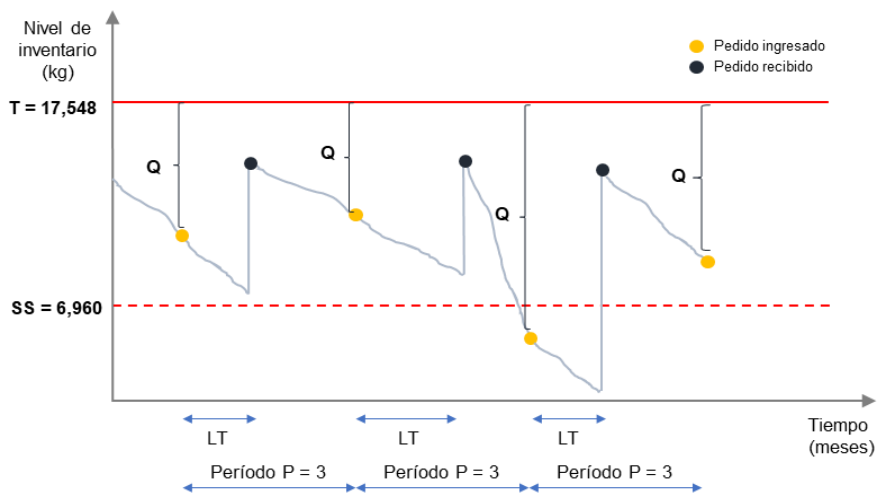
$$T (50 - BL) = d * (P + Lt) + SS$$

$$T (50 - BL) = \frac{21792 \text{ kg}}{12 \text{ meses}} * (3 \text{ meses} + 2.83 \text{ meses}) + 6960 \text{ kg}$$

$$T (50 - BL) = 17,548 \text{ kg}$$

La Figura 11 simula el funcionamiento del modelo de revisión periódica para el artículo 50-BL. Al enfrentar la demanda de los clientes el nivel de inventario comienza a disminuir. Cuando transcurren 3 meses desde la última revisión se tendrá que realizar un nuevo pedido tal que el nivel de inventario deseado (T) vuelva a 17,548 kg. Este pedido nuevo será igual a la diferencia entre T y el nivel de inventario al momento de realizar el pedido. Asimismo, se mantendrá un inventario de seguridad (SS) equivalente a 6,960 kg, que permitirá atender la demanda durante el *lead time* de pedido y el tiempo entre pedido con nivel de servicio del 90%.

**Figura 11.** Funcionamiento modelo de revisión fija para el artículo 50 – BL



Fuente: Elaboración propia.

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS

### 5.1. Costo total anual comparado modelo Q vs. modelo P

Con el fin de identificar cuál de los dos modelos es el más conveniente para QUALYTEX, se calcularon y compararon los costos totales asociados a la implementación de cada uno. El costo total anual de cada sistema de inventario está compuesto por la suma del costo de mantenimiento de inventario de ciclo, el costo anual de hacer pedidos y el costo anual por mantenimiento de inventario de seguridad.

Cabe destacar que se tomó como supuesto para el cálculo del costo de pedido que en los dos modelos será posible consolidar órdenes de pedido de distintos artículos en un mismo contenedor. La demanda anual del total de artículos es de 53,428 kg. En el caso del modelo Q se asumió que se realizarán tres pedidos de contenedores con capacidad de 18000 kg cada uno. En cambio, en el modelo P cuyo período de revisión elegido es de tres meses se tendrán que hacer cuatro pedidos al año.

Se pueden observar en la Tabla 8 los resultados del costo total de cada modelo calculado para el total de artículos comercializados por la compañía.

**Tabla 8.** Costo total anual de cada los sistemas de gestión de inventarios P y Q sobre el total de artículos

	Costo inventario de ciclo (USD)	Costo de pedido (USD)	Costo Inventario de seguridad (USD)	Costo total anual (USD)
Modelo Q	138,331	32,172	52,333	222,836
Modelo P	17,859	42,896	76,355	137,090
<b>Diferencia (Q-P)</b>	<b>-120,472</b>	<b>10,724</b>	<b>-24,002</b>	<b>85,476</b>
<b>Diferencia porcentual (P/Q-1)</b>	<b>-87%</b>	<b>33%</b>	<b>46%</b>	<b>-38%</b>

El modelo Q tiene costos de pedido y de inventario de seguridad menores al modelo P, siendo el costo total anual de pedido es un 33% menor y el costo anual de mantener inventario de seguridad es un 46% menor. El modelo P tiene costos de inventario de ciclo menores al modelo Q equivalentes al 87%.

Comparando el costo total de ambos modelos, la implementación del modelo P por sobre el modelo Q resulta más conveniente desde el punto de vista económico ya que se generaría el ahorro total anual de USD 85,476.

Desde el punto de vista operativo se destaca la conveniencia de implementar el modelo P. Siendo QUALYTEX una empresa pyme con escasez de recursos, el modelo P le permite realizar de forma periódica y predeterminada el proceso de control de inventario y de pedido para totalidad de los artículos, permitiendo así simplificar y ahorrar tiempo en este proceso. Además, la empresa trabaja con un único proveedor lo cual le permitiría consolidar distintos artículos en un mismo pedido.

## **5.2. Beneficios de implementar el modelo de inventario con revisión periódica (P)**

Al definir que el modelo P es el más conveniente para QUALYTEX, se cuantificó el beneficio asociado a su implementación. Si bien actualmente no existe un modelo de gestión de inventarios que permita comparar inventario de seguridad, y tampoco se cuenta con cifras de pedidos no entregados por falta de inventarios, se encuentra que es posible calcular el nivel promedio de inventario de cada artículo durante el año 2018 y compararlo con el cálculo obtenido del modelo P.

Se calculó el inventario promedio actual de cada artículo promediando el nivel de inventario a fin de cada mes de enero a diciembre de 2018. El inventario promedio del modelo P surge de dividir por dos (2) el inventario de ciclo y luego sumar inventario de seguridad.

En los casos en que el inventario promedio del modelo P es mayor al inventario promedio actual se debería aumentar en nivel de inventario de ese artículo, lo cual implica una inversión inicial y por única vez para llegar al nivel óptimo de inventario y un costo anual de mantenimiento adicional de ese mayor nivel de inventarios en los períodos posteriores. Inversamente, si el inventario promedio actual es mayor al inventario promedio del modelo P, se debería reducir el nivel de inventario comprando una menor cantidad una vez que se vendan las existencias actuales, lo cual provocaría inicialmente una liberación de flujos de fondos por única vez y una reducción adicional en el costo anual de mantenimiento de inventario durante los períodos posteriores.

En los artículos en donde hay que aumentar el nivel de inventario, si bien requiere una inversión mayor, existe un beneficio potencial asociado a un menor quiebre de inventarios y por lo tanto una mayor facturación. Este beneficio no es posible cuantificarlo debido a la falta de información de ventas perdidas por tal motivo. A la vez, en aquellos artículos en donde se debe reducir el nivel de inventarios se generaría una mayor disponibilidad de flujos que mejoraría los resultados de la compañía, beneficio que sí podemos cuantificar.

Los cálculos realizados para el inventario incremental por única vez y la variación del costo anual por mantenimiento de inventarios se detallan a continuación.

*Inventario incremental = Diferencia inventario promedio (kg) \* Costo unitario (USD x Kg)*

*Inventario incremental (50 – BL) = -5,761 kg \* 6.12 USD x Kg*

*Inventario incremental (50 – BL) = - 35,257 USD*



$Variación\ costo\ anual = Diferencia\ inventario\ promedio\ (kg) * costo\ anual\ (USD\ x\ kg)$

$Variación\ costo\ anual = -5,761\ kg * 2.7\ (USD\ x\ kg)$

$Variación\ costo\ anual = -15,555\ USD$

La Tabla 9 muestra el inventario promedio en 2018, el inventario promedio del modelo P, la diferencia en el nivel de inventario promedio y los resultados que estas diferencias implican en términos de flujos de fondos.

Se observan primero los resultados para los artículos A y luego los restantes artículos agrupados en dos, aquellos requerirán una reducción en el nivel de inventario (Resto de los artículos - reducción inventario) y por el contrario aquellos que requerirán aumentarlo (Resto de los artículos – aumento inventario).

**Tabla 9. Calculo inventario promedio diferencial**

Articulo	Inventario promedio actual (kg)	Inventario promedio Modelo P (kg)	Diferencia inventario promedio (kg)	Costo unitario total (USD x kg)	Costo anual de mantener inventarios (USD x kg)	Inventario incremental por única vez (USD)	Variación costo anual de mantener inventario (USD)
50 – BL	15,445	9,684	<b>-5,761</b>	6.12	2.69	<b>- 35,257</b>	<b>-15,555</b>
50 – NE	4,280	2,147	<b>-2,133</b>	7.29	2.83	<b>- 15,550</b>	<b>-6,036</b>
62 – BL	3,691	2,410	<b>-1,281</b>	5.50	2.63	<b>- 7,046</b>	<b>-3,369</b>
70 – BL	2,650	2,620	<b>-30</b>	2.05	2.25	<b>62</b>	<b>68</b>
61 – BL	2,092	2,240	<b>148</b>	5.50	2.63	<b>814</b>	<b>389</b>
62 – NE	799	981	<b>182</b>	6.65	2.76	<b>1,210</b>	<b>502</b>
Resto de los SKU con reducción inventario	26,626	9,434	<b>-17,192</b>	-	-	<b>-137,366</b>	<b>-50,103</b>
Resto de los SKU con aumento inventario	2,908	5,914	<b>3,006</b>	-	-	<b>13,082</b>	<b>7,528</b>
<b>Total</b>	<b>58,491</b>	<b>35,430</b>	<b>-23,061</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>- 180,051</b>	<b>- 66,576</b>

El modelo P propone una reducción de un 49% en el nivel de inventario promedio anual, pasando de 58,491kg a 35,430kg. Esto se traduce en un ahorro potencial contemplando el total de los artículos, por reducción de inventarios por única vez equivalente a USD 180,051 y un ahorro anual de USD 66,576 por mantenimiento de inventarios.

Se calcularon el valor actual neto (VAN) de los flujos de fondos asociado a la implementación del modelo P descontando los flujos de fondos resultantes de la Tabla 10. Se asume como supuesto que los excedentes y faltantes de inventario tomarían dos años en equipararse a los óptimos, y se usa como tasa de descuento el costo de oportunidad del capital que es de 11.08%.

El costo incremental al año de pedido es equivalente a 10,724 USD. La demanda anual del total de artículos es de 53,428 kg para la cual actualmente se realizarán tres pedidos de contenedores con capacidad de 18000 kg cada uno. El modelo P contempla un período de revisión de tres meses por lo que se tendrán que hacer cuatro pedidos al año, lo cual implica un pedido más al año y el consiguiente aumento de costo.

La Tabla 10 resume el cálculo del VAN y los resultados obtenidos. La implementación del modelo de gestión de inventario con revisión continua podría generar un ahorro equivalente a USD 481,832. Cabe destacar que, posiblemente, el ahorro total esté subvaluado ya que no se consideró el potencial beneficio asociado a la reducción de quiebres de inventarios por no contar con la información para su cálculo.

**Tabla 10.** Variación esperada de flujos de fondos y cálculo del NPV (USD)

Flujos de fondos	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ahorro Inventario incremental		90,026	90,026	-	-	-	-	-	-	-	-
Ahorro mantenimiento de inventario		66,576	66,576	66,576	66,576	66,576	66,576	66,576	66,576	66,576	66,576
Costo pedido		-10,724	-10,724	-10,724	-10,724	-10,724	-10,724	-10,724	-10,724	-10,724	-10,724
<b>Total</b>		<b>145,878</b>	<b>145,878</b>	<b>55,852</b>	<b>55,852</b>	<b>55,852</b>	<b>55,852</b>	<b>55,852</b>	<b>55,852</b>	<b>55,852</b>	<b>55,852</b>
<b>VAN</b>		<b>481,832</b>									

## 6. CONCLUSIONES

El análisis del caso QUALYTEX da cuenta del tipo de empresa pyme importadora y distribuidora que no cuenta con una metodología de gestión de inventarios adecuada que le permita ser eficiente en su administración. Se evidenció la carencia de un modelo y una sistematización en la gestión de inventarios que provoca períodos en que la empresa no cuenta con inventarios suficientes para hacer frente a la demanda y otros períodos con exceso de inventarios. Este tipo de gestión impacta directamente en los resultados de la compañía debido que enfrenta mayores costos de mantenimiento, pérdida de ventas, bajo nivel de servicio a los clientes, y un alto costo de oportunidad por no disponer de fondos necesarios para invertir en artículos que así lo requerían.

A lo largo de este trabajo fue posible responder las preguntas que se plantearon al inicio. Se comenzó por el desarrollo empírico de dos modelos de gestión de inventarios y la comparación de éstos. A partir de los resultados obtenidos de los dos modelos de gestión de inventarios se identificó que el modelo de revisión periódica (P) es el más conveniente para QUALYTEX. Desde el punto de vista económico, el modelo de revisión fija genera un ahorro en el costo total anual de USD 85,844 sobre el modelo de revisión continua.

Luego de elegir el modelo de gestión, se calculó el ahorro de implementar el mismo con respecto a la situación actual. La falta de un modelo de gestión en la actualidad que permita comparar no fue una limitación para esto ya que se identificó el inventario promedio y el costo anual de pedido como las variables que permitían cuantificar los beneficios de la implementación del nuevo modelo de gestión. El inventario promedio del modelo propuesto resultó ser menor al actual, por lo que se pudo cuantificar en valor presente un ahorro total USD481,832.

Los resultados obtenidos fueron más que optimistas para QUALYTEX. Se identificaron oportunidades para reducir costos a partir de lograr una gestión de inventarios más eficiente. La reducción del nivel de inventarios lograda con la aplicación del modelo propuesto generaría un impacto positivo en los flujos de fondos de la empresa permitiendo una mayor disponibilidad de caja. Este flujo de fondos incremental podría ser utilizado para nuevas inversiones que permitan expandir el negocio y generar mayores recursos en el futuro, o simplemente para distribuir ganancias a los accionistas a través de dividendos.

Además de los beneficios calculados, se identifica que existe la posibilidad de generar beneficios adicionales por un incremento en el volumen de venta. La implementación de inventario de seguridad para hacer frente a la variabilidad de la demanda y del *lead time*, reduciría los quiebres de inventarios aumentando el nivel de facturación y mejorando el servicio al cliente. Debido a que se trabajó con un nivel de servicio del 90%, el modelo permitiría hacer frente al 9 de cada 10 pedidos. Si bien este beneficio no se puede cuantificar ya que no se cuenta con la información de pedidos

que no logran ser atendidos por falta de inventarios, fue mencionado en el relevamiento como un punto a mejorar y clave en el crecimiento de la empresa.

La construcción de los modelos empíricos se hizo a partir de la sustracción de datos históricos de la empresa y la elaboración de los costos. Todo esto implicó un gran desafío ya que hubo que trabajar en la elaboración de variables con las que no se contaba anteriormente como el costo de hacer pedidos, el costo de mantenimiento de inventario, entre otras.

Aun cuando durante todo este trabajo se asumió que la demanda es incierta, es importante recordar que la misma es cambiante en el tiempo, así como también podrían cambiar las demás variables utilizadas para los cálculos realizados. Por lo tanto, el sistema de gestión de inventarios a implementar requerirá constantes actualizaciones teniendo en cuenta los cambios en la demanda de cada producto y su variabilidad, los costos de pedido y mantenimiento de inventario, los tiempos de entrega de proveedores, entre otros. De no hacerlo, se podría incurrir en errores y volver a los desequilibrios en los inventarios mencionados al inicio de este trabajo con un alto costo para la compañía.

La utilización de modelos de gestión de inventarios es una práctica generalizada en grandes empresas que cuentan con un alto grado de sofisticación en sus operaciones y disponen del conocimiento, recursos y tecnología necesaria para su aplicación. A partir de este trabajo evidenciamos que las pymes pueden también hacer uso de las mismas herramientas que grandes empresas en la una gestión de sus inventarios permitiéndoles ahorrar costos, aumentar el volumen de ventas, mejorar el nivel de servicio a sus clientes, y alocar de manera más eficiente sus recursos.

Por último, se pretende que este trabajo contribuya a despertar el interés de aquellas pymes que, como QUALYTEX, no cuentan con un modelo de gestión de inventarios a fin de que consideren su implementación. Sin lugar a dudas, se trata de una oportunidad de mejora que implicaría una ventaja competitiva y que potenciaría el crecimiento de largo plazo de estas empresas.

## 7. GLOSARIO

**Análisis ABC:** método de clasificación del inventario de acuerdo a criterios preestablecidos según su grado de importancia.

**Cantidad óptima de pedido (EOQ):** cantidad de inventario que se deberá pedir para minimizar la suma del costo de pedido y costo de mantenimiento de inventarios.

**Costos de mantenimiento de inventarios (H):** costo unitario de mantener un ítem en el inventario durante un período determinado de tiempo. Este incluye los costos financieros del inventario, almacenamiento, seguros y mermas.

**Costo de pedido (S):** suma de los costos fijos asociados a realizar una orden de pedido. Incluye el costo de trabajo asociado al pedido, la recepción y el control, costos de transporte, y cualquier otro costo fijo.

**Inventario de ciclo:** es el inventario que se mantiene en la cadena de suministro para abastecer la demanda. Varía directamente con la frecuencia en que se hacen los pedidos y el tamaño de estos.

**Inventario de seguridad (SS):** inventarios que permite amortiguar los efectos de la fluctuación en la variabilidad de la demanda y los tiempos de reposición.

**Nivel de servicio (SL):** probabilidad que tiene la empresa de poder cumplir con la demanda de los clientes.

**Nivel de inventario deseado (T):** en el sistema de revisión periódica es el nivel objetivo de inventario en cada revisión.

**Lead time (LT):** es el tiempo transcurrido entre que se ingresa una nueva orden de pedido y la misma ingresa a la empresa para formar parte del inventario.

**Período de revisión (P):** en el sistema de revisión periódica es el tiempo definido para revisar el nivel de inventario y determinar la necesidad de un nuevo pedido.

**Revisión continua (Q):** sistema de gestión de inventario en el cual se monitorea el nivel de inventarios en forma continua y se ingresa un pedido nuevo cuando el nivel de inventarios alcanza un nivel previamente determinado (punto de reorden).

**Revisión periódica (P):** sistema de gestión de inventario en el cual se controla el nivel de inventario con una periodicidad determinada y se determina la necesidad de realizar un nuevo pedido.

**Reposición única:** modelo de inventario de un solo período en el cual se determina el nivel de inventario óptimo que minimiza la suma de los costos de exceso de inventario y de faltantes de inventarios.

**Punto de reorden (ROP):** en el sistema de revisión continua el punto al cual el nivel de inventarios tendrá que caer para realizar un nuevo pedido.

**Valor actual neto (VAN):** es un indicador financiero para determinar la viabilidad de un proyecto a través de descontar los flujos futuros de ingresos y egresos por la tasa de interés.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Krajewsky L., Malhotra M., Ritzman L. (2008); “Administración de operaciones: procesos y cadena de valor”; 8va Edición; Pearson educación.
- Chopra S., Meindl P. (2008); “Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación”; 8va Edición; Pearson educación.
- Shapiro R. D. (2013); “Managing Inventory”, Harvard Business Publishing.
- Kraiselburd S., Serrano A. (2009), “Papeles, inventarios, finanzas y futuro”, INCAE BUSINESS REVIEW, Volumen 1 / Numero 8 / mayo - agosto 2019.
- Kraiselburd S (2016) “Basics of Inventory Theory renewed v 1.2.pdf”, Notas de clase Universidad Torcuato Di Tella.
- Piasecki D. (2001); “Optimization economic order quantity”, IIE SOLUTIONS.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1 – Clasificación ABC de artículos

Artículo	% Facturación	% Facturación acumulada	Clasificación
50 - BL	53.63%	53.63%	A
50 - NE	7.80%	61.43%	A
62 - BL	7.18%	68.61%	A
70 - BL	3.64%	72.26%	A
61 - BL	3.62%	75.88%	A
62 - NE	2.82%	78.70%	A
70 - NE	2.38%	81.08%	B
60 - BL	2.07%	83.15%	B
60 - NE	1.72%	84.88%	B
50 - RO	1.28%	86.16%	B
50 - FS	1.03%	87.19%	B
50 - AF	0.98%	88.16%	B
58 - NE	0.96%	89.13%	B
58 - BL	0.89%	90.01%	B
56 - NE	0.87%	90.88%	B
50 - TQ	0.77%	91.65%	B
70 - AF	0.70%	92.35%	B
50 - RF	0.59%	92.94%	B
70 - FS	0.55%	93.49%	B
50 - RS	0.52%	94.02%	B
57 - NE	0.49%	94.50%	B
70 - RO	0.47%	94.98%	B
61 - NE	0.43%	95.41%	C
56 - BL	0.41%	95.81%	C
50 - AZM	0.40%	96.22%	C
65 - NE	0.40%	96.62%	C
50 - LI	0.39%	97.01%	C
50 - VE	0.37%	97.38%	C
50 - CO	0.36%	97.73%	C
70 - AZN	0.28%	98.02%	C
50 - AMA	0.24%	98.25%	C
58 - PI	0.23%	98.48%	C
58 - RO	0.19%	98.68%	C
50 - VF	0.18%	98.86%	C
65 - BL	0.18%	99.04%	C
65 - PI	0.18%	99.22%	C
60 - AF	0.16%	99.38%	C
64 - NE	0.16%	99.54%	C
57 - PI	0.12%	99.66%	C
56 - PI	0.10%	99.76%	C
57 - BL	0.08%	99.83%	C
50 - RORQ	0.07%	99.91%	C
64 - BL	0.03%	99.94%	C
64 - FC	0.03%	99.97%	C
64 - AF	0.01%	99.99%	C
64 - GT	0.01%	100.00%	C



Anexo 2 – Cálculos modelo EOQ con sistema de revisión continua (Q)

Artículo	Costo unitario (USD)	H (USD anual x kg)	S (USD x pedido)	Demanda anual promedio (kg)	EOQ (kg)	Cantidad Pedidos	Cantidad Contenedores HQ	Lead Time Promedio (mensual)	Desvío Estándar Lead Time	Desvío Estándar Demanda	SS (kg)	ROP (kg)	Costo inventario de ciclo (USD)	Costo de pedido (USD)	Costo inventario de seguridad (USD)	Costo total (USD)
50 - BL	\$ 6.12	\$ 2.70	\$ 10,724	21792	13,158	1.7	1.04	2.83	0.19	2,092	4511	9651	\$ 17,763	\$ 17,761	\$ 12,180	\$ 47,704
50 - NE	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	4245	5,673	0.7	0.20	2.83	0.19	497	1072	2074	\$ 8,027	\$ 8,025	\$ 3,034	\$ 19,086
62 - BL	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	4739	6,217	0.8	0.23	2.83	0.19	559	1206	2324	\$ 8,175	\$ 8,175	\$ 3,172	\$ 19,522
70 - BL	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	3646	5,896	0.6	0.17	2.83	0.19	686	1479	2339	\$ 6,633	\$ 6,632	\$ 3,328	\$ 16,593
61 - BL	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	2625	4,627	0.6	0.13	2.83	0.19	610	1316	1936	\$ 6,085	\$ 6,084	\$ 3,461	\$ 15,630
62 - NE	\$ 6.65	\$ 2.76	\$ 10,724	1000	2,788	0.4	0.05	2.83	0.19	274	591	827	\$ 3,847	\$ 3,846	\$ 1,631	\$ 9,324
70 - NE	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	2020	4,389	0.5	0.10	2.83	0.19	336	725	1202	\$ 4,938	\$ 4,936	\$ 1,631	\$ 11,505
60 - BL	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	500	2,020	0.2	0.02	2.83	0.19	259	559	677	\$ 2,656	\$ 2,654	\$ 1,470	\$ 6,780
60 - NE	\$ 6.65	\$ 2.76	\$ 10,724	300	1,527	0.2	0.01	2.83	0.19	339	731	802	\$ 2,107	\$ 2,107	\$ 2,018	\$ 6,232
50 - RO	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	706	2,314	0.3	0.03	2.83	0.19	97	210	377	\$ 3,274	\$ 3,272	\$ 594	\$ 7,140
50 - FS	\$ 7.68	\$ 2.87	\$ 10,724	503	1,939	0.3	0.02	2.83	0.19	83	179	298	\$ 2,782	\$ 2,782	\$ 514	\$ 6,078
50 - AF	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	680	2,271	0.3	0.03	2.83	0.19	103	223	384	\$ 3,213	\$ 3,211	\$ 631	\$ 7,055
58 - NE	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	599	2,036	0.3	0.03	2.83	0.19	145	313	455	\$ 3,156	\$ 3,155	\$ 970	\$ 7,281
58 - BL	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	987	2,614	0.4	0.05	2.83	0.19	222	479	712	\$ 4,052	\$ 4,049	\$ 1,485	\$ 9,586
56 - NE	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	599	2,131	0.3	0.03	2.83	0.19	134	289	431	\$ 3,015	\$ 3,014	\$ 818	\$ 6,847
50 - TQ	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	419	1,782	0.2	0.02	2.83	0.19	113	244	343	\$ 2,522	\$ 2,522	\$ 691	\$ 5,735
70 - AF	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	428	2,020	0.2	0.02	2.83	0.19	102	220	321	\$ 2,273	\$ 2,272	\$ 495	\$ 5,040
50 - RF	\$ 6.91	\$ 2.79	\$ 10,724	503	1,967	0.3	0.02	2.83	0.19	246	531	650	\$ 2,744	\$ 2,742	\$ 1,481	\$ 6,967
70 - FS	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	273	1,614	0.2	0.01	2.83	0.19	130	281	346	\$ 1,816	\$ 1,814	\$ 632	\$ 4,262
50 - RS	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	296	1,498	0.2	0.01	2.83	0.19	85	184	254	\$ 2,120	\$ 2,119	\$ 521	\$ 4,760
57 - NE	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	393	1,726	0.2	0.02	2.83	0.19	71	154	247	\$ 2,442	\$ 2,442	\$ 436	\$ 5,320
70 - RO	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	619	2,430	0.3	0.03	2.83	0.19	222	479	625	\$ 2,734	\$ 2,732	\$ 1,078	\$ 6,544
61 - NE	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	681	2,357	0.3	0.03	2.83	0.19	387	835	996	\$ 3,099	\$ 3,098	\$ 2,196	\$ 8,393

Anexo 2 – Cálculos modelo EOQ con sistema de revisión continua (Q) (cont.)

Artículo	Costo unitario (USD)	H (USD anual x kg)	S (USD x pedido)	Demanda anual promedio (kg)	EOQ (kg)	Cantidad Pedidos	Cantidad Contenedores HQ	Lead Time Promedio (mensual)	Desvío Estándar Lead Time	Desvío Estándar Demanda	SS (kg)	ROP (kg)	Costo inventario de ciclo (USD)	Costo de pedido (USD)	Costo inventario de seguridad (USD)	Costo total (USD)
56 - BL	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	292	1488	0.20	0.01	2.83	0.19	70	152	221	2106	2104	430	4640
50 - AZM	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	358	1648	0.22	0.02	2.83	0.19	120	260	345	2332	2330	736	5398
65 - NE	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	462	1942	0.24	0.02	2.83	0.19	97	211	320	2554	2551	555	5660
50 - LI	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	199	1229	0.16	0.01	2.83	0.19	58	126	173	1739	1736	357	3832
50 - VE	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	293	1491	0.20	0.01	2.83	0.19	70	152	222	2110	2107	430	4647
50 - CO	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	296	1498	0.20	0.01	2.83	0.19	51	112	182	2120	2119	317	4556
70 - AZN	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	447	2065	0.22	0.02	2.83	0.19	214	462	568	2323	2321	1040	5684
50 - AMA	\$ 6.91	\$ 2.79	\$ 10,724	188	1203	0.16	0.01	2.83	0.19	55	119	164	1678	1676	332	3686
58 - PI	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	308	1460	0.21	0.01	2.83	0.19	50	110	183	2263	2262	341	4866
58 - RO	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	259	1339	0.19	0.01	2.83	0.19	28	63	125	2075	2074	195	4344
50 - VF	\$ 7.68	\$ 2.87	\$ 10,724	284	1457	0.19	0.01	2.83	0.19	54	118	185	2091	2090	339	4520
65 - BL	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	228	1364	0.17	0.01	2.83	0.19	49	107	161	1794	1793	281	3868
65 - PI	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	195	1262	0.15	0.01	2.83	0.19	24	53	99	1660	1657	139	3456
60 - AF	\$ 6.65	\$ 2.76	\$ 10,724	255	1408	0.18	0.01	2.83	0.19	35	77	138	1943	1942	213	4098
64 - NE	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	85	767	0.11	0.00	2.83	0.19	17	37	58	1189	1188	115	2492
57 - PI	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	175	1152	0.15	0.01	2.83	0.19	90	195	237	1630	1629	552	3811
56 - PI	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	67	713	0.09	0.00	2.83	0.19	34	74	90	1009	1008	209	2226
57 - BL	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	193	1210	0.16	0.01	2.83	0.19	39	85	131	1712	1711	241	3664
50 - RORQ	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	150	1067	0.14	0.01	2.83	0.19	48	104	140	1510	1508	294	3312
64 - BL	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	47	571	0.08	0.00	2.83	0.19	0.2	3	15	885	883	9	1777
64 - FC	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	47	571	0.08	0.00	2.83	0.19	0.2	3	15	885	883	9	1777
64 - AF	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	24	408	0.06	0.00	2.83	0.19	0.2	2	8	632	631	6	1269
64 - GT	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	23	399	0.06	0.00	2.83	0.19	0.2	2	8	618	618	6	1242

Anexo 3 – Cálculos modelo sistema de revisión periódica (P)

Artículo	Costo unitario (USD)	H (\$ anual por kg)	S (\$ por pedido)	Demanda anual promedio (kg)	EOQ (kg)	Lead Time Promedio (mensual)	P (meses)	P + Lt (meses)	Desvio Estándar Lead Time	Desvio Estándar Demanda	SS (kg)	T = D(P+Lt) + SS (kg)	Costo inventario de ciclo (USD)	Costo de pedido (USD)	Costo inventario de seguridad (USD)	Costo total (USD)
50 - BL	\$ 6.12	\$ 2.70	\$ 10,724	21792	13,158	2.83	3	5.83	0.19	2092	6960	17548	\$ 7,355	\$ 42,896	\$ 18,792	\$ 37,276
50 - NE	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	4245	5,673	2.83	3	5.83	0.19	497	1616	3679	\$ 1,502	\$ 42,896	\$ 4,574	\$ 8,244
62 - BL	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	4739	6,217	2.83	3	5.83	0.19	559	1817	4120	\$ 1,558	\$ 42,896	\$ 4,779	\$ 8,758
70 - BL	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	3646	5,896	2.83	3	5.83	0.19	686	2164	3936	\$ 1,026	\$ 42,896	\$ 4,869	\$ 7,757
61 - BL	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	2625	4,627	2.83	3	5.83	0.19	610	1911	3187	\$ 863	\$ 42,896	\$ 5,026	\$ 7,230
62 - NE	\$ 6.65	\$ 2.76	\$ 10,724	1000	2,788	2.83	3	5.83	0.19	274	856	1342	\$ 345	\$ 42,896	\$ 2,363	\$ 3,219
70 - NE	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	2020	4,389	2.83	3	5.83	0.19	336	1066	2048	\$ 569	\$ 42,896	\$ 2,399	\$ 4,000
60 - BL	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	500	2,020	2.83	3	5.83	0.19	259	803	1046	\$ 165	\$ 42,896	\$ 2,112	\$ 2,533
60 - NE	\$ 6.65	\$ 2.76	\$ 10,724	300	1,527	2.83	3	5.83	0.19	339	1049	1195	\$ 104	\$ 42,896	\$ 2,896	\$ 3,154
50 - RO	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	706	2,314	2.83	3	5.83	0.19	97	312	655	\$ 250	\$ 42,896	\$ 883	\$ 1,494
50 - FS	\$ 7.68	\$ 2.87	\$ 10,724	503	1,939	2.83	3	5.83	0.19	83	264	509	\$ 181	\$ 42,896	\$ 758	\$ 1,196
50 - AF	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	680	2,271	2.83	3	5.83	0.19	103	329	660	\$ 241	\$ 42,896	\$ 932	\$ 1,521
58 - NE	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	599	2,036	2.83	3	5.83	0.19	145	454	746	\$ 233	\$ 42,896	\$ 1,408	\$ 1,947
58 - BL	\$ 9.73	\$ 3.10	\$ 10,724	987	2,614	2.83	3	5.83	0.19	222	696	1176	\$ 383	\$ 42,896	\$ 2,158	\$ 3,046
56 - NE	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	599	2,131	2.83	3	5.83	0.19	134	421	713	\$ 212	\$ 42,896	\$ 1,192	\$ 1,710
50 - TQ	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	419	1,782	2.83	3	5.83	0.19	113	353	557	\$ 149	\$ 42,896	\$ 999	\$ 1,362
70 - AF	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	428	2,020	2.83	3	5.83	0.19	102	320	528	\$ 121	\$ 42,896	\$ 720	\$ 1,060
50 - RF	\$ 6.91	\$ 2.79	\$ 10,724	503	1,967	2.83	3	5.83	0.19	246	763	1008	\$ 176	\$ 42,896	\$ 2,129	\$ 2,562
70 - FS	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	273	1,614	2.83	3	5.83	0.19	130	404	537	\$ 77	\$ 42,896	\$ 909	\$ 1,126
50 - RS	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	296	1,498	2.83	3	5.83	0.19	85	266	410	\$ 105	\$ 42,896	\$ 753	\$ 1,010
57 - NE	\$ 7.29	\$ 2.83	\$ 10,724	393	1,726	2.83	3	5.83	0.19	71	225	416	\$ 140	\$ 42,896	\$ 637	\$ 978
70 - RO	\$ 2.05	\$ 2.25	\$ 10,724	619	2,430	2.83	3	5.83	0.19	222	691	992	\$ 175	\$ 42,896	\$ 1,555	\$ 2,047
61 - NE	\$ 5.50	\$ 2.63	\$ 10,724	681	2,357	2.83	3	5.83	0.19	387	1199	1530	\$ 224	\$ 42,896	\$ 3,154	\$ 3,726

Anexo 3 – Cálculos modelo sistema de revisión periódica (P) (cont.)

Artículo	Costo unitario (USD)	H (\$ anual por kg)	S (\$ por pedido)	Demanda anual promedio (kg)	EOQ (kg)	Lead Time Promedio (mensual)	P (meses)	P + Lt (meses)	Desvío Estándar Lead Time	Desvío Estándar Demanda	SS (kg)	T = D(P+Lt) + SS (kg)	Costo inventario de ciclo (USD)	Costo de pedido (USD)	Costo inventario de seguridad (USD)	Costo total (USD)
56 - BL	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	292	1488	2.83	3	5.83	0.19	70	220	362	\$ 104	\$ 42,896	\$ 623	\$ 877
50 - AZM	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	358	1648	2.83	3	5.83	0.19	120	374	548	\$ 127	\$ 42,896	\$ 1,059	\$ 1,369
65 - NE	\$ 5.50	\$ 2.63	10724	462	1942	2.83	3	5.83	0.19	97	305	530	\$ 152	\$ 42,896	\$ 803	\$ 1,191
50 - LI	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	199	1229	2.83	3	5.83	0.19	58	181	278	\$ 71	\$ 42,896	\$ 513	\$ 686
50 - VE	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	293	1491	2.83	3	5.83	0.19	70	220	363	\$ 104	\$ 42,896	\$ 623	\$ 877
50 - CO	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	296	1498	2.83	3	5.83	0.19	51	162	306	\$ 105	\$ 42,896	\$ 459	\$ 716
70 - AZN	\$ 2.05	\$ 2.25	10724	447	2065	2.83	3	5.83	0.19	214	664	882	\$ 126	\$ 42,896	\$ 1,494	\$ 1,849
50 - AMA	\$ 6.91	\$ 2.79	10724	188	1203	2.83	3	5.83	0.19	55	172	264	\$ 66	\$ 42,896	\$ 480	\$ 643
58 - PI	\$ 9.73	\$ 3.10	10724	308	1460	2.83	3	5.83	0.19	50	159	309	\$ 120	\$ 42,896	\$ 493	\$ 771
58 - RO	\$ 9.73	\$ 3.10	10724	259	1339	2.83	3	5.83	0.19	28	92	218	\$ 101	\$ 42,896	\$ 286	\$ 520
50 - VF	\$ 7.68	\$ 2.87	10724	284	1457	2.83	3	5.83	0.19	54	171	309	\$ 102	\$ 42,896	\$ 491	\$ 739
65 - BL	\$ 5.50	\$ 2.63	10724	228	1364	2.83	3	5.83	0.19	49	154	265	\$ 75	\$ 42,896	\$ 406	\$ 598
65 - PI	\$ 5.50	\$ 2.63	10724	195	1262	2.83	3	5.83	0.19	24	78	173	\$ 65	\$ 42,896	\$ 206	\$ 371
60 - AF	\$ 6.65	\$ 2.76	10724	255	1408	2.83	3	5.83	0.19	35	113	237	\$ 88	\$ 42,896	\$ 312	\$ 531
64 - NE	\$ 9.73	\$ 3.10	10724	85	767	2.83	3	5.83	0.19	17	54	96	\$ 33	\$ 42,896	\$ 168	\$ 245
57 - PI	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	175	1152	2.83	3	5.83	0.19	90	279	365	\$ 62	\$ 42,896	\$ 790	\$ 942
56 - PI	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	67	713	2.83	3	5.83	0.19	34	106	139	\$ 24	\$ 42,896	\$ 300	\$ 359
57 - BL	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	193	1210	2.83	3	5.83	0.19	39	123	217	\$ 69	\$ 42,896	\$ 349	\$ 517
50 - RORQ	\$ 7.29	\$ 2.83	10724	150	1067	2.83	3	5.83	0.19	48	150	223	\$ 54	\$ 42,896	\$ 425	\$ 556
64 - BL	\$ 9.73	\$ 3.10	10724	47	571	2.83	3	5.83	0.19	0.2	6	29	\$ 19	\$ 42,896	\$ 19	\$ 63
64 - FC	\$ 9.73	\$ 3.10	10724	47	571	2.83	3	5.83	0.19	0.2	6	29	\$ 19	\$ 42,896	\$ 19	\$ 63
64 - AF	\$ 9.73	\$ 3.10	10724	24	408	2.83	3	5.83	0.19	0.2	3	15	\$ 10	\$ 42,896	\$ 10	\$ 33
64 - GT	\$ 9.73	\$ 3.10	10724	23	399	2.83	3	5.83	0.19	0.2	3	15	\$ 9	\$ 42,896	\$ 10	\$ 31

Anexo 4 – Cálculos inventario promedio actual vs. modelo Q

ARTICULO	Inventario promedio Modelo P (kg)	Inventario promedio actual (kg)	Diferencia Inventario promedio (kg)	Costo unitario total (USD x kg)	Costo anual de mantener inventarios (USD x kg)	Inventario incremental por única vez (USD)	Variación costo anual de mantener inventario (USD)
50 - BL	9684	15445	-5761	\$ 6.12	\$ 2.70	35,257	15,555
50 - NE	2147	4280	-2133	\$ 7.29	\$ 2.83	15,550	6,036
62 - BL	2410	3691	-1281	\$ 5.50	\$ 2.63	7,046	3,369
70 - BL	2620	2650	-30	\$ 2.05	\$ 2.25	62	68
61 - BL	2240	2092	148	\$ 5.50	\$ 2.63	814	389
62 - NE	981	799	182	\$ 6.65	\$ 2.76	1,210	502
70 - NE	1319	1017	302	\$ 2.05	\$ 2.25	619	680
60 - BL	866	1917	-1051	\$ 5.50	\$ 2.63	5,781	2,764
60 - NE	1087	1518	-431	\$ 6.65	\$ 2.76	2,866	1,190
50 - RO	401	743	-342	\$ 7.29	\$ 2.83	2,493	968
50 - FS	327	523	-196	\$ 7.68	\$ 2.87	1,505	563
50 - AF	414	1484	-1070	\$ 7.29	\$ 2.83	7,800	3,028
58 - NE	529	3385	-2856	\$ 9.73	\$ 3.10	27,789	8,854
58 - BL	820	836	-16	\$ 9.73	\$ 3.10	156	50
56 - NE	496	428	68	\$ 7.29	\$ 2.83	496	192
50 - TQ	406	599	-193	\$ 7.29	\$ 2.83	1,407	546
70 - AF	374	727	-353	\$ 2.05	\$ 2.25	724	794
50 - RF	826	606	220	\$ 6.91	\$ 2.79	1,520	614
70 - FS	439	704	-265	\$ 2.05	\$ 2.25	543	596
50 - RS	303	642	-339	\$ 7.29	\$ 2.83	2,471	959
57 - NE	275	940	-665	\$ 7.29	\$ 2.83	4,848	1,882
70 - RO	769	540	229	\$ 2.05	\$ 2.25	469	515
61 - NE	1285	0	1285	\$ 5.50	\$ 2.63	7,068	3,380
56 - BL	257	290	-33	\$ 7.29	\$ 2.83	241	93
50 - AZM	419	696	-277	\$ 7.29	\$ 2.83	2,019	784
65 - NE	363	735	-372	\$ 5.50	\$ 2.63	2,046	978
50 - LI	206	401	-195	\$ 7.29	\$ 2.83	1,422	552
50 - VE	257	528	-271	\$ 7.29	\$ 2.83	1,976	767
50 - CO	199	846	-647	\$ 7.29	\$ 2.83	4,717	1,831
70 - AZN	720	0	720	\$ 2.05	\$ 2.25	1,476	1,620
50 - AMA	196	510	-314	\$ 6.91	\$ 2.79	2,170	876
58 - PI	198	154	44	\$ 9.73	\$ 3.10	428	136
58 - RO	125	193	-68	\$ 9.73	\$ 3.10	662	211
50 - VF	207	276	-69	\$ 7.68	\$ 2.87	530	198
65 - BL	183	458	-275	\$ 5.50	\$ 2.63	1,513	723
65 - PI	103	571	-468	\$ 5.50	\$ 2.63	2,574	1,231
60 - AF	145	281	-136	\$ 6.65	\$ 2.76	904	375
64 - NE	65	4012	-3947	\$ 9.73	\$ 3.10	38,404	12,236
57 - PI	301	163	138	\$ 7.29	\$ 2.83	1,006	391
56 - PI	115	668	-553	\$ 7.29	\$ 2.83	4,031	1,565
57 - BL	148	534	-386	\$ 7.29	\$ 2.83	2,814	1,092
50 - RORQ	169	507	-338	\$ 7.29	\$ 2.83	2,464	957
64 - BL	12	88	-76	\$ 9.73	\$ 3.10	739	236
64 - FC	12	116	-104	\$ 9.73	\$ 3.10	1,012	322
64 - AF	6	139	-133	\$ 9.73	\$ 3.10	1,294	412
64 - GT	6	759	-753	\$ 9.73	\$ 3.10	7,327	2,334