

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Consumo eficiente de energía: modelo de gestión de
inventario para cuartos fríos en una florícola**
Proyecto de investigación

Cristian Roberto Rosero Montalvo

Ingeniería Industrial

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Industrial

Quito, 16 de mayo de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Consumo eficiente de energía: modelo de gestión de inventario para cuartos fríos en una florícola

Cristian Roberto Rosero Montalvo

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Gabriela Baldeón, Ing.

Firma del profesor

Quito, 16 de mayo de 2016

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Cristian Roberto Rosero Montalvo

Código: 00107687

Cédula de Identidad: 1721402079

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2016

RESUMEN

El manejo deficiente de inventario puede generar pérdidas millonarias a una compañía, esto se evidencia tanto en pequeñas como en grandes empresas. Para reconocidas compañías hay numerosos casos como sucedió con Nike en el año 2001, cuando presentó una pérdida en ventas de aproximadamente \$100 millones de dólares debido a pronósticos deficientes que resultaron en un exceso de inventario de baja rotación (Reuters, 2001). Por lo tanto, es imprescindible contar con una buena gestión de inventario. Este trabajo tiene como objetivo mejorar la planificación de producción, así como reducir los niveles de inventario para optimizar el consumo de energía en los cuartos fríos de una florícola. Para ello se empleó la metodología DMAIC con la finalidad de evaluar el estado actual, analizar posibilidades de mejora y aplicar modelos apropiados. Inicialmente, se investigó sobre el sector florícola en Ecuador con el fin de conocer su desarrollo en los últimos años. Enseguida, se recogió datos de la empresa y se levantó información para realiza pronósticos sobre la demanda. Posteriormente se definió costos y procesos de interés para finalmente aplicar un modelo acorde al caso, y así establecer la cantidad óptima de almacenamiento minimizando los costos asociados de la gestión de inventario final.

Palabras clave: gestión de inventario; perecedero; modelo; planificación de producción; pronósticos; costos.

ABSTRACT

Poor inventory management can generate losses of millions of dollars to a company, this is evidenced on both small and large companies. For big companies there are numerous cases like Nike in 2001, when it presented a loss in sales of approximately \$ 100 million due to poor forecasting that resulted in excess of low turnover inventory (Reuters, 2001). Therefore, it is essential to have a good inventory management. This work aims to improve production planning and reduce inventory levels to optimize energy consumption in the cold rooms of flower farm. For this project DMAIC methodology was used in order to assess the current state, analyze possible improvements, and implement appropriate models. The start point was to investigate about the floriculture sector in Ecuador in order to meet its development in recent years. Next, company data and information was collected to make forecasts on demand. Subsequently interest costs and processes were defined to finally implement a model according to the case, and establish the optimum amount of storage minimizing the costs associated with ending inventory management.

Key words: Inventory management; perishable; model; production planning; forecasts; costs.

Trabajo de Titulación Ingeniería Industrial 2015

Consumo eficiente de energía: modelo de gestión de inventario para cuartos fríos en una florícola

Rosero R. Cristian

Universidad San Francisco de Quito, Quito 170157, Ecuador

Resumen

El manejo deficiente de inventario puede generar pérdidas millonarias a una compañía, esto se evidencia tanto en pequeñas como en grandes empresas. Para reconocidas compañías hay numerosos casos como sucedió con Nike en el año 2001, cuando presentó una pérdida en ventas de aproximadamente \$100 millones de dólares debido a pronósticos deficientes que resultaron en un exceso de inventario de baja rotación (Reuters, 2001). Por lo tanto, es imprescindible contar con una buena gestión de inventario. Este trabajo tiene como objetivo mejorar la planificación de producción, así como reducir los niveles de inventario para optimizar el consumo de energía en los cuartos fríos de una florícola. Para ello se empleó la metodología DMAIC con la finalidad de evaluar el estado actual, analizar posibilidades de mejora y aplicar modelos apropiados. Inicialmente, se investigó sobre el sector florícola en Ecuador con el fin de conocer su desarrollo en los últimos años. Enseguida, se recogió datos de la empresa y se levantó información para realiza pronósticos sobre la demanda. Posteriormente se definió costos y procesos de interés para finalmente aplicar un modelo acorde al caso, y así establecer la cantidad óptima de almacenamiento minimizando los costos asociados de la gestión de inventario final.

gestión de inventario; perecedero; modelo; planificación de producción; pronósticos; costos.

1. Introducción

1.1. Sector Florícola en Ecuador

La exportación de flores nace hace más de tres décadas en Ecuador, específicamente en 1980, y ha presentado un notable desarrollo en los últimos años (Pro Ecuador, 2015). Muestra de ello es la exportación que se dio en el 2015 con una suma de \$820 millones de dólares. Además, genera empleo tanto directa como indirectamente a cerca de 105000 personas (Expoflores, 2015). Esto la convierte en una industria representativa para el Ecuador que cuenta con florícolas productoras y exportadoras en varias provincias del país, entre las principales Pichincha, Imbabura, Cotopaxi, Cañar, Azuay, Carchi y Guayas (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2011). La mayor cantidad de empresas que conforman este sector se encuentran localizadas en la provincia de Pichincha con el 75% Lo que se observa en la Figura 1.

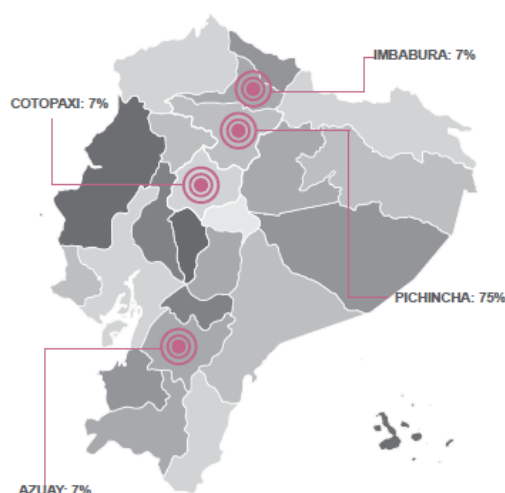


Fig. 1. Empresas del sector florícola en Ecuador (Pro Ecuador, 2015)

Hasta el año 2011 se encontraban registradas un total de 447 florícolas a nivel nacional. Estas se enfocan principalmente en la producción de rosas de las cuales se manejan más de 60 variedades. Los principales mercados de destino son Estados Unidos, Rusia, Países Bajos y Europa (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2011). Para 2015 se registraron 629 florícolas a nivel nacional, este crecimiento ha colaborado para que Ecuador se convierta en el mayor productor de *Gypsophila* (flor de exportación) representando un 77% de la producción mundial (Pro Ecuador, 2015).

Gracias a este crecimiento y a los altos estándares del sector, varias de las empresas dedicadas a la producción y exportación de flores se encuentran en constante desarrollo. Sin embargo, hay un elevado porcentaje de estas empresas que manejan empíricamente sus procesos, planificación y producción. El mayor enfoque del sector se encuentra destinado a desarrollar nuevas variedades de flores en alianza con obtentores extranjeros (laboratorios especializados en biogenética) en lugar de implementar experticia para sus procesos y mejora interna (IEPI, 2015).

Para este proyecto se escogió una florícola perteneciente a la provincia de Pichincha, para la cual se hará una propuesta de un modelo para mejorar la gestión del inventario en los cuartos fríos de la empresa. Lo que permitirá contar con respaldo para una mejor planeación de la producción, tanto como reducción del consumo de energía y de ocupación de espacio de las flores en cuanto a almacenamiento se refiere.

1.2. Descripción de la empresa analizada

La empresa Joseth & Maximilian Flowers S.A. conocida como J & M es una florícola localizada en Tabacundo, al norte de la provincia de Pichincha, dedicada a la producción de rosas con más de una década en el mercado. Al presente año cuenta con quince hectáreas sembradas las mismas que se encuentran distribuidas en tres fincas. En 2015 la empresa registró ventas por cerca de 2 millones de dólares (SC, 2015). Sin embargo, cabe recalcar que las exportaciones de flores de Ecuador tuvieron una caída de \$60 M en enero de 2016 dada la crisis presente (Romero, 2016).

En la finca principal de J&M se encuentran sus instalaciones principales tanto administrativas como de procesamiento en relación a esterilización, corte, almacenamiento y empaquetamiento final de las flores. Las otras fincas son exclusivamente para la producción (siembra y cosecha) de flores.

Actualmente el 96% de su producción se comercializa principalmente a Estados Unidos, hay un 3% que se encuentra destinado para la venta nacional y menos del 1% es el desperdicio. La empresa maneja exactamente 63 variedades de flores. La unidad de venta se denomina 'full' y es la composición de dos paquetes denominados 'tabacos', cada uno de estos se encuentra formado por 250 tallos que representan 10 bonches (ramos) de flores. Estas unidades se forman en base a las ventas diarias que se realizan para los distintos clientes. Existe un pequeño porcentaje de órdenes fijas semanales que se establecen a principio de cada año con clientes particulares, estas en general se separan primero para ser despachadas antes de otros pedidos (Arias, 2015).

J & M cuenta con un total de 30 trabajadores entre la parte administrativa y productiva. El transporte de sus pedidos es tercerizado, se encarga del traslado de las flores desde la finca principal a bodegas frías cercanas al aeropuerto de Tababela para posteriormente ser enviadas a su destino final vía aérea. La empresa funciona entre semana en una sola jornada laboral iniciando a las 8 de la mañana y finalizando a las 4 en la tarde, pero durante la época de San Valentín la jornada se extiende hasta las 9 de la noche en varios días debido al aumento radical de la demanda.

2. Desarrollo

Para identificar el estado de la empresa se procedió a recoger información de la gestión, planificación, y procesos de interés. El levantamiento de datos se realizó tanto para el área de producción como para el almacenamiento puesto que ambos se toman en cuenta en cualquier modelo de inventario. Posteriormente se recolectó información sobre la demanda para poder observar su comportamiento y pronosticar la misma. Para poder aplicar el modelo de gestión de inventario se estimaron costos involucrados en el proceso de poscosecha (proceso a partir de que las flores llegan al área de producción).

2.1. Gestión actual de J&M

J&M tiene limitaciones por falta de comunicación entre áreas de la empresa. La producción no cuenta con datos sobre la demanda ya que esta se maneja específicamente por ventas lo que dificulta estimaciones de abastecimiento. También hay pérdida de información sobre los niveles de inventario puesto que no se guarda los datos constantemente, sino que se actualiza las cantidades diariamente sobre una plantilla, lo que deja información únicamente del último periodo (día) en cuando a inventario se refiere. Por ello, se maneja una producción basada en el promedio como sugiere el gerente de producción de la empresa en base a su experiencia.

En cuanto a almacenamiento se refiere, para los cuartos fríos se maneja una política de despacho FIFO, lo primero que entra es lo primero que sale, debido a que las flores son producto perecedero. Para la asignación de espacios de las flores almacenadas simplemente se las divide por tamaño de tallo. Otro aspecto es que no se planifica cuánto stock se debería mantener para satisfacer la demanda para los distintos periodos. Es por esto que no se sabe cómo utilizar eficientemente los cuartos fríos que consumen gran cantidad de energía debido a las máquinas refrigerantes que emplean.

El consumo de energía de los frigoríficos en los cuartos fríos representa el costo más alto luego del material empleado en el área de almacenamiento con un 28% del total, por lo que es importante analizar opciones de reducirlo. Existe un número de semanas que se apaga uno de los cuartos fríos debido a la baja demanda, pero hay varias semanas más en las que se podría hacer lo mismo si hubiera un soporte de pronósticos detrás. Esto explica el requerimiento de mejorar tanto la recolección de datos como de implementar un modelo de gestión de inventario que proporcione un buen balance entre producción, niveles de inventario y demanda.

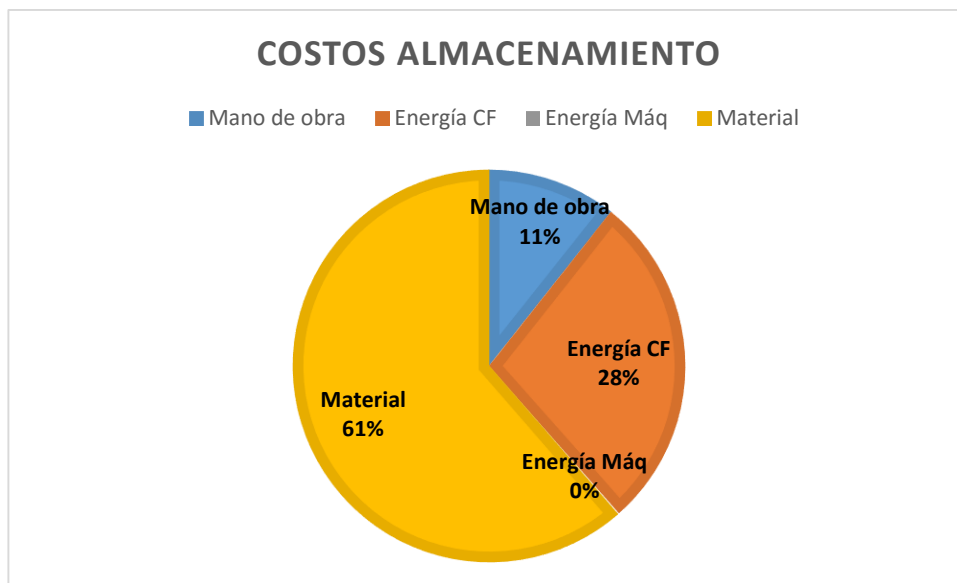


Fig 2. Porcentajes de costos de Almacenamiento.

2.2. Poscosecha y almacenamiento

Estos son los principales procesos a ser tomados en cuenta para la obtención de información y datos relevantes. Estos procesos inician una vez que los follajes (conjunto de flores recién cortadas) arriban al área de producción desde las tres fincas. Aquí interviene varias actividades, operarios y elementos que se describen en el Anexo 1. Este flujograma fue soporte para el posterior levantamiento de los costos tanto de preparación, producción y almacenamiento.

2.3. Demanda

Para tomar decisiones sobre un modelo de inventario es preciso estudiar el comportamiento de la demanda. Esta representa parte crucial para manejar de manera eficiente los artículos de una empresa con el propósito de generar un balance en los niveles de stock para optimizar recursos cumpliendo con los pedidos de los clientes (Chackleson & Errasti, 2010). Los pronósticos son una estimación de lo que acontecerá en el futuro en base a una proyección de datos registrados en el pasado, en otras palabras, son afirmaciones sobre el futuro que se obtienen en base a métodos que soportan la forma de predicción.

Para entender la demanda es preciso analizar datos pasados, así como realizar pronósticos para poder hallar patrones y comportamientos. Al ser la fuente principal para inferir sobre el futuro, es decir algo que no ha pasado, tiene limitaciones y un alcance restringido que de todas maneras tiene aplicaciones convenientes para las empresas. (Nahmias, 2014) Existen tanto métodos cualitativos como cuantitativos, para este estudio se emplearán los métodos de series de tiempo que pertenecen al segundo grupo puesto que permiten obtener información objetiva de los datos analizados.

En primer lugar, se recogieron los datos de la demanda de tres años, 2013, 2014 y 2015. Con esto se realizaron gráficas para la demanda tanto mensual como semanalmente para determinar su comportamiento. En la Figura 2 se representa la demanda para los tres años con periodo mensual. Los datos de la demanda mensual se encuentran en el Anexo 2.

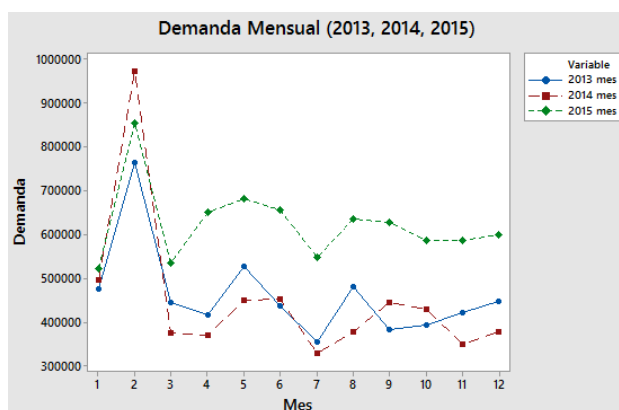


Fig. 3. Tallos vendidos vs meses J&M 2013, 2014, 2015 (Arias, 2015).

En esta gráfica se puede observar un patrón estacional para la demanda mensual de los tallos vendidos en los últimos 3 años. Como se esperaba, existe un pico en el mes de febrero debido al valentín americano y valentín ruso lo que genera un pico en las exportaciones. Por lo tanto para realizar pronósticos sobre los meses se debe emplear el método de Winters ya que este se emplea para comportamientos de demanda cíclica o estacional.

Luego se graficó la demanda semanal para los mismos tres años con el propósito de estimar patrones con periodos de tiempo más cortos lo que se observa en la Figura 3. Esto permitirá que al realizar pronósticos se permita planificar a corto plazo puesto que las flores se cosechan, venden y exportan diariamente. Los datos de la demanda semanal se encuentran en el Anexo 3.

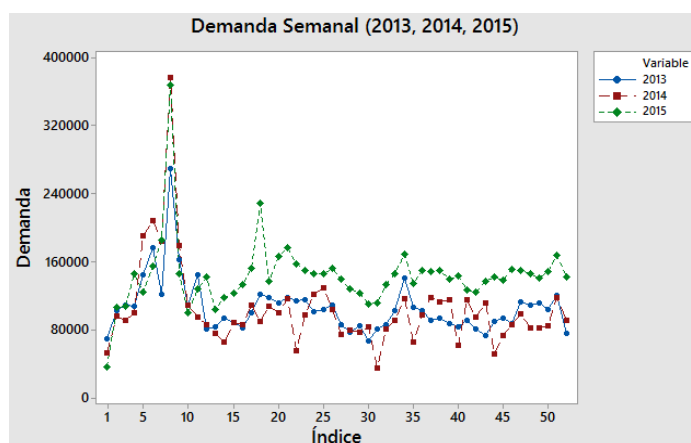


Fig. 4. Tallos vendidos vs semanas J&M 2013, 2014, 2015 (Arias, 2015).

Al observar la gráfica se evidencia nuevamente un patrón que se repite para cada año, el comportamiento estacional se da también para la demanda semanal de los últimos tres años. Por esta razón, aquí también se aplicó Winters para realizar pronósticos más adelante.

Dado el cambio representativo que se observa en la demanda del 2015 en comparación con los años 2013 y 2014, los pronósticos pueden generar una sobre estimación ya que dan mayor peso a los datos del último año. Por esta razón, se estableció en conjunto con la empresa el mejor y el peor caso para el crecimiento de la demanda con el objetivo de evaluar ambos casos a parte de los pronósticos con Winters. El mejor caso se determinó como el aumento de la demanda en un 3% en promedio, mientras que el peor caso se estableció como un decrecimiento de 10% de la demanda en promedio, y el tercer caso corresponde a los pronósticos realizados aplicando Winters.

Una vez realizados los pronósticos para los tres casos se procederá a comparar las cantidades de tallos pronosticados por semana con la capacidad de producción y capacidad de los cuartos fríos para realizar una propuesta de las semanas en las que se podría apagar uno de los cuartos fríos. Para ello se analizará las semanas

en las que se apagan los cuartos actualmente con la demanda de las respectivas semanas y así poder estimar las semanas para generar el ahorro.

3. Modelos de gestión de inventarios para productos perecederos

Dado que las flores son un producto perecedero, se investigó sobre modelos de gestión de inventario para este tipo de productos. Estos se caracterizan por su corto tiempo de vida; presionan a las empresas a mantener una gestión de inventario de alto nivel. Una mala estimación o error en la misma generará pérdidas por excesos que no se logren rotar (Ramadhan & Simatupang, 2012). Debido a esto se han venido haciendo estudios para desarrollar modelos que permitan una gestión eficiente este tipo de productos. Sin embargo, la principal industria en la que se han enfocado los científicos es en alimentos (Dung, Wood, & William, 2015). Esto gracias a que los productos perecederos representan un 40.75% del total de los ingresos de la industria alimenticia en Estados Unidos (Chiarello-Ebner, 2013). Es así que se han realizado varias publicaciones sobre el tema de manejo de inventario en alimentos. Hay estudios de análisis de estacionalidad (Bátori, 2010; Zhang *et al.*, 2011), modelos matemáticos (Stefanovic & Stefanovic, 2009; Zhang *et al.*, 2011) y exploración de datos (data-mining) (Stefanovic & Stefanovic, 2009; Zhang *et al.*, 2011) para realizar pronósticos. Sin embargo, las características de este tipo de productos implican complicaciones para la inclusión de sustitución en los modelos. En la tabla 1 se encuentran la cantidad de artículos publicados hasta el 2014 sobre modelos de gestión de inventario perecedero sin sustitución.

Tabla 1. Summary of papers on inventory management for perishable products in multi-echelon model (Dung et al., 2015).

Lifetime	With substitution	Without substitution
Single-period	3	5
Multi-period	1	56

El modelo a emplearse para la florícola debería contar con datos con los que se cuente para poder dar entradas suficientes para obtener buenas estimaciones. La complicación sobre la elección de modelo radica en el corto tiempo de duración de las flores y en la limitación de datos sobre los niveles de inventario. Luego de revisar varios modelos con el fin de encontrar uno que se ajuste a las características y restricciones mencionadas, se escogió un modelo de inventario denominado Modelo estocástico de periodo simple para productos perecederos (Hillier & Liberman, 2010). Sin embargo, para comparar resultados se aplicó también un EOQ (cantidad económica de pedido) (Nahmias, 2014).

3.1. Modelo estocástico de periodo simple para productos perecederos

Este modelo deja de lado la suposición de demanda conocida y certera, por una probabilística que puede ser modelada mediante una función. También incluye el concepto de producto perecedero que es el caso de las flores en los cuartos fríos. Este modelo permite obtener la cantidad de orden diaria que maximiza la ganancia. Para ello emplea una relación crítica que para hallar el nivel de inventario (S^*) óptimo que se debe mantener, y mediante una ecuación de costo de pedir y almacenar define el punto (s^*) en el que se debe pedir producto para llegar a un nivel de inventario S^* (Hillier & Liberman, 2010).

Notación de variables de decisión del modelo.

Modelo (S, s) (14)

Relación Crítica: Probabilidad de que cumplir con la demanda dado un nivel de inventario S^* , cuando una demanda con función de densidad de probabilidad $f(x)$. De aquí se obtiene S para el Modelo (S, s).

$$F(S^*) = \frac{c_o}{c_u + c_o} \tag{15}$$

Función de costo dependiente de variable aleatoria D y variable de decisión S .

$$C(D, S) = cS + p \max\{0, D-S\} + h \max\{0, S-D\} \tag{16}$$

Función de costo dependiente de variable de decisión S.

$$C(S) = E[C(D, S)] = cS + \int_S^{\infty} p \max\{0, D-S\} + \int_0^S h \max\{0, S-D\} \quad (17)$$

Ecuación para obtener s^* .

$$C(s^*) = K + C(S^*) \quad (18)$$

- I Inventario inicial
- Q Cantidad de pedido
- S Nivel de inventario luego de recibir la cantidad de pedido
- s Nivel de inventario en el que se debe ordenar Q para alcanzar S
- D Distribución de probabilidad de la demanda
- K Costo de ordenar o producir un lote de unidades
- c Costo unitario de comprar o producir cada unidad
- h Costo unitario de mantenimiento al final del periodo (incluye costo de almacenamiento menos valor de rescate)
- p Costo unitario de escasez por demanda insatisfecha
- Co Costo de pedir más (p-c)
- Cu Costo de pedir menos (c+h)
- f(x) Función de densidad de probabilidad de D
- F(d) Función de probabilidad acumulada (CDF) de D

3.1. Modelo de Cantida Económica de Pedido (EOQ)

Cantidad a ordenar (óptima).

$$Q^* = \sqrt{\frac{2dK}{h}} \quad (19)$$

$$C = K + cQ + \frac{hQ^2}{2d} \quad (20)$$

- Q* Cantidad de pedido óptima
- d demanda por unidad de tiempo
- K Costo de ordenar o producir un lote de unidades
- h Costo de almacenar una unidad
- C Costo total de almacenamiento por ciclo

3.2. Costos

Los costos que intervienen en el modelo de gestión de inventario son de preparación, producción y almacenamiento. Estos costos se estimaron por mes, debido a que la florícola realiza sus comprar de materiales mensualmente para una cantidad promedio de 412 000 tallos.

Para los costos de preparación se tomó en cuenta la mano de obra del Gerente de Producción que se encarga de planificar diariamente al inicio de la jornada laboral, y los obreros que intervienen en el área donde arriban los follajes como se describe en el Flujograma del Anexo 1. Para determinar su valor se determinó las horas/hombre que dedica cada trabajador a las actividades de cada área; por lo tanto, el costo de mano de obra en cada preparación producción y almacenamiento corresponden a una fracción de su salario respectivamente.

Los costos estimados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Costo de preparación (Arias., 2015).

Costo de preparación	Costo mensual
Mano de obra Gerente Producción	\$ 453,76
Mano de obra Operario set up maquinaria	\$ 61,51
Mano de obra neutralización pH	\$ 369,06
Mano de obra clasificación	\$ 123,02
TOTAL	\$ 1.007,34

En cuanto a producción, los costos estimados se presentan en la tabla 3. Aquí se tomó tanto en cuenta la mano de obra del Gerente y operarios, así como los materiales usados y costo de energía consumida por la maquinaria empleada.

Tabla 3. Costo de producción (Arias., 2015).

Costo de producción	Costo mensual
Mano de obra Operarios	\$ 8.119,23
Supervisión Gerente Producción	\$ 1.361,28
Supervisión Registro de Inventario	\$ 590,39
Químicos (NEUTRALIZACION)	\$ 288,00
Agua	\$ 18,00
Hidratante	\$ 1.440,00
Plástico de Bonches	\$ 3.600,00
Cartón corrugado de Bonches	\$ 11.700,00
Cinta de Bonches	\$ 612,00
Energía Banda transportadora	\$ 29,12
Energía Aspiradora de plagas	\$ 32,76
Energía Atadora ATTALINK (máquina)	\$ 5,82
TOTAL	\$ 27.796,60

Por último, se estimaron los costos de almacenamiento, los mismos que se presentan en la tabla 4. Para su cálculo se consideró mano de obra de empleados en los cuartos fríos, costo de energía consumida por máquinas frigoríficas, maquinaria y materiales para formar los empaques finales.

Tabla 4. Costo de almacenamiento (Arias., 2015).

Costo de Almacenamiento	Costo mensual
Mano de obra Operarios	\$ 984,15
Energía Cooler 1	\$ 265,22
Energía Cooler 2	\$ 265,22
Energía Cooler 3	\$ 265,22
Energía Cooler 4	\$ 331,53
Energía Cooler 5	\$ 331,53
Energía Cooler 6	\$ 331,53
Energía Cooler 7	\$ 331,53
Energía Cooler 8	\$ 265,22
Energía Cooler 9	\$ 198,92
Energía Máquina Enzunchadora	\$ 10,32
Cinta (Máquina Enzunchadora)	\$ 1.260,00
Cartón corrugado tabaco	\$ 3.870,00
TOTAL	\$ 9.269,41

Para obtener costos unitarios para almacenamiento y producción se dividió para el número de unidades (412000 tallos) el costo total. En cuanto al costo de ordenar este se mantuvo ya que para los modelos se ocupa el costo de ordenar por lote. Finalmente, para estimar el costo semanal se dividió para el costo mensual obtenido para el número de semanas por mes.

4. Resultados

En esta sección se muestran los resultados de pronósticos sobre la demanda semanal aplicando los tres casos Winters, crecimiento de 3% y decrecimiento de 10%, para realizar una propuesta de apagado de los cuartos fríos para reducir el consumo de energía. Para esto se realizará una estimación del ahorro que se dará al usar la propuesta. También se presentan los valores calculados para los modelos de inventario. Para ambos casos se calculan los costos en los que se incurre dadas las cantidades de pedido calculadas con el propósito de determinar cuál modelo genera un menor costo.

4.1. Pronósticos

En base al comportamiento de la demanda evidenciado en las gráficas 2 y 3 se aplicará el método de Winters puesto que este se emplea cuando existe estacionalidad (Nahmias, 2014). Cabe tomar en cuenta que existe una diferencia considerable entre los datos de ventas de los años 2013, 2014 con los del 2015, ya que los del 2015 presentan mayores cantidades con más de 20% de diferencia en promedio. A este cambio se le atribuye la crisis del país, esta ha impactado negativamente el producto nacional lo que ha conllevado a una caída en los precios de las flores lo que permitió a los países como Estados Unidos, Rusia y algunos de Europa, comprar mayor cantidad de lo que se esperaba en el año pasado (Arias, 2015).

Para la demanda mensual al aplicar Winters se obtuvo un MAPE (error porcentual absoluto medio) de 12%. Debido a que los pronósticos dan mayor peso a los datos más recientes, el pronóstico de 2016 presenta una diferencia considerable con el año 2015; sin embargo, el patrón de estacionalidad se mantiene a lo largo de la serie. El pronóstico mensual del 2016 se presenta en la gráfica 4, y se grafica con los 3 años pasados para evidenciar la forma cíclica de la demanda y comparar su crecimiento. Sin embargo, dado el cambio significativo que hay en el 2015 se evidencia un aumento sobre el 20% en promedio de los pronósticos con respecto al último año.

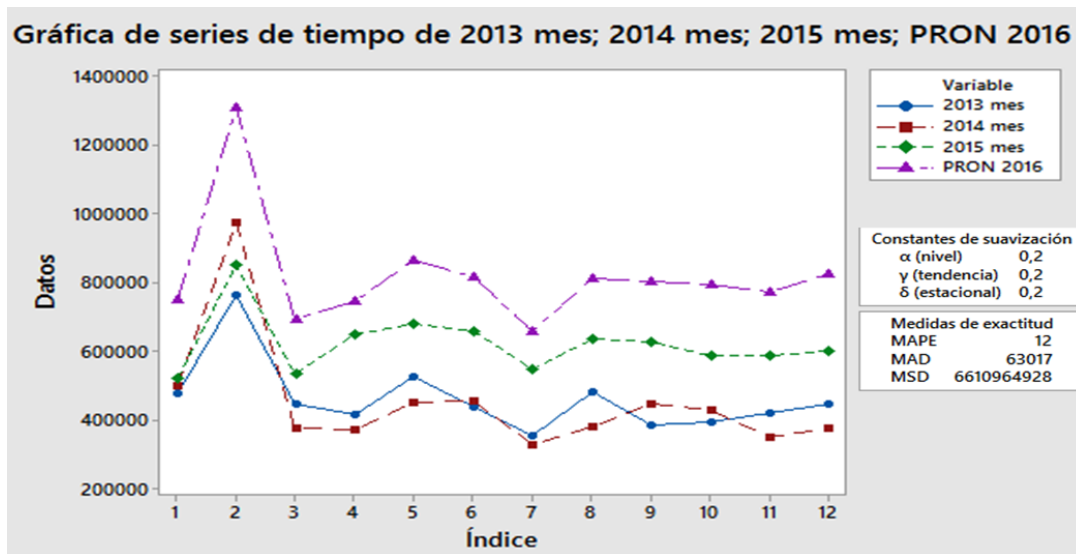


Fig. 5. Pronóstico (Winters) Tallos vendidos vs meses 2016.

En seguida, se realizó el mismo procedimiento para la demanda semanal de los últimos tres años. Para este caso el MAPE fue de 13%. A diferencia del resultado obtenido para el pronóstico mensual, en este caso los datos estimados del 2016 se encuentran más cercanos a los del 2015. Esto se observa en la gráfica 5.

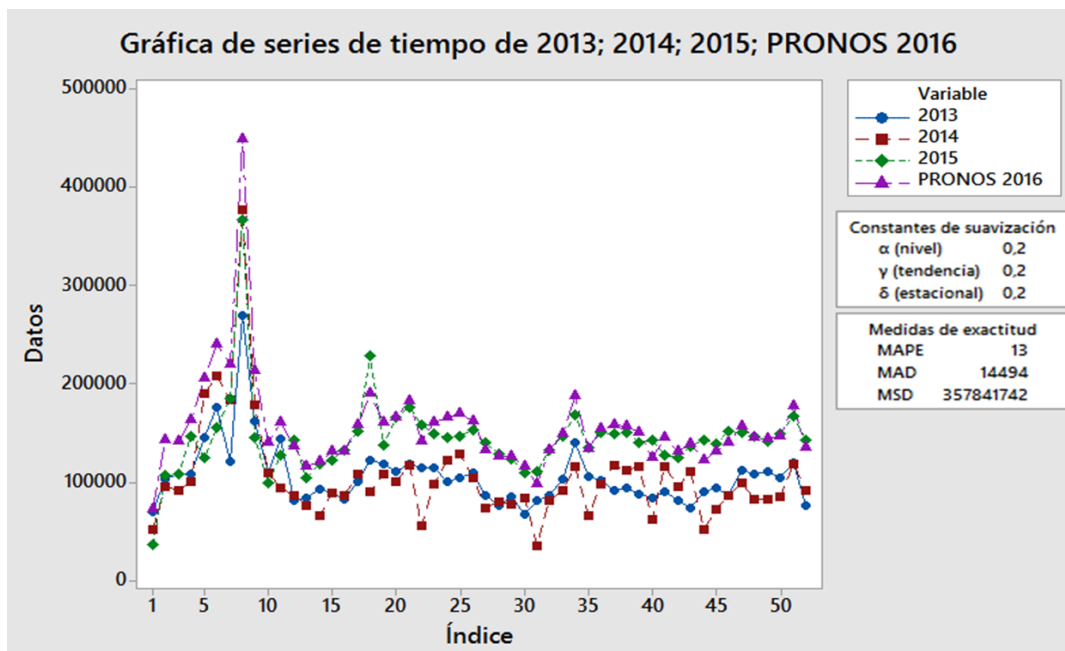


Fig. 5. Pronóstico (Winters) Tallos vendidos vs semanas 2016.

Por otro lado, también se estimó la demanda para el mejor y peor caso. Los resultados de pronóstico para los tres casos se encuentran en el Anexo 5. Con esta información se procedió a calcular la capacidad de los cuartos fríos además de obtener información de la capacidad de producción con el propósito de analizar posibles semanas de apagado para el cuarto frío con menor utilización. Los datos de capacidad de almacenamiento y producción se presentan en el Anexo 6.

La empresa tiene un número de semanas específicas apagado uno de los cuartos fríos, con lo que generan un ahorro de energía actual de \$2652. Una vez obtenidos los datos de pronósticos semanales para 2016 se comparó la

demanda semanal con la demanda en las semanas de apagado de cuartos fríos actual para poder realizar la propuesta de apagado en otras también. La propuesta sobre el ahorro se presenta en el Anexo 7.

Para el cálculo del ahorro generado se utilizó los costos del consumo de energía del cuarto frío 3, dado que el único cuarto es el único que se puede apagar. Su estimación se realizó multiplicando el consumo semanal por el número de semanas de apagado. Con esto se obtienen los ahorros para cada caso, estos se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Ahorro de propuesta para Cuarto Frío N°3.

Caso	Actual	WINTERS	+ 3 %	- 10 %
Ahorro (\$/año)	2652	7957	7625	14919
Incremento de Ahorro (\$/año)		5304	4973	12267

4.2 Modelos de gestión de inventario

En cuanto a los modelos de inventario, estos se aplicarán semanalmente puesto que en base a la información obtenida de esta manera se puede planificar tanto abastecimiento como producción de la florícola. Para el primer modelo de gestión de inventario se halló la distribución de probabilidad de la demanda, para lo cual se estimó una función de densidad LogNormal. Para ello se realizó pruebas de probabilidad con un nivel de confianza de 95%. Los parámetros de la distribución estimados para cada caso se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Parámetros de la distribución de probabilidad para cada caso.

	Casos		
	WINTERS	+ 3 %	- 10 %
Media	11,79	11,76	11,74
Desviación Estándar	0,34	0,34	0,34

Con la distribución de la demanda se procedió a calcular el valor de nivel de inventario S^* , reemplazando los datos de costos en la fórmula de relación crítica (15) y obteniendo la inversa de la función de densidad LogNormal. Los valores calculados se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Orden máxima de pedido S^* .

	Casos		
	WINTERS	+ 3 %	- 10 %
S^*	145376	141857	138683

Por otro lado, se procedió a calcular las cantidades óptimas de pedido para cada semana aplicando el modelo EOQ. Para ello se transformó el costo de almacenamiento a unitario por semana mientras el de ordenar se lo mantuvo por lote semanal ya que así lo requiere el modelo. Reemplazando los datos de costos y del pronóstico de los tres casos de la demanda para el 2016 se encontraron las cantidades a ordenar, estos valores se presentan en el Anexo 8.

Finalmente se procedió a calcular el costo esperado para cada modelo. Para ello se aplicó las fórmulas (18) y (20) respectivamente. Los resultados anuales se presentan en la tabla 8. Allí se puede observar que el modelo estocástico (S^*, s^*) genera menor costo para cualquiera de los tres casos analizados.

Tabla 8. Costo anual para cada modelo de inventario.

	CASOS					
	WINTERS		+ 3 %		- 10 %	
Modelo	(S^*, s^*)	EOQ	(S^*, s^*)	EOQ	(S^*, s^*)	EOQ
Costo (\$/año)	156792	159199	152263	156953	138554	150920

5. Conclusiones

En resumen, se aplicó pronósticos aplicando el método de Winters sobre la demanda, además de evaluarse dos casos adicionales de crecimiento 3% y decrecimiento 10% semanal de la empresa con lo que se desarrolló una propuesta para reducir el consumo de energía de los cuartos fríos en el área de almacenamiento. Con ello se estimó el ahorro en el que se incurriría al usar la sugerencia. Por otra parte, se aplicaron tanto el modelo estocástico de periodo simple, así como el de cantidad económica de pedido para estimar las cantidades de abastecimiento que minimicen la función el costo respectivamente. Con los resultados obtenidos se evaluó cuál modelo es mejor en términos económicos para la florícola.

Los costos mensuales empleados para los modelos fueron de \$1007.34, \$27796.60 y \$8710.41 para ordenar, producir y almacenar respectivamente. El mayor costo es el de producción debido a la cantidad de mano de obra y material que interviene dado que se estimó para la cantidad promedio producción de 412000 tallos. El costo más alto luego del material requerido en almacenamiento se da para el consumo de energía de las máquinas refrigerantes con un valor de \$2585.94 representando 29.68% del costo total de almacenar inventario.

La gestión de los cuartos fríos actualmente permite apagado de 8 semanas del cuarto frío 3 lo que resulta en un ahorro de \$2652. Con los pronósticos realizados se realizó una propuesta presentada en la tabla 5 que brinda la posibilidad de apagar los cuartos fríos de 24 semanas para el caso de pronósticos con Winters hasta 45 semanas para el caso de un decrecimiento de la demanda en un 10%. Con los resultados obtenidos el ahorro adicional que puede tener la empresa es de \$5304, \$4973 y \$12267 para los casos de Winters, crecimiento 3% y decrecimiento de 10% de la demanda respectivamente.

En cuanto la demanda para el modelo estocástico de periodo simple para productos perecederos, esta posee una distribución de densidad de probabilidad LogNormal. Con esto se procedió a calcular la cantidad de pedido máxima S^* para los tres casos. De la misma manera se estimó la cantidad mínima de inventario s^* para la cual se debe ordenar hasta alcanzar S^* . El menor costo se dio para el caso en que la demanda decrece 10% con un costo anual de \$138554.

Aludiendo a la comparación de modelos, el modelo estocástico (S^*, s^*) generó menores costos anuales que la cantidad óptima de pedido EOQ. Para el caso de Winters el modelo estocástico fue menor con una diferencia de \$2407, para el mejor caso (+3%) la variación fue de \$4690 y para el peor caso (-10%) el cambio de costos fue de \$12366.

En base a los resultados obtenidos, es preciso aplicar pronósticos con el propósito de reducir el consumo de energía hasta \$12267 más de lo que se ahorra actualmente, planificando el apagado de frigoríficos de los cuartos fríos en semanas de baja demanda. Por otro lado, el modelo de inventario que mejor ajusta económicamente al comportamiento de la demanda es el modelo estocástico de periodo simple para productos perecederos con un costo menor hasta de un 20,85% menor al EOQ tradicional en el caso de Winters.

El aplicar el modelo de inventario, se optimizan las cantidades de inventario lo que reduce el espacio utilizado lo que repercute en el apagado de cuartos frío que podría aumentar otras semanas. La reducción de inventario también tiene efecto sobre la productividad de la empresa ya que contará con mayor movilidad dentro del área de producción, así como en los cuartos fríos para despachar las órdenes de los clientes.

Al evaluar los pronósticos es preciso que su crecimiento se evalúe con criterios adicionales de carácter económico y financiero a nivel nacional tanto como internacional debido al drástico aumento de la demanda en el 2015. Esto se debe que el pronóstico de la demanda para el 2016 difiere en con más de 15% en promedio a los

datos del 2015. Cabe tomar en cuenta que la empresa no espera un crecimiento mayor al 3% en el presente año y un decrecimiento de 10%, sin embargo, estas estimaciones son empíricas por lo que se sugiere ajustar los datos basándose en análisis objetivos.

En cuanto al modelo de inventario escogido, este también se debe analizar continuamente dado que tiene como input el pronóstico de la demanda por lo que se debe continuar alimentándolo con los datos actuales.

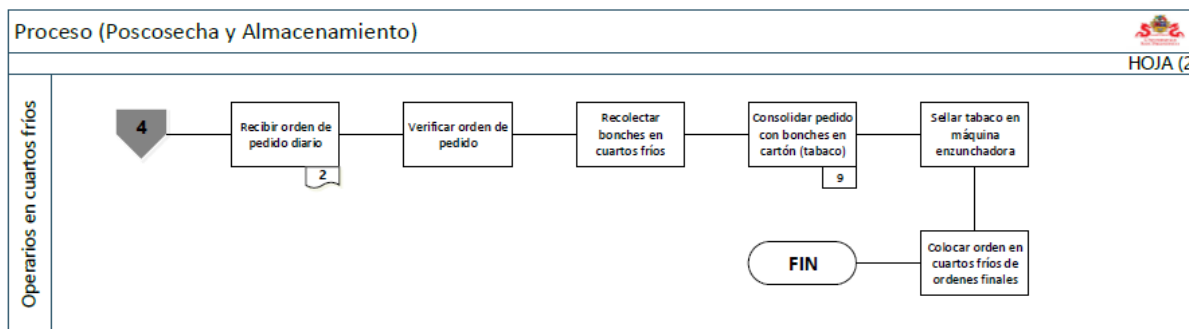
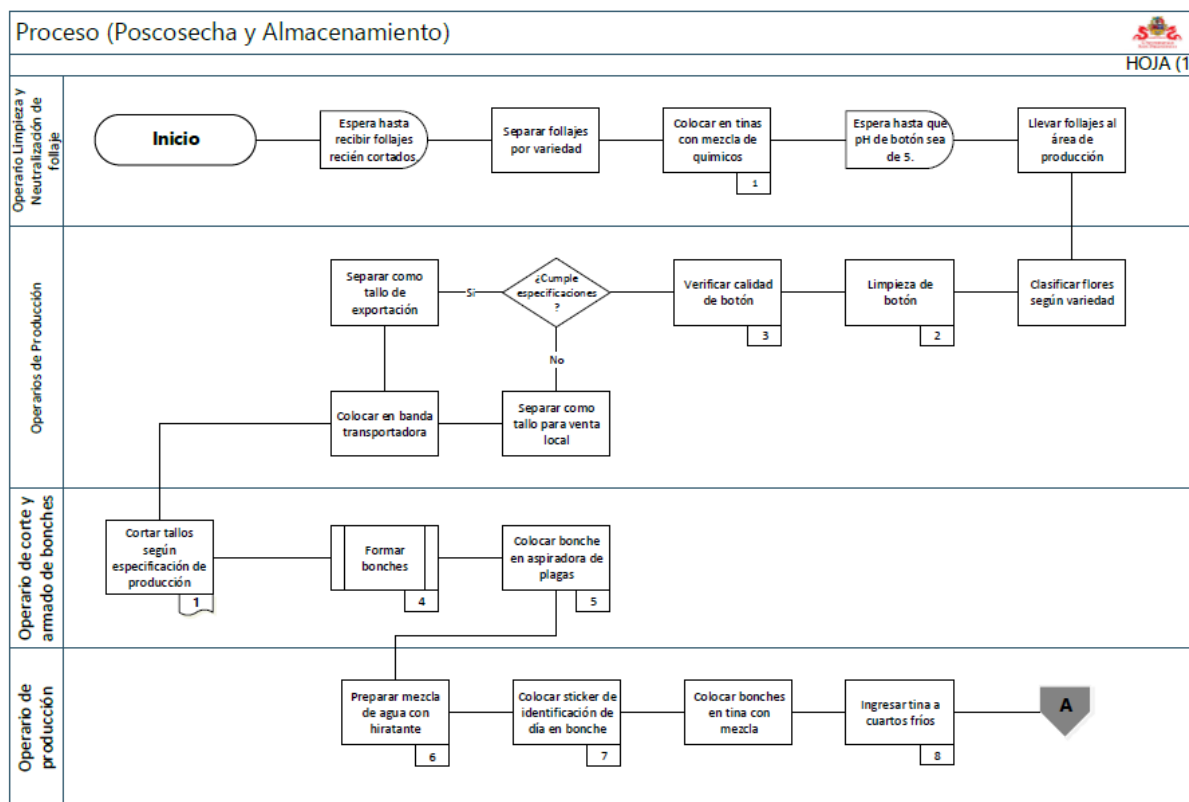
Es recomendable que la empresa adopte un sistema de gestión de artículos e inventario dado que para el caso del almacenamiento el registro de entrada y salida se realiza manualmente por un operario dos horas diarias antes de finalizar la jornada. Esta actividad manual resulta en costo de mano de obra además de tiempo productivo desperdiciado. Por otro lado, al contar con un sistema integrado se podría registrar y almacenar datos de niveles de inventario de flores por especie, rotación de producto, materias primas y elementos, de tal forma que se pueda contar con mayor visibilidad de los artículos dentro de la empresa. Esto también ayudaría a realizar pronósticos para cada especie o desagregar la demanda en caso de utilizar planeación agregada lo que actualmente no se puede debido a las limitaciones de registro de datos e información disponible.


Referencias

- Arias, O. (20 de Noviembre de 2015). (C. Rosero, Entrevistador)
- Bártori, Z. (2010). Supply chain intelligence: benefits, techniques and future trends. *Management, Enterprise and Benchmarking*.
- Chackleson, C., & Errasti, A. (2010). Validación de un sistema experto para mejorar la gestión de inventarios mediante estudios de caso.
- Chiarello-Ebner, K. (2013). wholefoods retailer survey. *WholeFoods Magazine*.
- Doung, L., Wood, L., & William, W. (2015). A multi-criteria inventory management system for perishable & substitutable products. *Procedia Manufacturing*.
- Expoflores. (2015). *EXPOFLORES*. Obtenido de <http://www.expoflores.com/index.php/servicios/25-kril-penectus-aliquet>
- Gianpolo, G., Gilbert, L., & Roberto, M. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management*. England: Willey.
- Hillier, F., & Liberman, G. (2010). *Introduction to Operations Research*. New York: Mc Graw Hill.
- IEPI. (2015). *Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual*. Obtenido de <http://www.propiedadintelectual.gob.ec/obtenores-aliados-para-la-innovacion-en-la-industria-floricola/>
- Nahmias, S. (2014). *Análisis de la producción y las operaciones*. Mexico: McGraw-Hill.
- PMI. (2015). *Project Management Institute*. Obtenido de <https://americalatina.pmi.org/latam/AboutUS/QueEsLaDireccionDeProyectos.aspx>
- Pro Ecuador. (2015). *ProEcuador*. Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/analisis-sector-flores-de-verano-2015/>
- Ramadhan, A. N., & Simatupang, T. M. (2012). Determining Inventory Management Policy for Perishable Materials in Roemah Keboen Restaurant. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*.
- Reuters. (2001). *emol.Economía*. Obtenido de <http://www.emol.com/noticias/economia/2001/02/27/47346/nike-reconoce-que-ganara-menos-durante-el-2001.html>
- Romero, B. (2016). *Gestión Economía y Sociedad*. Obtenido de <http://www.revistagestion.ec/?p=20570>
- SC. (2014). *Super Intendencia de Compañías, Valores y Seguros*. Obtenido de <http://www.supercias.gob.ec/portalinformacion/consulta/index.php>
- Stefanovic, N., & Stefanovic, D. (2009). Supply chain business intelligence: technologies, issues and trends. *Computer Science*.
- Vermorel, E. (2013). *LOKAD*. Obtenido de <https://www.lokad.com/es/definicion-costes-de-inventario>
- Zhang, P., Joshi, M., & Lingras, P. (2011). Yse of Stability and Seasonality Analysis for Optimal Inventory Prediction Models. *Journal of Intelligence Systems*.

ANEXOS:

Anexo 1: Flujograma Poscosecha y Almacenamiento



Proceso (Poscosecha y Almacenamiento)		
Instrucciones		Documentos
Detalles del Diagrama de Flujo	<p>11: Colocar follajes según su variedad en tinas con agua y mezcla de biocida según receta química.</p> <p>12: Cortar exceso de hojas y retirar pétalos el mal estado del botón.</p> <p>13: Verificar de forma subjetiva en base a la capacitación del operario la calidad del botón (color, textura, estado), para decidir si es de exportación o para mercado local.</p> <p>14: Formar bonches de 25 tallos con máquina atadora (ajusta y asegura con cinta floral), colocar cartón corrugado para proteger tallos y botones, cubrir con plástico floral para conservar humedad.</p> <p>15: Colocar bonche con botones hacia abajo en aspiradora de plagas, esto se hace para evitar que haya cualquier plaga o partícula en los botones.</p> <p>16: Mezclar 40 litros de agua con hidratante (2 cm³ por cada litro de agua) en cada tina.</p> <p>17: Colocar sticker de color para identificar el día de la semana en que se elaboró el bonche.</p> <p>18: Colocar tina en cuarto frío en espacio asignado en base a la longitud de tallo.</p> <p>19: Juntar 10 bonches para formar un tabaco (tabaco es una unidad de empaque que contiene 10 bonches en un cartón = 250 tallos).</p>	<p>D1: Documento de especificaciones de producción de variedades cosechadas y longitudes de tallos.</p> <p>D2: Orden de pedido: muestra las ventas del día clasificadas por cliente y variedad de flores. Las cantidades vendidas se especifican en fulles (un full representa dos tabacos, es decir 20 bonches = 500 tallos).</p>

Anexo 2: Datos de demanda mensual 2013, 2014 y 2015 (Arias, 2015)

TALLOS VENDIDOS			
MES	2013	2014	2015
1	521199	495855	521199
2	852698	972024	852698
3	533261	375056	533261
4	649901	370403	649901
5	680465	449608	680465
6	654675	452581	654675
7	546735	327752	546735
8	634555	377665	634555
9	626674	443138	626674
10	586760	428007	586760
11	586075	348200	586075
12	598810	376285	598810

Anexo 3: Datos de demanda semanal 2013, 2014 y 2015 (Arias, 2015)

TALLOS VENDIDOS			
SEMANA	2013	2014	2015
1	69859	52435	36276
2	103264	95800	106549
3	108467	91350	107674
4	108215	100270	146525
5	144930	190060	124175
6	175890	208190	155107
7	121180	183975	185191
8	268900	376199	366825
9	162115	178900	145575

10	109179	108890	99650
11	144097	94650	127469
12	80727	85895	142240
13	83775	76321	103882
14	93122	65625	118465
15	88804	88350	122725
16	82505	85830	132576
17	100175	108453	151805
18	121930	90015	228270
19	118150	107863	137200
20	111150	100575	165810
21	118312	117125	176025
22	114025	56175	157510
23	114950	97656	149400
24	100953	122120	145400
25	103887	128745	146225
26	108955	104060	152775
27	86450	74050	139650
28	76725	79962	128070
29	85425	77630	122890
30	67100	84085	109650
31	80875	35500	111250
32	86675	80825	132580
33	102872	91385	145950
34	140425	116180	168800
35	106150	65800	134850
36	102075	97670	150250
37	91625	117457	148650
38	93774	112394	149969
39	87175	115617	139705
40	83650	61475	143125
41	90825	115714	127010
42	81025	95303	124625
43	73375	111215	136375
44	90025	51725	142200
45	94175	72800	138400
46	86960	86675	151360
47	112300	98950	150200
48	108375	82350	146115
49	111075	82200	140710
50	104250	84575	148560
51	120050	118150	167240
52	75876	91360	142300

Anexo 4: Semanas de apagado de cuarto frío N° 3 (Arias, 2016)

Encendido= 1

Apagado= 0

Encendido/Apagado (1/0)

Semana	Actual
1	0
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	0
14	1
15	1
16	0
17	1
18	1
19	1
20	1
21	1
22	1
23	1
24	1
25	1
26	1
27	1
28	0
29	1
30	1
31	0
32	1
33	1
34	1
35	1
36	1
37	1
38	1
39	0

40	1
41	1
42	1
43	1
44	0
45	1
46	1
47	1
48	1
49	1
50	1
51	1
52	0
Encendido (sem)	44
Apagado (sem)	8

Anexo 5: Pronósticos para los tres casos analizados

Semana	Pronósticos		
	WINTERS	+3%	-10%
1	71960	37364	32648
2	142820	109745	95894
3	141456	110904	96907
4	162497	150921	131873
5	205016	127900	111758
6	239646	159760	139596
7	219215	190747	166672
8	447517	377830	330143
9	213226	149942	131018
10	139466	102640	89685
11	160812	131293	114722
12	136139	146507	128016
13	115467	106998	93494
14	120715	122019	106619
15	131222	126407	110453
16	131603	136553	119318
17	158019	156359	136625
18	190156	235118	205443
19	160367	141316	123480
20	166075	170784	149229
21	181932	181306	158423
22	141800	162235	141759
23	161098	153882	134460

24	165504	149762	130860
25	169375	150612	131603
26	162022	157358	137498
27	132103	143840	125685
28	125702	131912	115263
29	125975	126577	110601
30	115256	112940	98685
31	98094	114588	100125
32	131779	136557	119322
33	149288	150329	131355
34	186719	173864	151920
35	133321	138896	121365
36	153920	154758	135225
37	157751	153110	133785
38	156072	154468	134972
39	149743	143896	125735
40	124277	147419	128813
41	145388	130820	114309
42	130756	128364	112163
43	139139	140466	122738
44	121775	146466	127980
45	131476	142552	124560
46	140157	155901	136224
47	156476	154706	135180
48	145398	150498	131504
49	144417	144931	126639
50	146194	153017	133704
51	176956	172257	150516
52	134790	146569	128070

Anexo 6:

Capacidad	
instalada	50000 tallos/día
Producción	
promedio	29000 tallos/día

Anexo 7: Propuesta de apagado de cuarto frío N° 3

Encendido/Apagado (1/0)			
Semana	Winters	+3%	-10%
1	0	0	0
2	0	0	0

3	0	0	0
4	1	1	0
5	1	0	0
6	1	1	0
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	0
10	0	0	0
11	1	0	0
12	0	1	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	1	1	0
18	1	1	1
19	1	0	0
20	1	1	1
21	1	1	1
22	0	1	0
23	1	1	0
24	1	1	0
25	1	1	0
26	1	1	0
27	0	0	0
28	0	0	0
29	0	0	0
30	0	0	0
31	0	0	0
32	0	0	0
33	1	1	0
34	1	1	1
35	0	0	0
36	1	1	0
37	1	1	0
38	1	1	0
39	1	0	0
40	0	1	0
41	1	0	0
42	0	0	0
43	0	0	0
44	0	1	0
45	0	0	0
46	0	1	0

47	1	1	0
48	1	1	0
49	1	1	0
50	1	1	0
51	1	1	1
52	0	1	0
Encendido (sem)	28	29	7
Apagado (sem)	24	23	45

Anexo 8: Resultados EOQ (semanal)

Semana	EOQ		
	WINTERS	+3%	-10%
1	80273	57844	54070
2	113089	99133	92666
3	112548	99655	93154
4	120628	116252	108668
5	135494	107019	100038
6	146491	119608	111806
7	140107	130694	122168
8	200185	183939	171940
9	138180	115875	108316
10	111753	95870	89616
11	120001	108429	101356
12	110412	114540	107068
13	101685	97885	91499
14	103970	104530	97711
15	108400	106393	99452
16	108557	110580	103367
17	118955	118328	110609
18	130491	145101	135635
19	119835	112492	105154
20	121949	123666	115599
21	127638	127418	119106
22	112685	120531	112668
23	120108	117387	109729
24	121739	115805	108250
25	123155	116133	108557
26	120452	118706	110962
27	108763	113492	106088
28	106096	108685	101595
29	106211	106464	99519
30	101591	100566	94005

31	93723	101297	94689
32	108630	110582	103368
33	115621	116024	108455
34	129306	124776	116636
35	109264	111525	104249
36	117402	117721	110041
37	118854	117092	109454
38	118219	117610	109938
39	115798	113514	106109
40	105492	114895	107400
41	114101	108234	101173
42	108207	107213	100219
43	111622	112153	104837
44	104425	114524	107053
45	108505	112983	105613
46	112030	118155	110447
47	118372	117701	110023
48	114105	116089	108516
49	113720	113922	106490
50	114417	117057	109420
51	125881	124198	116096
52	109864	114564	107090

Anexo 9: Costos para cada modelo (anual)

Modelo	WINTERS		+ 3 %		- 10 %	
	(S*,s*)	EOQ	(S*,s*)	EOQ	(S*,s*)	EOQ
Costo (\$) / año	131728	159199	152263	156953	138554	150920
Diferencia (\$)	27471		4690		12366	
Diferencia (%)	20,85%		3,50%		8,49%	