



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

TRABAJO FINAL DE LA MATERIA INTEGRADORA

**“DISEÑO DE UNA POLÍTICA DE GESTIÓN DE INVENTARIO PARA
MEDICAMENTOS UTILIZADOS EN EL ÁREA DE QUIRÓFANO DE
UN HOSPITAL PÚBLICO”**

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Presentado por:

**PAÚL MICHAEL QUISHPE GUAMÁN
FRANCISCO PAÚL PINTO JARAMILLO**

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTO

El mérito de poder hoy concluir con una carrera universitaria no es solo mío, esto es gracias todas las personas que aportaron y fueron apoyo fundamental para mí, como no mencionar a mis padres Jesús Quishpe y Gloria Guamán, a mis hermanas Doménica, Priscilla y a mi sobrina Rafaella quienes día a día me brindan ese amor único de familia, agradezco también a Iliana por su apoyo constante y comprensión única. Por último no puedo olvidar a mi otra familia, esa que me dio el fútbol. Quienes se convirtieron en hermanos de otras madres y al gran maestro Edson que lidera ese grupo, son gente buena que me acompañaron en este camino que hoy concluye con un título universitario.

Paúl Michael Quishpe Guamán

No encontré palabras indicadas para este momento, pero si poder decir gracias a Dios principalmente que me acompañó en este camino y me guio con el ángel de María Alejandrina Maldonado Orellana. A mi madre Janeth Cecibel Pinto Jaramillo y toda mi Familia Jaramillo Maldonado quienes se esfuerzan día a día por ayudarme a ser mejor persona, sin quienes no estaría aquí. A todas las personas que me contribuyeron para elaborar el proyecto. A todos mis amigos de quienes guardo buenos recuerdos en mi época universitaria.

Francisco Paúl Pinto Jaramillo

DEDICATORIAS

El proyecto actual va dedicado a mis padres Jesús y Gloria, quienes desde que yo tengo uso de razón he visto su responsabilidad, apoyo y amor para mí y mis hermanas. Esto que he logrado hoy en gran parte es esfuerzo de ellos también y la mejor forma de agradecerlo es dedicándoles cada logro obtenido.

Paúl Michael Quishpe Guamán

Este trabajo se lo dedico a alguien especial para mí que ha significado mucho a lo largo de este caminar, es mi madre Janeth Cecibel Pinto Jaramillo, ejemplo de responsabilidad y sacrificio quien a pesar de todas las adversidades ha salido adelante. Dedico de manera especial este logro a mi Familia quienes me enseñaron el verdadero significado de la vida, de luchar por los objetivos que me proponga. Con esto logro demuestro que sus sacrificios no han sido en vano y que he podido concluir mi carrera universitaria.

Francisco Paúl Pinto Jaramillo

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación (dentro de una materia de la malla), nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la FCNM (Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas) de la ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral) "

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Paúl Michael
Quishpe Guamán

Francisco Paúl
Pinto Jaramillo

RESUMEN

En este documento se modeló el diseño de una política de inventario para el Tramadol Líquido parenteral 50 mg/mL ampolla x 2 mL. Este es un producto de la categoría de morfina-analgésicos (opioides), usado en la institución en la ciudad de Guayaquil. Se empezó con un análisis de la situación actual del medicamento usando métodos como el análisis ABC y estadística. Se halló que el tramadol, al no contar con una política de inventario, tenía un exceso de inventario, irregularidad en sus pedidos, tanto en las cantidades ordenadas como el instante en que se ordena. Por lo tanto, el trabajo a continuación describe la investigación de métodos para reducir el nivel de inventario de dichos medicamentos sin alterar el nivel de servicio. Para la obtención de este objetivo, se desarrolló un modelo adecuado para predecir valores futuros de dicha demanda, el modelo de pronóstico resultante fue una regresión lineal con factores causales igual a: $Y = 0.85 X_2 + 16.4X_4$, X_2 : consumo efectivo del tramadol, X_4 : Temporada. La política de inventario elegida, según las características de la demanda de tramadol, fue de tipo revisión continua y cantidad fija de pedido (Q) 426 unidades con un punto de re orden (pro) 658 unidades. Con el modelo propuesto, se logró una reducción de inventario de 25% del costo total, como resultado de reducir costos, como el de mantener inventario y de hacer pedido. Es aconsejable que tanto los factores del pronóstico como los parámetros de la política se actualicen anualmente.

Palabra Clave:

Tramadol, pronóstico, inventario, costos.

ABSTRACT

In this paper, we modelled on the design of an inventory policy for Tramadol parenteral liquid 50 mg / mL ampoule x 2 mL. This is a product of the category of morphine-analgesics (opioids) and it is used in the institution of Guayaquil' city. We began with an analysis of the drug' status using methods such as ABC analysis and statistics. It was found that tramadol didn't have an inventory policy and for this reason it had an excess of inventory, irregularity in its orders, both in the ordered quantities and the moment in which it is ordered.

Therefore, the paper describes the investigation of methods to reduce the inventory level of such drugs without altering the level of service. To obtain this objective, an appropriate model was developed to predict future values of such demand, the resulting predictive model was a linear regression with causal factors equal to: $Y = 0.85 X_2 + 16.4X_4$, X_2 :effective consumption of tramadol, X_4 : Period.

The selected inventory policy, according to the characteristics of the tramadol demand, was continuous review type and fixed order quantity (Q) 426 units with a reorder point (pro) 658 units. And as a result of reducing costs, such as inventory keeping and ordering, the proposed model got a reduction of 25% of the total cost. It is advisable that both forecasting factors and policy parameters are updated annually.

Keywords:

Tramadol, prediction, inventory, costs.

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE.....	III
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO 1.....	1
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1.GENERALES.....	4
1.4.2.ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Introducción.....	5
2.2. Revisión de la Literatura.....	5
2.3. Marco Conceptual.....	8
2.3.1.Introducción a los Inventarios.....	8
2.3.2.Generalidades acerca de los inventarios.....	11
2.3.3.Gestión de sistemas de inventario.....	11
2.3.4.Clasificación ABC de dos niveles.....	14
2.3.5.Modelo de Decisión para Demanda Aproximadamente constante ..	15
2.3.6.Política de Inventario.....	16
2.3.7.Modelos de pronóstico.....	19
2.3.8.Evaluación de modelos de pronósticos.....	20
CAPÍTULO 3.....	22
3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO.....	22
3.1. Procedimiento de Extracción de Datos.....	22
3.2. Metodología a Seguir.....	24

3.3. Cronograma de Actividad	25
3.4. Organigrama de la Entidad Pública	25
3.5. Funciones de los principales cargos	26
CAPÍTULO 4.....	28
4. Planteamiento de la Solución.....	28
4.1. Introducción	28
4.2. Modelo matemático para predecir el consumo semanal del medicamento tramadol	35
4.2.1. Justificación del modelo.....	35
4.2.2. Presentación del modelo	35
4.2.3. Prueba y ajuste del modelo	36
4.2.4. Modelo de predicción de consumo	36
4.2.4.1. Desarrollo de la ecuación de regresión lineal para el pronóstico	36
4.2.5. Modelo de Inventario	43
4.2.5.1. Estimación de costos de Inventario	43
4.2.5.2. Modelo matemático para gestionar las compras del medicamento tramadol.....	45
4.2.5.3. Justificación del modelo.....	46
4.2.5.4. Presentación del modelo	46
4.2.5.5. Presentación de la política.....	46
4.2.5.6. Simulación de la política	47
4.2.5.7. Análisis y evaluación de resultados de la política.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	51
APÉNDICE A.....	52

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Hospital Público para Estudio	1
Ilustración 1.2: Diagrama de las Variables “Ingreso semanal” y “Consumo semanal”	2
Ilustración 1.3: Problemática de Inventario	3
Ilustración 2.1: Metodología de solución	8
Ilustración 3.1: Metodología de solución	22
Ilustración 3.2: Departamentos para Estudio	23
Ilustración 3.3: Metodología de Trabajo	24
Ilustración 3.4: Cronograma de Actividades.....	25
Ilustración 3.5: Diagrama de GANTT	25
Ilustración 3.6: Organigrama del HSP.....	26
Ilustración 4.1: Diagrama ABC de Tramadol Consumidas (2016).....	30
Ilustración 4.2: Tramadol 50 mg/mL Ampolla x 2 mL	30
Ilustración 4.3: Demanda de tramadol en el HSP 2015 y 2016.....	32
Ilustración 4.4: Consumo semanal de tramadol (2015-2016).....	33
Ilustración 4.5: Resumen de la variable consumo de tramadol.....	34
Ilustración 4.6: Consumo semanal de Tramadol	36
Ilustración 4.7: Resumen de Pronóstico.....	41
Ilustración 4.8: Comportamiento del RESID1	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetro de la variable “Ingreso Mensual de TRAMADOL”	2
Tabla 2: Identificación de los componentes por tipo de costos de inventario	13
Tabla 3: Funcionamiento de los sistemas de administración de inventarios	13
Tabla 4: Resultados ABC	29
Tabla 5: Presentaciones del tramadol	32
Tabla 6: Errores	38
Tabla 7: Estadísticas de la regresión lineal	39
Tabla 8: Análisis de varianza de la regresión lineal	39
Tabla 9: Factores influyentes en la regresión	40
Tabla 10 : Costos actuales semanales del manejo de tramadol	45
Tabla 11: Cuadro de relación entre políticas y tipos de producto	45
Tabla 12: Valores de costos y demandas	46
Tabla 13: Resultado de la política de inventario (pro, Q)	47
Tabla 14 : Costos de la política de revisión continua	48
Tabla 15: Comparación entre la situación actual y la política propuesta	48

ABREVIATURAS

HSP. - Hospital Público

CMI. - Cuadro de Mando Integral

SCM. - Supply Chain Management

SKU. - Stock Keeping Unit

SIMBOLOGÍA

z	Factor de seguridad
k	Costo de faltantes
I	Costo de mantener inventario
S	Costo de adquisición
C	Costo de producto
Q	Cantidad a pedir
pro	Punto de Reorden
T	Período de revisión
M	Nivel de inventario máximo
NS	Nivel de Servicio
D	Demanda
D_L	Demanda durante el tiempo de reabastecimiento
D_{L+T}	Demanda durante el tiempo de reabastecimiento más el pedido de revisión
σ_L	Desviación estándar del error durante el tiempo de reabastecimiento
σ_{L+T}	Desviación estándar del error durante el tiempo de reabastecimiento más período de revisión
V_C	Coefficiente de Variación
MAD	Mean Absolute Deviation
MSE	Mean Squared Error
$MAPE$	Mean Absolute Percent Error
TS	Tracking Signal

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Asistencia ambulatoria. - Servicios médicos proporcionados a personas que no se hospitalizan (es decir, que no pasan una noche en el hospital, ver la definición correspondiente) que incluyen diagnóstico, tratamiento, operaciones quirúrgicas y rehabilitación.

Cadena de suministros.- Es un conjunto de actividades funcionales (transporte, control de inventarios, etc.) que se repite muchas veces a lo largo del canal de flujo que representa una secuencia de pasos de manufactura, mediante las cuales la materia prima se convierte en un producto terminado que añade valor al consumidor, donde las fuentes de materias primas, las fábricas y los puntos de ventas normalmente no están ubicados en los mismo lugares ya que, las actividades de logística varían antes de que un producto llegue a su lugar de mercado. Las actividades de logística cambian más cuando los productos usados se reciclan en el canal de la logística inversa. (Ballou, 2004)

Hospitalización. - Ingreso de una persona enferma o herida en un hospital para su examen, diagnóstico, tratamiento y curación por parte del personal médico.

Medicamentos hospitalarios. - Se consideran medicamentos de uso hospitalario a aquellas especialidades farmacéuticas que, por los principios activos que entran en su composición, por sus indicaciones específicas, por las condiciones especiales requeridas para su aplicación o por necesitarse un control continuo de efectos y resultados al momento de administrarse deben ser controlados bajo la responsabilidad del hospital

Método EOQ. - La Cantidad Económica de Pedido es un modelo de cantidad fija que determina mediante la igualdad cuantitativa los costos a ordenar y los de mantenimiento al menor valor posible.

Nivel de servicio. - El servicio al cliente incluye en sentido amplio la disponibilidad de inventario, la velocidad de entrega, y la rapidez y precisión para cumplir con un pedido. Los costos asociados a estos factores se incrementan a mayor ritmo a medida que el nivel de servicio al cliente se eleva. Por ello, los costos de distribución serán muy sensibles ante el nivel de servicio proporcionado al cliente, en especial si éste ya se encuentra alto.

Punto de re orden. - El punto de reorden es la suma de la demanda de tiempo de entrega y las existencias de seguridad. El cálculo de un punto de

reorden optimizado generalmente incluye al tiempo de entrega, el pronóstico de la demanda y el nivel de servicio.

Sistemas de inventarios. - Un sistema de inventarios es un conjunto de normas, métodos y procedimientos aplicados de manera sistemática para planificar y controlar los materiales y productos que se emplean en una organización.

Opiatos. - Preparado farmacéutico que contiene opio

Noradrenalina. - Hormona del sistema nervioso central y periférico que aumenta la presión arterial y el ritmo cardíaco y que actúa como neurotransmisor.

Serotonina. - Sustancia que está presente en las neuronas y realiza funciones de neurotransmisor.

INTRODUCCIÓN

El HSP es una institución que brinda servicios de salud pública que cuenta con asistencia ambulatoria, hospitalización, recuperación y rehabilitación de la salud dentro de la región costa, ubicado en el suburbio de Guayaquil, Ecuador. Actualmente cuenta con alrededor de 400 camas, actualmente el hospital se encuentra en una etapa de ampliación y remodelación del área de consulta externa, emergencia, sala de hemodiálisis, área de quirófanos, rayos X, tomografías y sala de contingencia de emergencia y atiende un promedio de 900 pacientes diariamente, fortaleciendo las áreas de nefrología y oncología con nuevas salas de quimioterapia ambulatoria, hemodiálisis y diálisis peritoneal.

Dentro del hospital hay dos puntos de distribución de medicina: el departamento de gestión de farmacia del centro quirúrgico y la bodega de activos fijos. El departamento de gestión de farmacia se encarga únicamente de proveer aquella medicina que es utilizada en cirugías en el área del centro quirúrgico. Bodega de activos fijos se encarga de los pacientes los pacientes de consulta externa y de los pacientes hospitalizados.

El siguiente trabajo busca mejorar el manejo de inventario del medicamento que pertenece a la categoría de morfina-analgésicos (opioides), utilizados en el HSP con la colaboración de la Q.F Paulina Apolo responsable del departamento de gestión de farmacia.

Para mejorar el manejo de inventario se determinó cuántos y cuáles eran los medicamentos que se utilizan en el área de centro quirúrgico y se limitó el alcance del trabajo únicamente a los más representativos.

Una vez seleccionado el medicamento, se realizó un estudio de la naturaleza de la demanda del mismo. Para esto analizamos el kardex del medicamento seleccionado y otros registros de HSP.

Conocido el comportamiento de la demanda del medicamento se desarrolló un modelo de pronóstico para la misma, para poder predecir demandas posteriores. Los factores del modelo fueron sugeridos por la experta en el campo de medicina que conoce la frecuencia de los medicamentos y las tendencias de enfermedades. Una vez valorado y aceptado el modelo final, se seleccionó la política de inventario que mejor se adecue al problema mencionado.

Para la evaluación financiera de la política fue obligatorio estimar costos, para lo cual se utilizó indagación registrada en los archivos digitales del hospital, criterios de personas que laboren en el campo del HSP y suposiciones elaboradas por los autores de este trabajo.

El trabajo desarrollado por los autores de este documento fue una política de revisión periódica, se esquematizó la misma y también un control operativo de fácil comprensión para que la encargada pueda ejecutarla.

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

La institución objeto de estudio es un Hospital que brinda servicios de salud pública que cuenta con asistencia ambulatoria, hospitalización, recuperación y rehabilitación de la salud dentro de la región costa, ubicado en el suburbio de Guayaquil y que desde su creación en el año de 1973 ha tenido varias transformaciones internas y externas como parte de mejora del establecimiento. En la actualidad, el HSP se encuentra en un constante proceso de mejora continua debido a que al ser un hospital de salud pública tiene una gran afluencia de pacientes, por esta razón es vital un correcto manejo de inventario en los medicamentos para el área del centro quirúrgico.



Ilustración 1.1: Hospital Público para Estudio

Fuente: <http://www.elciudadano.gob.ec/wp-content/uploads/2014/08/hosp-abel-gilbert.jpg>

En esta sección identificamos como problemática el manejo de inventario del medicamento farmacéutico “Tramadol Líquido parenteral 50 mg/mL ampolla x 2 mL” es el exceso de inventario del mismo. La Ilustración 1.2 es un gráfico que representa el consumo actual de Tramadol Líquido parenteral y las cantidades ingresadas al HSP en base a los pedidos realizados del área quirúrgica de dicho medicamento.

A partir del gráfico, se confirmó la existencia del inconveniente de exceso de inventario del Tramadol, los datos usados son del período 2015 y 2016.

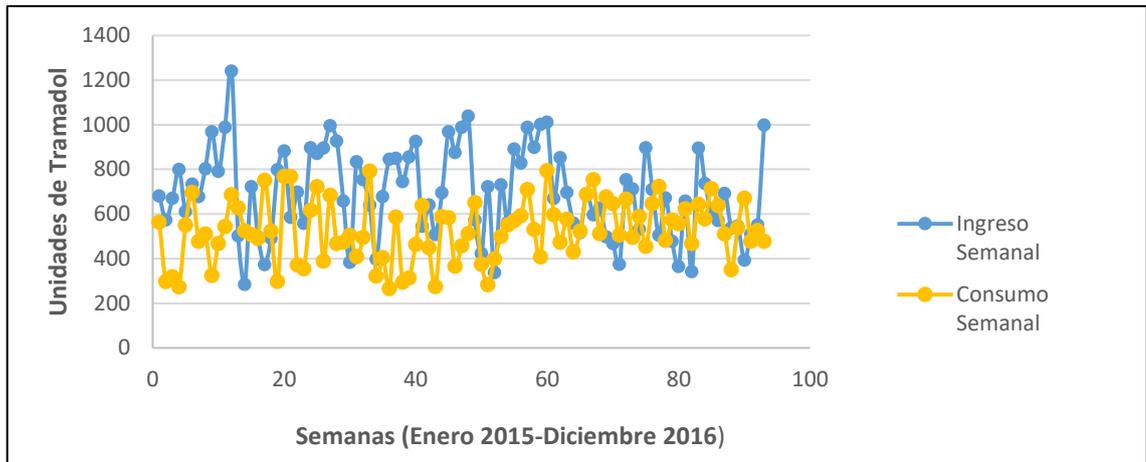


Ilustración 1.2: Diagrama de las Variables “Ingreso semanal” y “Consumo semanal”

Al exceso de inventario se sumó el problema de discontinuidad de pedidos que mantenía el hospital. La Tabla 1 es resultado estadístico de los datos recopilados del comportamiento del Tramadol Líquido parenteral 50 mg/mL ampolla x 2 mL.

Tabla 1: Parámetro de la variable “Ingreso Mensual de TRAMADOL”

Período	2015-2016
Media	703 ampollas
Desviación Estándar	198.88 ampollas
Coefficiente de Variación	0.2829

Fuente: Creado por los Autores

El alcance de este proyecto se extendió únicamente al departamento de gestión de farmacia del centro quirúrgico pues ahí se almacena el Tramadol del HSP. Para solucionar el problema se tomó en cuenta las restricciones de espacio.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El departamento de gestión de farmacia del centro quirúrgico del HSP no cuenta con un correcto abastecimiento de medicamentos para la realización de cirugías diarias planificadas, así mismo como su distribución en los diferentes quirófanos, que a pesar de cumplir con estas actividades de abastecimiento y distribución no

se lo hace de la forma más óptima, generando un mal manejo de inventario que ocasiona sobre utilización de los espacios designados para el ordenamiento de los medicamentos hospitalarios. Se pudo observar un ingreso mayor al consumo real que ocasionaba un exceso de inventario sumado a la solicitud de pedido irregulares de los mismos. Por este motivo se desea realizar una política de gestión de inventario de medicamentos para el HSP en el área de quirófano y así reducir los costos que son creados por un mal abastecimiento y mejorar los tiempos de respuesta en la distribución hacia los quirófanos.



Ilustración 1.3: Problemática de Inventario

Fuente: Hospital objeto de estudio

1.3. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Elaborar una correcta Política de Gestión de Inventario de medicamentos para el HSP en el departamento de gestión de farmacia del centro quirúrgico lo que permitirá una reducción de costos por mal manejo de inventario y mejorará los tiempos de respuesta en los quirófanos.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. GENERALES

Reducir el nivel de inventario del medicamento farmacéutico Tramadol en el HSP para disminuir los costos de utilización imprecisa del inventario presente.

1.4.2. ESPECÍFICOS

- Levantar información de procesos en el área de farmacia.
- Desarrollar un modelo de pronóstico para la demanda de tramadol mediante una regresión lineal combinando factores cuantitativos y factores cualitativos.
- Determinar una política de inventario adecuado para el proceso del pedido del medicamento farmacéutico Tramadol y almacenamiento del mismo en el HSP.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

En este capítulo se explicará algunos métodos y procesos que facilitarán el Diseño de una Política de Gestión de Inventario que servirán como soporte, y así cumplir con los objetivos antes propuestos, además se incluyen conceptos relacionados con el tema del proyecto.

La creación de una buena política de inventarios será fundamental para poder cumplir con los requerimientos y mejorar el nivel de servicio dentro del área de quirófanos.

2.2. Revisión de la Literatura

En este apartado se considerará las metodologías, modelos e implementaciones sobre el Diseño de una Política de Gestión de Inventario, citando investigaciones realizadas por diferentes autores que aportaron al desarrollo del actual proyecto.

Por lo tanto, se analizó los artículos científicos que fueron publicados en los 2 últimos años antes de la fecha actual, y son los siguientes:

Factores incidentes sobre la gestión de sistemas de inventario en organizaciones venezolanas

Este artículo aporta en la literatura del actual proyecto que es desarrollado en la materia integradora, ya que brinda valiosa información sobre generalidades de los inventarios, gestión de sistemas de inventarios, factores internos en los sistemas de gestión de inventarios y los costos asociados a estos. A pesar que tiene información sobre la economía de un país extranjero, se rescata la información vital del presente artículo y al leerlo se comprende el impacto que se genera en el nivel de servicio según como manejemos nuestro inventario y todo lo que conlleva esto. El artículo identifica que elementos afectan a los sistemas de gestión de inventario en las organizaciones venezolanas, así mismo se menciona que una mala gestión de compras no permitirá que se dé un correcto abastecimiento.

Se dice dentro del texto analizado que una mala gestión de almacenes no permitirá conocer el nivel exacto de inventario¹.

Gestión de la cadena de suministro de medicamentos mediante la implementación de un programa informatizado de inventario de farmacias en Haití.

El siguiente artículo explica como se pudo implementar un programa de inventario computarizado en un hospital en Haití.

Hospital que fue construido después del terremoto del 2010.

Se observó que existía falta de suministros farmacéuticos y falta de personal, lo cual representaba una gran deficiencia dentro de una cadena de suministros.

Se realizó la implementación del sistema computarizado en 4 fases, la fase 1 fue la evaluación de las necesidades del hospital, lo cual indico que un buen manejo de la cadena de suministros de la farmacia era vital para el nivel del servicio a sus pacientes. En la fase 2 se desarrolló el sistema computarizado, se inició con un sistema de bajo costo que se podía implementar a corto plazo para desarrollar un sistema de inventario que fue de gran soporte, en la fase 3 se basó en la capacitación del personal sobre el sistema computarizado y la fase 4 se cuantificará su utilización dentro del hospital ².

Control en la gestión de las Unidades de Radio farmacia Hospitalarias

Este artículo nos presenta una nueva herramienta llamada cuadro de mando integral que para el actual proyecto de materia integradora es muy interesante, ya que el CMI descrito en el artículo analizado nos enseña como las estrategias se convierten en objetivos relacionados entre sí, los cuales luego son medidos por indicadores y tienen planes de acción. Es una herramienta que ayuda mucho para controlar la gestión.

¹ *Factors incident on inventory management systems in organizations in Venezuela, Omaira Peña y Rafael Silva, UNIVERSIDAD Rafael Beloso Chacín, 2016.*

² *Medication supply chain management through implementation of a hospital pharmacy computerized inventory program in Haiti, Michelle R. Holm, Maria I. Rudis, and John W. Wilson, Glob Health Action. 2015.*

En el artículo el CMI es aplicado al área Radio farmacias que ayuda para optimizar los pedidos de los insumos médicos, gestión de inventario, informes hospitalarios y ayuda en la evaluación de eficiencia³.

Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos

Este artículo explica el estudio que se realizó para presentar una propuesta de mejora en los sistemas de inventario para una empresa de alimentos y así reducir sus costos de inventario.

Se utilizó un método ABC que usa el principio de Pareto y EOQ para saber la cantidad exacta que se debe pedir por producto y así minimizar los gastos de inventario en un período de tiempo.

En el artículo se muestra información de los productos que fueron tomados por observación, entrevistas e históricos de ventas a los cuales se le aplica el método ABC para saber qué productos son fundamentales o se encuentran en la clasificación A para luego aplicar el método EOQ y así minimizar los costos de inventario⁴.

Parametrización y Evaluación de Política de Inventario (s, Q), en Hospitales: Un caso de estudio en la ciudad de Barranquilla

El objetivo del artículo es encontrar solución a los posibles problemas relacionados con el control de inventario.

Ya que la gestión de inventarios es vital en un hospital donde los pacientes dependen de la existencia de los medicamentos al menos en áreas de emergencias y quirófano.

En el artículo se utiliza una metodología de 4 fases para solucionar el problema, la primera fase consta en analizar los productos con mayor índice de rotación

³ *Management control in Radiopharmacy Hospital Units: Review of the variables to consider using Balanced Scorecards In, Laura Sanz Ceballos · Salvador Manuel Gómez López · Patricia María Puga Guil3, Universidad de Granada, Ars Pharm. 2016.*

⁴ *Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimento, Edwin Causado Rodríguez, Universidad de Medellín, 05/2015.*

mediante un ABC y se observa cuáles son los productos que necesitan una política de inventario.

En una segunda fase solo se observa el comportamiento de la demanda de los productos previamente analizados, luego se pasa a una tercera fase donde se parametriza la política de inventario según las fases anteriores y por último en una cuarta fase se analiza mediante simulaciones los resultados de implementar estas políticas de inventario⁵.

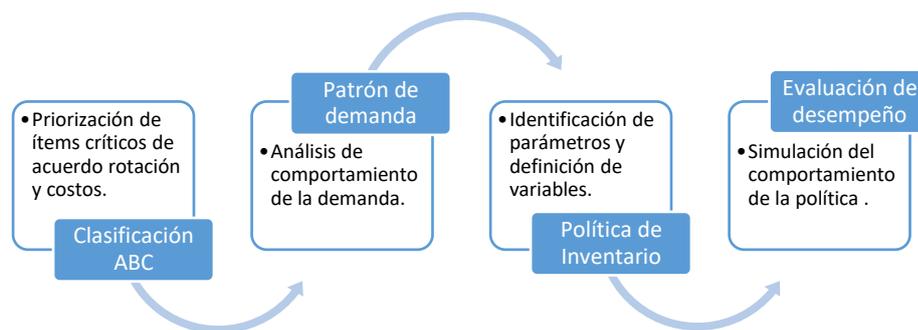


Ilustración 2.1: Metodología de solución

Fuente: *Parametrización y evaluación de Política de Inventario (s, Q) en Hospitales: Un caso de estudio en la ciudad de Barranquilla*

2.3. Marco Conceptual

En este apartado se analizará conceptos, teorías, definiciones y demás temas actualizados que servirán para la realización de este proyecto.

2.3.1. Introducción a los Inventarios

Los inventarios son acumulación de productos terminado, productos en marcha o netamente materia prima. Los inventarios existen para evitar problemas de

⁵ *Parametrización y evaluación de Política de Inventario (s, Q) en Hospitales: Un caso de estudio en la ciudad de Barranquilla*, Silebis Aguirre Lasprilla, Weimar Ardila Rueda, Lindsay Figueroa, Daniel H. Romero Rodríguez, *Prospect.* Vol. 13, No. 1, enero - junio de 2015, págs. 99-105.

insuficiencia de producto terminado. La finalidad de estos es ofertar un mejor servicio al cliente o reducir los costos mediante economías de escala.

El mejorar el nivel de servicio resulta de tener siempre productos disponibles hasta que el cliente lo solicite, incrementando la satisfacción del mismo. Esto permite mantener o incrementar las ventas.

El objetivo de la política de gestión de inventario resulta ser la maximización de la rentabilidad, minimizando los costos de inventario y al mismo tiempo, cumplir los requerimientos del servicio del cliente. En consecuencia, la política de gestión de inventario se define como aquel conjunto de reglas, decisiones, lineamientos y/o políticas a través de las cuales se determinan los niveles de inventarios óptimos que se deberán mantener, al momento en que las existencias deberán reponer y saber cuánto se deberá realizar el pedido.

A continuación, se presentarán algunas definiciones de terminologías utilizadas en este documento:

Política de inventario. - Es un grupo de reglas o normas que conducen a contestar dos interrogantes en cuanto al manejo del inventario, cuanto y cuando se debe requerir, con el fin de asegurar niveles óptimos del mismo para abarcar la mayoría de pedidos reduciendo costos. (Ballou, 2004)

Inventario de seguridad. - Cantidad mínima existente de una empresa que tiene para solventar necesidades en el caso de que falle el aprovisionamiento. (Ballou, 2004)

Inventario de ciclo. - Es la porción de inventario que se rota para cubrir las ordenes de ventas normales y cubrir la mayor cantidad de la compra. Se puede definir también como la cantidad de inventario que puede operar según un plan para no necesitar el stock de seguridad. (Ballou, 2004)

$$\text{Inventario de ciclo} = \text{Inventario total} - \text{inventario de seguridad} \quad (2.1)$$

Fill rate. - Es un indicador el cual mide la cantidad entregada a nuestro cliente con respecto de lo que nos solicitó. Se refiere a la satisfacción de los pedidos con el inventario. (Ballou, 2004)

$$\text{Fill rate} = \frac{\text{unidades entregadas}}{\text{unidades solicitadas}} \quad (2.2)$$

Order fill rate. - Es el número de ordenes terminadas es un indicador que mide el porcentaje de cumplimiento de órdenes. Una relación que refleja cuantas de las ordenes fueron entregadas con la cantidad pedida completa. (Ballou, 2004)

$$\text{Order fill rate} = \frac{\text{ordenes completas}}{\text{Total ordenes}} \quad (2.3)$$

Nivel de servicio del ciclo. - Es la probabilidad esperada de no llegar a una situación de desabastecimiento. (Simon Schalit, 2014)

$$\text{Nivel del servicio} = 1 - \frac{\text{Numero de unidades agotadas anualmente}}{\text{Demanda anual total}} \quad (2.4)$$

Punto de Re-orden. - Es el nivel del inventario que determina el momento en que se debe colocar una orden requerida.

Para determinar una política de inventario son importantes tres tipos generales de costos: costos de adquisición, costos de manejo y costos por falta de existencias. (Ballou, 2004)

Costos de adquisición. - Los costos logísticos generados en la adquisición (compras) sucede por la ineficacia e ineficiencia lograda en este sector, ello puede darse por:

- No se ha realizado un análisis ABC ni se maneja un criterio coherente para crear el sistema apropiado para realizar las compras en la empresa.
- No se ha hecho un adecuado análisis de las requisiciones de compras.

Costos de manejo. - Estos costos resultan de guardar o mantener, artículos durante un período y son bastantes distribuidos a la cantidad promedio de artículos disponible. Estos a su vez puede ser considerado en cuatro clases: costos de espacio, costos de capital, costos de servicio de inventario y costos de riesgo de inventario. (Ballou, 2004)

Costos por falta de existencias. - Se coloca un pedido, pero este no puede surtirse desde el inventario al cual esta normalmente designado. Tenemos dos tipos de costos por falta de existencia que son: costos por perdida de ventas y costos por pedido pendiente. Cada uno admite ciertas acciones por parte del cliente, y dada su origen intangible, son difíciles de medir con precisión. (Ballou, 2004)

2.3.2. Generalidades acerca de los inventarios

Los inventarios son recursos que se muestran como bienes que almacenan las organizaciones para en un futuro satisfacer la demanda. (Silva, 2016)

La necesidad de contar con inventarios se da por: a) la inseguridad que existen en los sistemas de inventario como el cambio de la demanda y la demora en los tiempos de entrega por parte del proveedor; b) la compra y producción en condiciones económicas ventajosas, porque el comprar y producir en cantidades grandes que luego se almacenan como inventario para una futura utilización, abaratan los costos de transportes y de levantar pedidos, y puede existir oportunidad de descuentos por cantidad; c) anticipar cambios que se pueden producir ya sea de oferta o demanda, como el caso de almacenar inventario de ítems cuya demanda es estacionaria para disminuir el impacto en aquellos períodos cuando esta aumenta y d) prever el tránsito almacenando insumos que están en camino de un lugar a otro del proceso, con el objetivo de no tener demoras en la labor de producción posteriores. (Schroeder, 2005)

2.3.3. Gestión de sistemas de inventario

La gestión de inventarios es una de las actividades más complicadas de alguna organización ya que contiene múltiples incertidumbres dentro de su entorno, de existir certeza sobre eventos futuros podría tenerse la cantidad exacta de inventario para cubrir demandas posteriores, incluso tal vez no sería necesario mantener ninguna cantidad, pero sin embargo, se presentan muchas variaciones que encierran el quehacer organizacional y esto hace que no sea posible. (Chase & Vollmann, 2009)

Se define como el objetivo principal en la gestión de inventarios el maximizar la rentabilidad, y minimizar costos de capital inmovilizado en el inventario, satisfaciendo los requerimientos de servicio al cliente. (Bastidas, 2011)

De tal forma, la gestión de inventarios se basa en aquel conjunto de reglas, lineamientos o políticas que servirán para determinar los niveles de inventario, períodos de reposición de existencias y la cantidad en la que deben hacerse los pedidos. (Aguilar, 2009)

Para la creación de estas políticas previamente se deben realizar actividad de clasificación de productos, cantidad de inventarios de seguridad y una valoración de costos de inventarios. (Ortiz, 2004)

El clasificar los productos busca la diferenciación de los SKU que forman parte del inventario de acuerdo algunos criterios, y así según su importancia se implementen políticas de inventarios para cada grupo, de tal forma que los costos y esfuerzo administrativos sean directamente proporcional a la importancia de los mismos. (Ortiz & Gómez, 2008)

El método más usado para la clasificación de productos es el ABC, el cual divide los artículos en tres grupos A, B y C según el criterio que relaciona el valor invertido en cada producto. También se utiliza el método ABC multi-criterio, en el cual aparte del costo se toma en cuenta otros elementos para la clasificación de los productos según su importancia, como el riesgo de obsolescencia, plazos de entrega del proveedor, dificultad para adquirir el producto entre otros. (Chase & Vollmann, 2009)

En condiciones de demanda y tiempos de entregas aleatorios existe la posibilidad de quedarse sin stock, lo cual genera que las organizaciones se vean afectadas en su imagen por el incumplimiento de los requerimientos y pérdida de ventas; de ahí que se debe contar con una cantidad extra de productos almacenados a lo cual se llama inventario de seguridad.

El inventario de seguridad tendrá dependencia de la variabilidad que se presenta la demanda de los clientes y el tiempo de entrega de los proveedores, es por eso que, se identifica que producto necesita de este tipo de inventario y el tipo de incertidumbre es la que no permite mantener estas cantidades adicionales. (Ortiz, 2004)

Es por esto que una gestión de inventarios eficientes busca equilibrar el nivel de servicio y los costos de inventario, de allí la importancia de tener claros y estimados estos costos. (Silva, 2016)

Tabla 2: Identificación de los componentes por tipo de costos de inventario

Costo de Inventario	Elementos Componentes
Costo de Adquisición	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Costos unitarios en caso de ser fabricado. ➤ Monto por unidad del producto pagado al proveedor en caso de ser comprado.
Costo de Ordenar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Costos del personal de compras. ➤ Costo de las comunicaciones (cartas, teléfono, fax y correo electrónico). ➤ Costos de la orden de compra y demás documentos. ➤ Costos de Transporte. ➤ Costos de recepción. ➤ Otros.
Costo de Mantener	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Costos de almacenamiento. ➤ Depreciación, seguros, alquileres e impuestos. ➤ Costos de obsolescencia, deterioros y pérdidas. ➤ Costo de capital.
Costo por Faltantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ganancias dejadas de percibir. ➤ Intangibles como la pérdida de la imagen de la empresa.

Fuente: Peña y Oliva (2013)

Tabla 3: Funcionamiento de los sistemas de administración de inventarios

Tipo de Demanda	Filosofía de Administración	Sistema de Administración	Funcionamiento
Independiente	Reposición	Revisión Continua	Cada vez que las existencias llegan a un punto de reordenamiento se realiza un pedido por una cantidad que se estima como óptima.
		Revisión Periódica	Se verifica el nivel de inventario en intervalos de períodos fijos y se coloca una orden por la cantidad requerida para aumentar el inventario a un nivel máximo predeterminado.
Dependiente	Requerimientos	MRP	Determina cuántos componentes se necesitan, para cumplir con los programas de producción o mantenimiento. Su resultado se traduce en órdenes de compra y fabricación de los materiales necesarios.

Fuente: Leal y Oliva (2012); Schroeder (2005) y Pérez y otros (2013).

2.3.4. Clasificación ABC de dos niveles

2.3.4.1. ABC por valor

Para definir el tipo de producto, se debe realizar un análisis de Pareto.

El análisis ABC permite identificar los artículos que tiene un gran aporte, un producto de poca salida y poco valor no va a representar a un producto muy solicitado y con alto valor.

Los agrupamos en tres clases o categorías, denominada A, B y C. Los artículos clasificados como A, cuyo valor económico total representa un 80% del capital invertido. Estos artículos deben controlarse rigurosamente, por su alto valor económico.

Los artículos clasificados como B representan en valor económico aproximadamente de un 15% del capital total invertido en stocks. Estos artículos no requieren un control tan riguroso como los inventarios de clases A.

Los artículos clasificados como C son aquellos de artículos de muy poco valor económico. Representan tan solo un 5% del valor total de los inventarios.

¿Cómo realizar la clasificación ABC?

La clasificación ABC se realiza con el siguiente procedimiento:

- Determinar el valor de cada producto, multiplicando el consumo total de unidades por período por su costo unitario.
- Determinar el porcentaje que representa el valor de cada producto con respecto al valor total invertido en el inventario. Este porcentaje (%) se calcula de la siguiente manera:

$$\%Valor = \frac{Valor}{Inversion\ Total} \quad (2.5)$$

- Ordenar el cuadro de datos con respecto al valor del inventario, expresado en porcentaje. La columna de porcentaje debe estar ordenada en forma descendente. Acumule estos personajes.

La clasificación ABC sigue las siguientes reglas:

- Lo productos cuyo valor acumulado porcentual es menor o igual a 80% se clasifica como A.

- Los productos cuyo valor acumulado porcentual es mayor que 80%, pero menor o igual a 95% se clasifica como B.
- Los productos restantes se clasifican como C.

2.3.4.2. Ítem de lento y rápido movimiento

Definir si el producto es de lento movimiento o rápido movimiento depende del consumo el producto durante el tiempo de reabastecimiento D_L , es decir durante el tiempo que se produce un pedido hasta que este llega. Si $D_L > 10$, el producto es de rápido movimiento, si $D_L < 10$, el producto es de lento movimiento. (Ballou, 2004)

2.3.4.3. Distribución de Probabilidad recomendadas de acuerdo al ABC

Los modelos de inventario asumen que las demandas siguen una distribución de probabilidad Poisson, Laplace, Uniforme o Normal. El requisito de conocer la distribución de probabilidad de la demandan es la de definir la media y desviación estándar ya que estas son parámetros importantes para el modelamiento de la misma. No siempre podemos aproximar la demanda a una de las distribuciones mencionadas anteriormente, por estos, autores como Silver, Pyke y Peterson indican que se puede trabajar con la distribución de la demanda pronosticada y la desviación estándar del error del pronóstico para este modelamiento de inventarios. Se ha demostrado que, si el producto es de rápido movimiento, podríamos usar la distribución normal para modelar la demanda durante el lead time, caso contrario que el producto sea de movimiento lento, la distribución a usarse seria a distribución Poisson o Laplace puede ser utilizada para la demanda durante el lead tiene. (Silver, 1998)

2.3.5. Modelo de Decisión para Demanda Aproximadamente constante

La conducta de la demanda de un producto podemos clasificar en dos grupos: demanda irregular, demanda regular, que a su vez pueden estas ser probabilísticas o determinísticas. (Silver, 1998)

Si la demanda es regular o aproximadamente constante cuando el factor de variación es menor a 0.25. Si es mayor a 0.25, se considera la demanda irregular

(Silver, 1998). Definir si la demanda es probabilística o determinística, depende si se puede pronosticar que suceder el siguiente período de tiempo. Si se conoce que pasara con la demanda en los períodos siguientes, la consideramos determinística, caso contrario, se considera probabilística.

Es imprescindible que la observación del inventario este controlado por una política. La selección de la política de inventario está ligada naturalmente por la demanda y al modelo de pronóstico. Esta política depende del tipo de producto que se vaya a revisar por lo que debemos:

- Definir qué tipo de producto es: Tipo A (alta importancia), Tipo B (media importancia) o Tipo C (baja importancia).
- Definir si el producto es de rápido movimiento o lento movimiento.

2.3.6. Política de Inventario

2.3.6.1. Política de revisión continuas. Política de Punto de Reorden, cantidad de pedido (*pro, Q*)

En esta política de revisión continua, es decir que debe estar en una revisión constante del nivel de inventario. En el momento que este cae hasta el punto de reorden "*s*" se realizara un pedido de *Q* unidades.

La cantidad Q^* de pedido está dado por:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}} \quad (2.6)$$

Donde:

D: demana (unidades/tiempo)

S: costo de realizar un pedido (\$)

I: costo de mantener inventario (porcentaje del costo de producto/tiempo)

C: costo del producto

El punto de reorden *pro* esta dada por:

$$pro = \widehat{D}_L + z\widehat{\sigma}_L \quad (2.7)$$

Donde,

\widehat{D}_L : *demanda promedio pronosticada*

z : *factor de seguridad*

$\widehat{\sigma}_L$: *desviación estándar del error del pronóstico*

El factor de seguridad z se determina:

$$P(z) = NS \quad (2.8)$$

Es decir, el nivel de servicio es el área bajo la curva de la distribución mencionada que sigue la demanda y z es la variante que cumple con esa probabilidad.

El nivel de inventario observa el inventario que se encuentra en la bodega y no el inventario en tránsito. Si se usara el inventario en tránsito caeríamos en el error de emitir pedido seguidos y aumentar el nivel del inventario que es innecesario. Entre las utilidades que tiene esta política están en su simplicidad de implementación y la poca probabilidad de cometer errores.

2.3.6.2. Política de revisión continua, punto de reorden, nivel máximo (pro, M)

En esta política de revisión continua y se realiza un pedido cuando el nivel de inventario llega al punto de reorden. Lo que se va a pedir está dado por la diferencia entre el nivel máximo de inventario permitido y el nivel actual de inventario.

El pro esta dado por la ecuación (2.7) y el nivel máximo se calcula con esta ecuación:

$$M = pro + Q \quad (2.9)$$

Donde Q es determinado con la ecuación (2.6).

En esta política de inventario la cantidad de pedido es variable, no obstante, si las transacciones de inventario son establecidas en unidades, el sistema s, S es debidamente igual al sistema s, Q . La vital ventaja de esta política es el bajo costo de abastecimiento y de mantener inventario (Silver, 1998).

2.3.6.3. Política de revisión periódica, nivel máximo (T, M)

Esta política además es conocida como sistema de reabastecimiento cíclico. Cada T intervalos de tiempo, se inspecciona el nivel de inventario máximo de inventario permitido (M) y el nivel existente de inventario.

El intervalo de revisión T está dado por:

$$T^* = \sqrt{\frac{2S}{ICD}} \quad (2.10)$$

Donde:

D : demanda (unidades/tiempo)

S : costo de realizar un pedido (\$)

I : costo de mantener inventario (porcentaje del costo de producto/tiempo)

C : costo del producto

Y el nivel máximo M está dado por:

$$M = \hat{D}_{TE+T} + z\hat{\sigma}_{TE+T} \quad (2.11)$$

Donde,

\hat{D}_{TE+T} : demanda pronosticada durante el tiempo de entrega mas el intervalo de revisión

z : factor de seguridad

$\hat{\sigma}_{TE+T}$: error del pronostico durante el tiempo de entrega mas el intervalo de revisión

Este método es muy utilizado en partes donde no se utiliza un sistema de control automatizado. La importante ventaja de esta política es que es muy útil cuando se tiene que pedir varios productos del mismo distribuidor.

2.3.6.4. Política combinada de revisión periódica, punto de reorden, nivel máximo (T, pro, M)

Esta es una mezcla de la política de punto de reorden, nivel máximo (pro, M) y revisión periódica, nivel máximo (T, M). Es decir, el nivel de inventario se estudia cada R períodos, si el nivel de inventario está abajo del punto de reorden pro , se debe pedir la suma de inventario hasta llegar al nivel máximo M . Si el nivel de inventario no está por debajo del punto de reorden, no se debe hacer nada hasta la próxima revisión. El intervalo de revisión T está dado por la fórmula (2.5), es el

punto de reorden *pro* esta dado por la formula (2.2) y el nivel máximo *M* está dado por la formula (2.6). Esta política correctamente implementada tiene un costo pertinente menor que cualquier otra política de inventario (Silver, 1998).

2.3.7. Modelos de pronóstico

Un modelo de pronóstico busca predecir la conducta de la demanda.

Hay varios tipos de modelos para los diferentes comportamientos de demandas. Los modelos de pronósticos se clasifican en dos grandes grupos: los cuantitativos y cualitativos. Los modelos cualitativos se basan en la experiencia de quien pronostica. Estos modelos dependen de un experto que decía como se comportara la demanda en siguientes períodos. El vital problema de estos modelos es que, si otra persona se encarga de realizar el pronóstico, probablemente se equivoque por carecer de información objetiva y documentada. Los modelos cuantitativos de pronóstico son modelos matemáticos que se basan en datos históricos, entre los cuales se pueden encontrar media móvil, media ponderada, serie de tiempo, suavización exponencial y regresión lineal múltiple (Chopra, 2000). Para fines del trabajo siguiente revisaremos los modelos de media móvil, media ponderada y regresión lineal múltiple.

2.3.7.1. Modelo de media móvil

El modelo de pronóstico de media móvil establece períodos de los cuales se va a calcular una media. Estos *n* períodos son los períodos previos al período que vamos a pronosticar. Se utiliza cuando la demanda cuando la demanda de un período está relacionada con la demanda de los *n* períodos anteriores, es decir cuando la demanda no es tan cambiante de un período a otro. Este modelo considera una variable, la demanda, que se calcula para un momento determinado con la ecuación (2.12).

$$D_i = \frac{D_{i-1} + D_{i-2} + \dots + D_{i-n}}{n} \quad (2.12)$$

Donde,

i: período que se desea pronosticar

n: el número de períodos que se desean tomar para pronosticar

2.3.7.2. Modelo de regresión múltiple

Este modelo de regresión es adecuado cuando existe más de un factor que afectara a la variable pronosticada. La regresión múltiple es un método estadístico que permite determinar el grado de asociación entre unas variables seleccionadas estas deben ser independientes y la variable de respuesta (dependiente). Este método define coeficientes para las variables independientes que, a través de una fórmula matemática, pueden expresar la variable dependiente en representación numérica. Una ventaja de la regresión lineal es la facilidad que podemos agregar variables cualitativas al modelo. Las variables cualitativas (ficticias) son valores binarios que representan información que influye en el pronóstico. Las variables ficticias son las representaciones de la experiencia de la persona designada que hará que este modelo se ajuste más a la realidad.

Para elegir el mejor modelo depende del que se adapte a la conducta de la demanda. Aunque los modelos cuantitativos utilicen datos reales y se pueda predecir con más seguridad la demanda, un modelo mixto que utilice tanto datos reales como la experiencia de las personas.

2.3.8. Evaluación de modelos de pronósticos

Existen medidas cuantitativas del error para elegir el mejor modelo del pronóstico y se acerque más a la realidad. Las medida más conocidas están: el *Mean Absolute Deviation (MAD)*, el *Mean Squared Error (MSE)*, el

Mean Absolute Percent Error (MAPE) y el *Tracking Signal (TS)* (Ballou, 2004).

MAD (Mean Absolute Deviation) es empleado cuando el costo de un error de pronóstico es proporcional al tamaño del error. Su fórmula es:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t|}{n} \quad (2.13)$$

MSE (Mean Squared Error) es empleado cuando el costo de errores es mayor que las ganancias de un pronóstico muy preciso. Su fórmula es:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)^2}{n} \quad (2.14)$$

MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) se recomienda utilizar cuando el pronóstico tiene estacionalidad y varía considerablemente de un período a otro.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t| / D_t}{n} * 100 \quad (2.15)$$

TS (*Tracking Signal*) se usa cuando el patrón de demanda presenta cambios inesperados que se alejan de su comportamiento común. Se calcula:

$$TS = \frac{\sum_1^n (A_t - F_t)}{\frac{1}{n} \sum_1^n |A_t - F_t|} \quad (2.16)$$

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

3.1. Procedimiento de Extracción de Datos

En esta sección para extracción de datos existieron dos formas importantes de recopilación. La primera forma es física y la segunda de forma digital.

3.2.1. Recopilación Física. - Procedimos a visitar el HSP en el departamento de gestión de farmacia del centro quirúrgico, donde se encuentra el área de farmacia para verificar los despachos, manipulación, forma de almacenamiento, traslados, pedidos, etc. Para analizar las actividades mencionadas anteriormente.

Con lo mencionado, el espacio de la dimensión de la bodega donde se almacena los medicamentos para el HSP, no cuenta con dimensiones prioritarias para este centro.

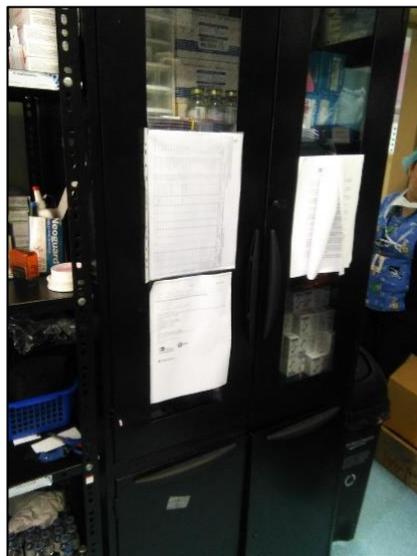


Ilustración 3.1: Metodología de solución

Fuente: Creados por los Autores

3.2.2. Recopilación de Forma Digital. - La información del HSP del presente estudio, se procederá a desarrollar la solución para el problema propuesto en este trabajo.

- Karkex o registro digital del movimiento, ingreso, devoluciones, consumo de los medicamentos e insumos hospitalarios HSP.
- Base de datos del registro de ingreso, diagnóstico, salida y antibióticos consumidos para los pacientes que llegaron al HSP.
- Historial de Despachos o Egresos del año 2015 y 2016.
- Historial de pacientes atendidos en el departamento de gestión de farmacia del centro quirúrgico.

El HSP no cuenta con una clasificación de los productos ABC, por lo siguiente se procederá a realizar con los datos que anteriormente nombramos, ya que es de vital importancia para el presente proyecto.

Departamentos del HSP involucradas

Cabe indicar que al momento de la recopilación de la información se vieron involucrados directamente, el departamento Coordinadora de Centro Quirúrgicos del HSP y Líder de Gestión de Farmacia. condiciones

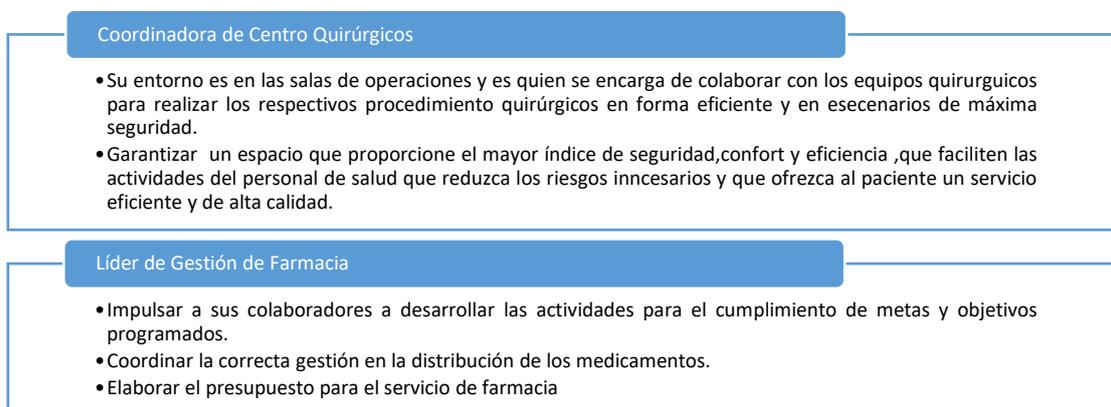


Ilustración 3.2: Departamentos para Estudio

Fuente: Creado por los Autores

3.2. Metodología a Seguir

Se creará un método capaz de realizar el trabajo, lo cual quiere decir que la recolección, el análisis y la evaluación de la información brindada para el desarrollo de este se cumpla a cabalidad.

A partir de la base de datos facilitada del hospital y la colaboración de Q.F Paulina Apolo, responsable de la farmacia en HSP como lo indica la ilustración 3.3 con ello fue posible analizar y plasmar el manejo actual de la institución.

Debido a la carencia de controles sobre el correcto manejo del medicamento farmacéutico y restricciones de espacio dentro del hospital, se planteó mejorar el manejo de ciertas medicinas.

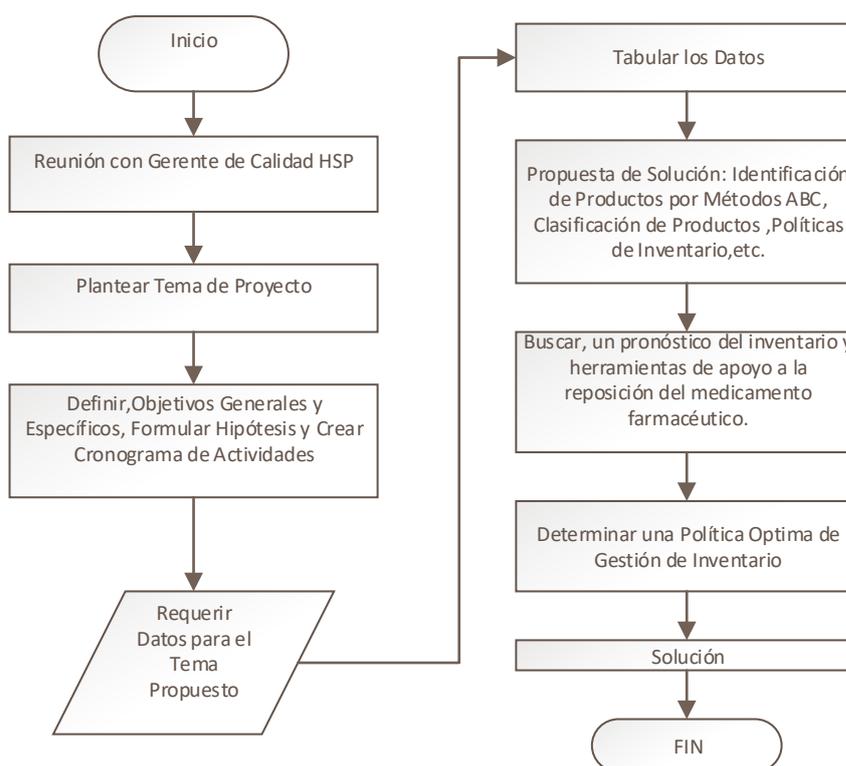


Ilustración 3.3: Metodología de Trabajo

Fuente: Creado por los Autores

3.3. Cronograma de Actividad

Para la elaboración del siguiente trabajo se planificaron actividades y en el tiempo en que se realizarán:

3.4. Organigrama de la Entidad Pública

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES: PROYECTO INTEGRADOR																				
ACTIVIDADES	Noviembre				Diciembre				Enero		Febrero		Marzo							
	31-05	07-12	14-19	21-26	28-03	05-10	12-17	19-24	26-31	02-07	09-14	16-21	23-28	30-04	06-11	13-18	20-25	27-04	06-11	
Identificar las necesidades de Quirofanos																				
Establecer Objetivos																				
Determinar el Alcance del proyecto																				
Desarrollar el plan para resolver el problema																				
Etapa 1: Definición del Problema																				
Establecer el plan de recolección de datos																				
Verificar la confiabilidad de los datos																				
Identificar factores relevantes al problema planteado																				
Etapa 2: Recolección de Datos																				
Identificar causas relevantes usando las herramientas acorde a la metodología aplicada																				
Etapa 3: Análisis de Datos																				
Establecer soluciones acorde a las causas o factores relevantes encontrados																				
Diseñar un prototipo que simule el resultado de las soluciones																				
Etapa 4: Propuestas de Mejora																				
Presentar y Socializar el prototipo al equipo de trabajo																				
Evaluar las soluciones y/o alternativas																				
Etapa 5: Exposición																				
Sociabilización de Políticas																				

Ilustración 3.4: Cronograma de Actividades

Fuente: Creado por los Autores

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesora
Etapa 1: Definición del Problema	5 días	mié 30-11-16	jue 08-12-16	
Identificar las necesidades del área de Quirofano	1 día	mié 30-11-16	jue 01-12-16	
Establecer Objetivos	1 día	jue 01-12-16	vie 02-12-16	2
Determinar el Alcance del proyecto	1 día	vie 02-12-16	lun 05-12-16	3
Desarrollar el plan para resolver el problema	2 días	lun 05-12-16	jue 08-12-16	4
Etapa 2: Recolección de Datos	20 días	jue 08-12-16	jue 12-01-17	1
Establecer el plan de recolección de datos	5 días	jue 08-12-16	vie 16-12-16	
Verificar la confiabilidad de los datos	10 días	vie 16-12-16	mar 03-01-17	7
Identificar factores relevantes al problema planteado	5 días	mié 04-01-17	jue 12-01-17	8
Etapa 3: Análisis de Datos	10 días	jue 12-01-17	lun 30-01-17	6
Identificar causas relevantes usando las herramientas acorde a la metodología aplicada	10 días	jue 12-01-17	lun 30-01-17	9
Etapa 4: Propuestas de Mejora	17 días	lun 30-01-17	mar 28-02-17	10
Establecer soluciones acorde a las causas o factores relevantes encontrados	5 días	lun 30-01-17	mar 07-02-17	11
Diseñar Políticas de Inventario que generen soluciones	12 días	mié 08-02-17	mar 28-02-17	13
Etapa 5: Exposición	1 día	mié 01-03-17	jue 02-03-17	12
Sociabilización de la Política de Inventario	1 día	mié 01-03-17	jue 02-03-17	14

Ilustración 3.5: Diagrama de GANTT

Fuente: Creado por los Autores

A continuación, presenta la estructura organizacional del HSP objeto de estudio, aquí podremos observar las líneas de autoridad, los departamentos que existen dentro del HSP y la división de actividades del personal.

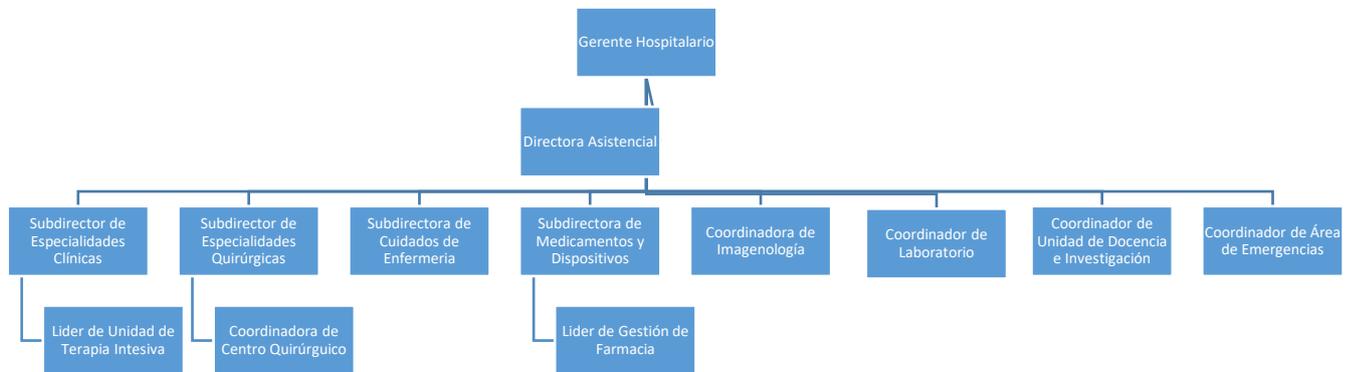


Ilustración 3.6: Organigrama del HSP

Fuente: Creado por los Autores

3.5. Funciones de los principales cargos

Directora Asistencial

- ◆ Dirigir, planear y organizar los proyectos y actividades para un mejor desarrollo y utilización de todos los recursos de la Institución.
- ◆ Promover la capacitación y constante actualización a todo el personal para poder ofrecer un mejor servicio.
- ◆ Coordinar la asignación y distribución racional de todos los recursos de la Institución para los programas establecidos.

Líder de Gestión de Farmacia

- ◆ Crear, administrar y evaluar las actividades de la farmacia.
- ◆ Impulsar a sus colaboradores a desarrollar las actividades para el cumplimiento de metas y objetivos programados.
- ◆ Coordinar la correcta gestión en la distribución de los medicamentos.
- ◆ Elaborar el presupuesto para el servicio de farmacia
- ◆ Controlar la utilización de los insumos farmacéuticos en las distintas áreas asistenciales siguiendo el programa establecido.

Subdirectora de Cuidados de Enfermería

- ◆ Trabajar en equipo con el administrador y personal para el correcto uso y distribución de los suministros.
- ◆ Supervisar el departamento de enfermería y comunicar las políticas de la Institución.

Coordinadora de Imagenología

- ◆ Ordenar los productos requeridos para la realización de los exámenes de manera óptima.
- ◆ Observar el correcto uso de los productos requeridos.
- ◆ Mantener los equipos de uso cotidiano en recomendables condiciones para ofrecer un buen servicio.

Coordinador de Laboratorio

- ◆ Vigilar la utilización racional de los recursos disponibles en la farmacia.
- ◆ Ser responsable de los resultados que se emitan por el departamento o laboratorio.
- ◆ Organiza al personal para el cumplimiento de las políticas del departamento y de la Institución.

Coordinador del Área de Emergencia

- ◆ Planifica el plan de Emergencia para actuar de manera oportuna con los recursos planificados.
- ◆ Organizar los simulacros de emergencia.
- ◆ Realiza los informes de los insumos utilizados en las emergencias y de los incidentes que se produzcan con sus respectivas medidas correctivas.

CAPÍTULO 4

4. Planteamiento de la Solución

4.1. Introducción

A partir de los consolidados de medicina que consta el actual HSP y la colaboración de Q.F Paulina Apolo plasmamos y analizamos el manejo de inventario actual del HSP.

Debido a la falta de controles sobre el correcto uso del medicamento farmacéutico, y las restricciones de espacio dentro HSP, se planteó el manejo de ciertas medicinas. Para el proyecto en particular la solicitud fue empleada para los medicamentos farmacéuticos del área de centro quirúrgico dando como electo el Tramadol lo más aplicado en dolores postoperatorio del mismo centro. Los medicamentos en la base de datos del año 2015 y 2016, que fueron los más usados son los siguientes:

- Tramadol Líquido parenteral 50 mg/mL Ampolla x 2 mL
- Cloruro de sodio 0,9 % Funda x 500 mL
- Ketorolaco Líquido parenteral 30 mg/mL
- Metoclopramida Líquido parenteral 5 mg/mL
- Ranitidina Líquido parenteral 25 mg/mL
- Cefazolina Sólido parenteral 1 000 mg
- Neostigmina Líquido parenteral 0,5 mg/mL Vial x 5 mL
- Propofol Líquido parenteral 10 mg/mL
- Cloruro de sodio Líquido parenteral 0,9 % Funda x 100 mL
- Cloruro de sodio Líquido parenteral 0,9 % Funda x 250 mL
- Dexametasona Líquido parenteral 4 mg/mL Ampolla x 1 mL
- Atropina Líquido parenteral 1 mg/mL
- Ceftriaxona Sólido parenteral 1 000 mg
- Ondansetrón Líquido parenteral 2 mg/mL Ampolla x 2 mL
- Metronidazol Líquido parenteral 5 mg/mL
- Ciprofloxacina Líquido parenteral 2 mg/mL

En vista de que fueron 16 medicamentos listados se quiso determinar la demanda de cada uno para escoger al más demandado.

Para esto se realizó un análisis ABC mostrado en la Tabla 4 para aplicar la regla de diferenciar los 3 grupos de medicamentos los de TIPO A, TIPO B Y TIPO C y priorizar el estudio de los medicamentos farmacéuticos más utilizados en esta área.

Tabla 4: Resultados ABC

ANÁLISIS ABC MEDICINA HSP					
Rotación	Clasificación	Cantidad	% Respecto a la totalidad de Productos	Consumo	Porcentaje de Entregas
Alta	A	16	13%	249898	80%
Media	B	24	19%	46974	15%
Baja	C	84	68%	15683	5%
TOTAL		124	100%	312555	100%

Fuente: Creado por los Autores

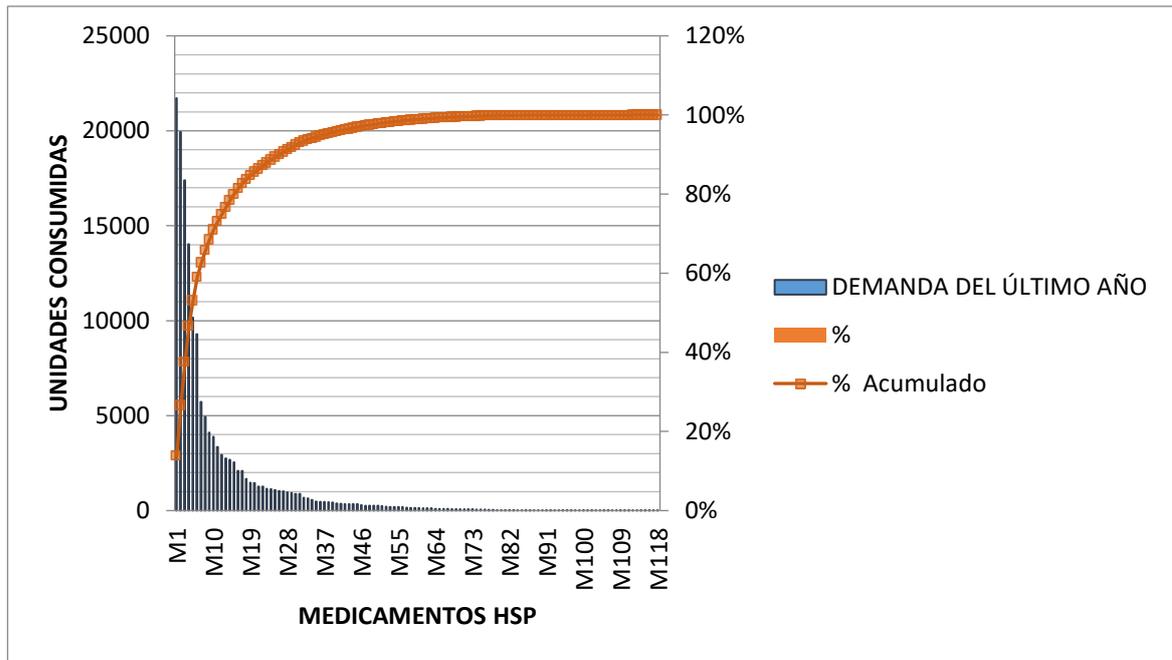


Ilustración 4.1: Diagrama ABC de Tramadol Consumidas (2016)

Fuente: Creado por los Autores

El diagrama ABC demostró que Tramadol 50 mg/mL Ampolla x 2 mL me representaba 80% del movimiento en el año 2016. Cabe recalcar que había productos que eran iguales, pero con presentación diferente y con nombres comerciales en el año 2015 y 2016.

La base de datos presento registros de Tramadol como ampolla para los pacientes en el área de postoperatorio, por lo que el proyecto se redujo al manejo del Tramadol.



Ilustración 4.2: Tramadol 50 mg/mL Ampolla x

Fuente: <https://fundalatido.wordpress.com/2012/07/28/laboratorios-behrens-c-a-2/>

El producto Tramadol fue clasificado como producto A debido a su demanda dentro del HSP puesto, como se mencionó en el marco teórico, se encuentra de los medicamentos que generan el 80% de la demanda del hospital. Cabe recalcar que fue considerado un medicamento de rápido movimiento puesto que su demanda en el tiempo de reposición (1 semana) fue en promedio de 524 (mayor a 10).

El Tramadol es un analgésico que forma parte de los opiatos ligeros. El Tramadol no se encuentra bajo la ley de los opiatos, como si lo hacen los opiatos algo más fuertes como la morfina. El Tramadol 50 mg/mL es un producto sintético que no está relacionado con otros opiatos y que parece interactuar con los sistemas regulados por la noradrenalina y la serotonina. El Tramadol está indicado en los procesos que cursen con dolor de moderado a severo, de origen agudo o crónico (fracturas, luxaciones, infarto agudo de miocardio, cáncer, etc.), también puede utilizarse como analgésico pre-operatorio, como complemento de anestesia quirúrgica, en el post-operatorio y procedimientos de exploración diagnóstica que cursen con dolor. (GRÜNENTHAL DE MEXICO, 2016)

La presentación del medicamento cada ampolla de Clorhidrato de Tramadol (50,100 ml), Vehículo cbp su dosificación (1,2 ml). Más de 90% del Tramadol es absorbido después de su administración oral. La biodisponibilidad absoluta es de alrededor de 70%, independientemente de la ingestión concomitante de alimentos. La diferencia entre el tramadol absorbido y el no metabolizado disponible probablemente se debe al bajo efecto del primer paso. El efecto del primer paso después de la administración oral es de 30% como máximo.

Después de la administración oral de 100 mg en forma líquida, la concentración pico en plasma $C_{máx.}$ es 309 ± 90 ng/ml, después de 1.2 horas. Después de la misma dosis en forma sólida oral, $C_{máx.}$ es 280 ± 49 ng/ml después de 2 horas. Tramadol tiene una elevada afinidad tisular ($V_d, \beta = 203 \pm 40$ lt.). El enlace a proteínas plasmáticas es de alrededor de 20%.

Tramadol atraviesa las barreras hemoencefálica y placentaria. Se encuentran cantidades muy pequeñas de la sustancia y de su derivado O-desmetilado en la leche materna (0.1 y 0.02% respectivamente de la dosis aplicada).

La vida media de eliminación, $t_{1/2}$, β , es de 6 horas aproximadamente, independientemente de la vía de administración. En pacientes mayores de 75 años se puede prolongar por un factor de aproximadamente 1.4. (GRÜNENTHAL DE MEXICO, 2016)

Este analgésico se encuentra en las siguientes presentaciones dentro del HSP:

Tabla 5: Presentaciones del tramadol

Nombre genérico (DCI)	Forma Farmacéutica	Concentración	Presentación
Tramadol	Sólido oral	50 mg	
Tramadol	Líquido oral	100 mg/mL	
Tramadol	Líquido parenteral	50 mg/mL	Ampolla x 1 mL
Tramadol	Líquido parenteral	50 mg/mL	Ampolla x 2 mL

Fuente: Creado por los autores

La cantidad suministrada dependerá de la dolencia del paciente o su condición y varía según la edad.

Para generar el gráfico del comportamiento de la demanda del Tramadol se utilizó información que es entregada mensualmente al Ministerio de Salud Pública del consumo de medicinas.

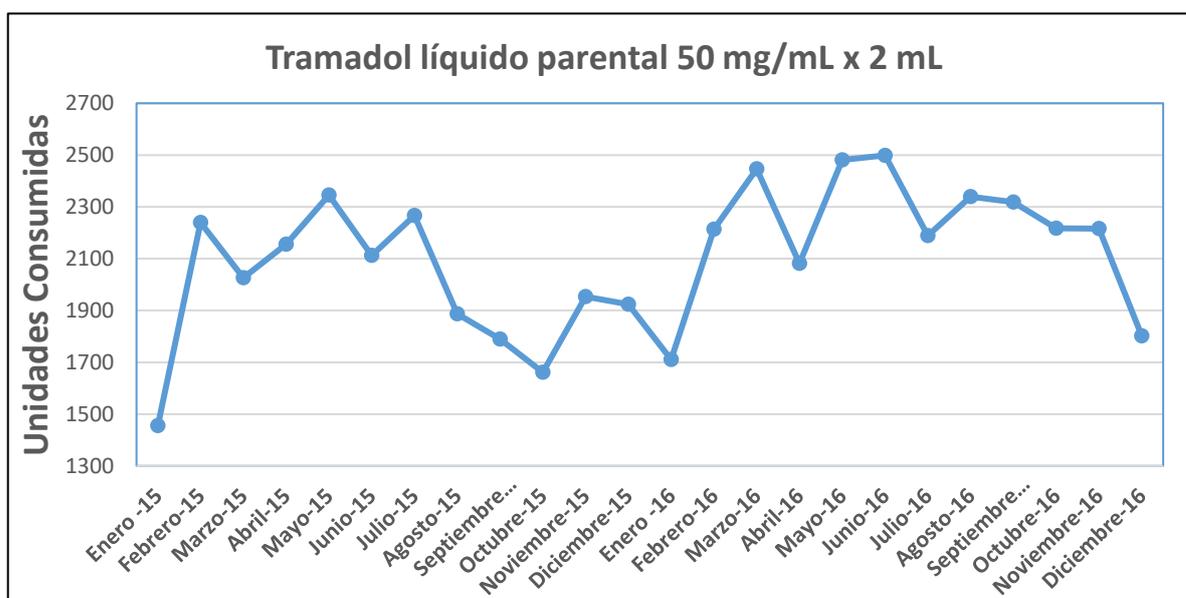


Ilustración 4.3: Demanda de tramadol en el HSP 2015 y 2016

Fuente: Creado por los autores

La serie de tiempo de los años 2015 y 2016 para este análisis nos indica que el Tramadol mantuvo una demanda promedio mensual de 2097 consumidas.

Actualmente la Q.F. Paulina Apolo es responsable de que se cumpla el proceso de abastecimiento del departamento de gestión de farmacia del centro quirúrgico y con ello el pedido de Tramadol, el requerimiento se realiza bajo su propio criterio de posibles necesidades dirigido su proveedor principal que es bodega de activos fijos, este pedido se lo hace mediante mensajes electrónicos o llamadas por celular, sin registrar fecha de requerimiento. El tiempo estimado de entrega es una semana. Para el análisis de comportamiento de la variable Tramadol se dividió la demanda de forma semanal ya que este es tiempo de respuesta de los pedidos, como se muestra en la ilustración 4.4, indicando mediante una línea el límite entre el año 2015 y 2016.

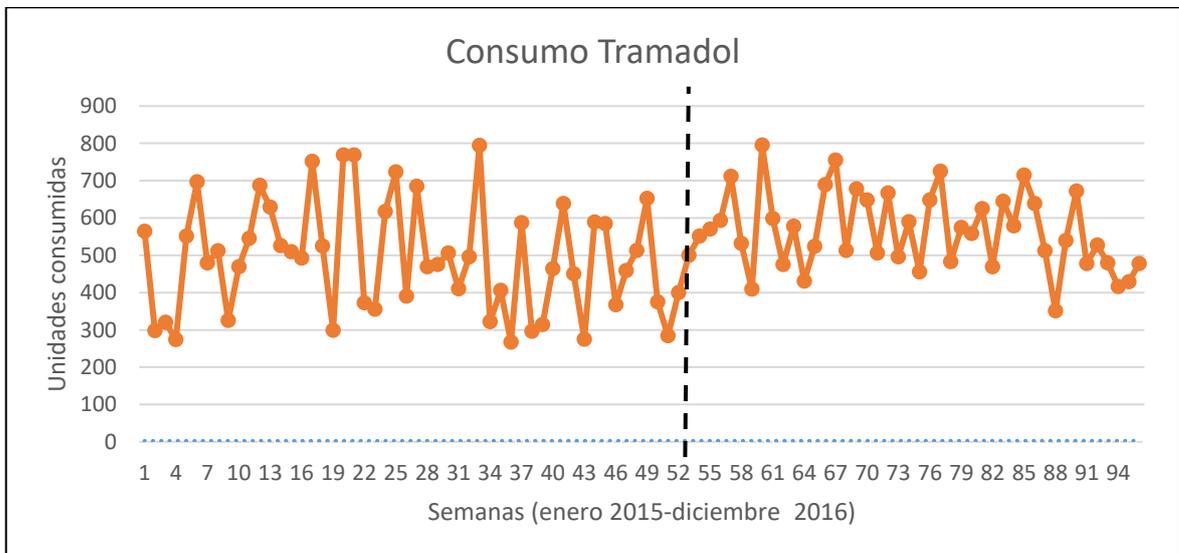


Ilustración 4.4: Consumo semanal de tramadol (2015-2016)

Fuente: Creado por los autores

Para representar el comportamiento de la variable “Consumo de tramadol” fue necesario utilizar Minitab para estimar la distribución de probabilidad que seguían los datos.

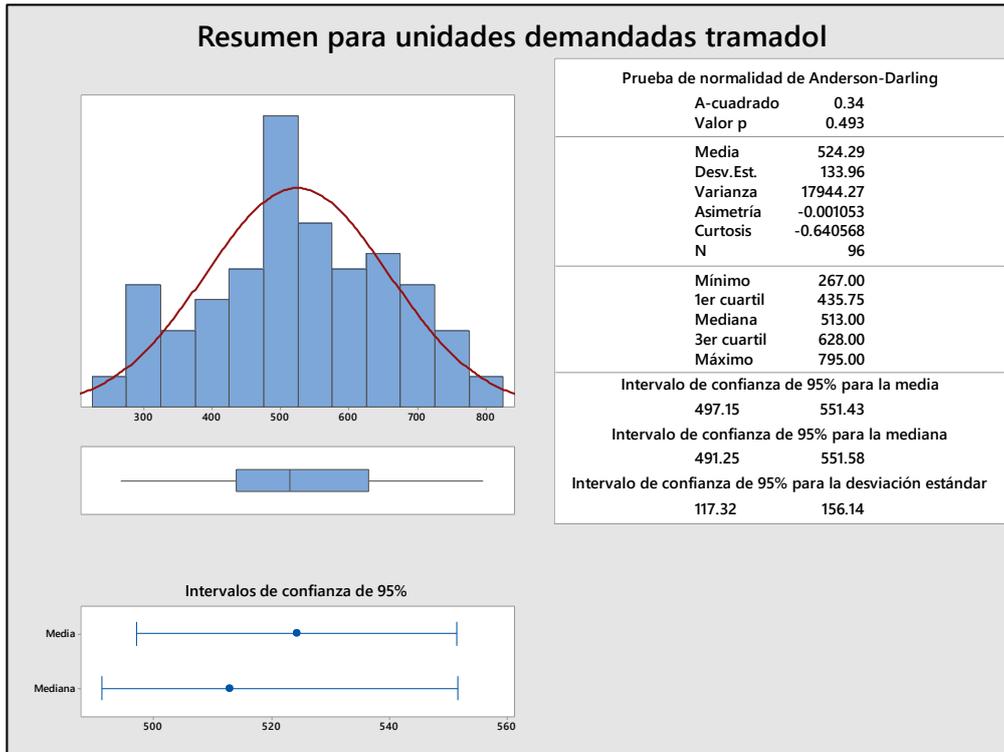


Ilustración 4.5: Resumen de la variable consumo de tramadol

Fuente: Creado por los autores

La ilustración 4.5 es el resultado del análisis de datos de demanda semanal de tramadol utilizando el software estadístico Minitab para conocer el promedio de ampollas de tramadol consumida. En vista de que el valor p de la prueba de normalidad de Anderson-Darling fue mayor a 0.05 se concluye que la demanda se aproxima a una distribución normal con los parámetros ilustrados: $N(524.29, 133.96^2)$.

Utilizando la ecuación 4.1, donde d es la demanda promedio (524.29) ,y σ^2 es la varianza de la misma (133.96²), se calculó el coeficiente cuadrático de variación de la demanda semanal de tramadol, obteniendo un valor 0.06528 que por ser menor a 0.25 permitió afirmar que la demanda era de tipo constante.

$$V_c = \frac{\sigma^2}{d^2} \tag{4.1}$$

4.2. Modelo matemático para predecir el consumo semanal del medicamento tramadol.

Para escoger un modelo de pronóstico, se utilizó la gráfica de la ilustración 4.4 para observar la curva de demanda de tramadol y determinará el comportamiento de dicha variable en diferentes períodos. Las formas de dichas curvas indica que hay una demanda con estacionalidad.

4.2.1. Justificación del modelo

En vista de que la curva de demanda del tramadol es una demanda con estacionalidad, pero sin tendencia, se descartaron los modelos de series de tiempo y se determinó la necesidad de un modelo causal. Se identificaron las causas del comportamiento de la demanda y por ser tanto de tipo cualitativos como cuantitativas, se escogió un modelo de regresión lineal debido que en el análisis de regresión lineal hay una relación entre variables dependientes y una o más variables independientes.

4.2.2. Presentación del modelo

Para hallar la ecuación de la regresión, se establecieron todos los factores de potencial influencia en la conducta de la variable de respuesta “y = demanda semanal tramadol”. Se predijo dicha demanda para el período de una semana por ser el tiempo de reposición del proveedor que maneja el HSP. Luego se colocaron los datos históricos de cada uno de los factores, como cantidades para los cuantitativos y como códigos para los cualitativos, y se los analizaron utilizando Excel. Los resultados de este análisis fue una tabla ANOVA donde se presentó el intervalo para cada factor. Aquellos factores que contenían el cero en dicho intervalo fueron descartados de la regresión lineal que se muestra en la ecuación 4.2.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 \dots \dots b_nX_n \quad (4.2)$$

Donde,

$X_1, X_2, X_3 \dots \dots X_n$ son los factores que si influyeron en el pronóstico.

Los supuestos del modelo de regresión lineal se basan en que los errores sean homogéneos y se aproxime a una distribución normal.

4.2.3. Prueba y ajuste del modelo

Para evaluar el modelo aplicado, se utilizó la ecuación final pronosticar los datos de la demanda de tramadol. Los datos generados para un período se evaluaron contra la información real para el mismo. Los indicadores utilizados para determinar si el modelo fue válido o no fueron el coeficiente de determinación R^2 resultante de la tabla ANOVA y la señal de seguimiento (Tracking Signal) calculado con la fórmula de la fórmula 4.3.

$$TS = \frac{\sum_1^n (A_t - F_t)}{\frac{1}{n} \sum_1^n |A_t - F_t|} \quad (4.3)$$

Donde,

A_t = demanda real para el periodo t

F_t = demanda pronosticada para el periodo t

4.2.4. Modelo de predicción de consumo

4.2.4.1. Desarrollo de la ecuación de regresión lineal para el pronóstico

Para realizar el pronóstico de la demanda, se tomaron los movimientos semanales de tramadol desde enero 2015 hasta diciembre 2016.

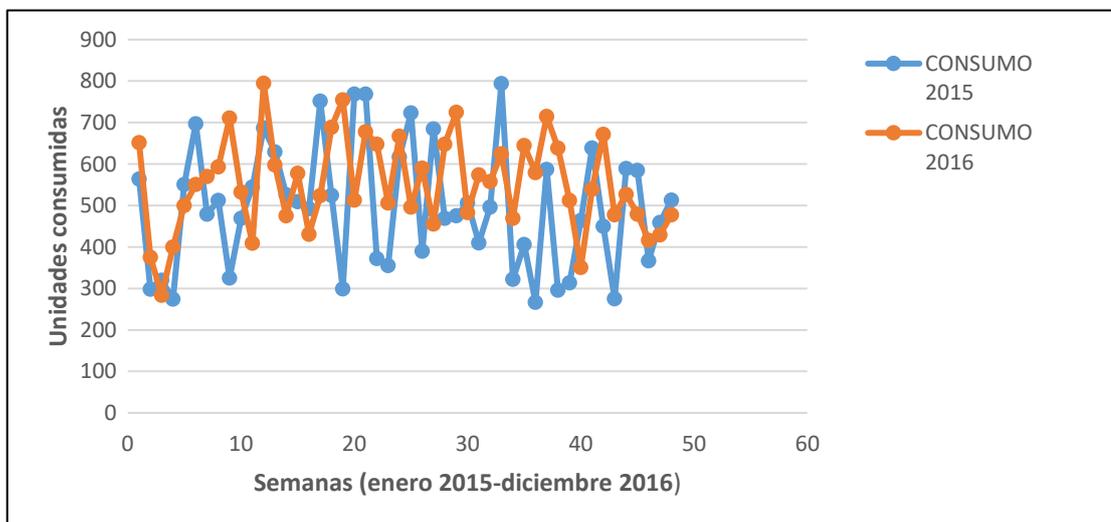


Ilustración 4.6: Consumo semanal de Tramadol

Fuente: Creado por los autores

En la ilustración 4.6 se comparó el comportamiento de la demanda en el año 2015 y 2016, y se identificó que las curvas tienen las mismas tendencias de crecimiento o decrecimiento ciertas épocas del año. Por lo tanto, para la selección del modelo de pronóstico se enfocó a una combinación de series de tiempo junto con factores causales subjetivos, dentro de una regresión lineal.

En base a la información cuantificable de la base de datos y la experiencia de la profesional como Q. F Paulina Apolo consensuó los posibles factores influyentes en el comportamiento de la demanda de tramadol. Entre los factores potenciales se encontraron variables cualitativas que se codificaron como variables “ficticias”, ya que no tienen un significado numérico, pero son de gran ayuda para predecir la demanda de tramadol. La variable cuantitativa, por el contrario, se cuantificaron según los datos de la base digital del hospital.

Los factores cualitativos y cuantitativos escritos como variables fueron:

X_1 “Cantidad de pacientes diagnosticados para el uso de tramadol”: Similar a la cantidad de pacientes diagnosticados antes o durante de alguna operación que necesita suministro de tramadol en una semana.

Obtuvimos estos datos filtrando la base de datos, los pacientes atendidos en cada semana de los años 2015 y 2016 que utilizaron tramadol

X_2 “consumo efectivo de tramadol”: Este dato equivale a los datos históricos de la misma variable de respuesta que se requiere modelar, para crear la idea importante de una serie de tiempo en la regresión lineal. La variable X_2 fue el resultado de la metodología de promedio móvil con $n = 2$, resumido el capítulo 2.

1. Media móvil de 2 períodos: Se promediaron los datos de dos semanas para pronosticar la demanda semanal.

Una vez calculado los pronósticos del consumo se calcularon los errores correspondientes al pronóstico realizado. Los resultados del indicador MAD (error cuadrático medio), MAPE y MSD mostrado en la tabla 6, que indican el error obtenido al realizar este método.

Tabla 6: Errores

Escenario	1	2
MAD	139	127.1
MAPE	28.8	26.4
MSD	28017.3	23377.1

Fuente: Creado por los autores

X_3 “Cantidad de pacientes hospitalizados”: Cantidades de pacientes que fueron hospitalizados según lo que se contó de los registros del HSP.

X_4 “Temporada”: La temporada para consumo de la medicina se codificó como: 2= alta, 1= media, 0= baja. Estos valores se atribuyeron a las semanas de los años 2015 y 2016 en la ilustración 4.6. Los meses de temporada alta fueron Febrero, Marzo, inicio de Abril, finales de Mayo, Junio y Julio, los de temporada media fueron finales de Abril, inicios de Mayo, Agosto, Septiembre, Octubre y Diciembre; y temporada baja fueron los meses de Noviembre y Enero.

X_5 “Feriados”: Los feriados se catalogaron como 1 = si existe feriado, 0 = no existe feriado según la publicación que mantuvo el gobierno nacional de los feriados decretados.

X_6 “Cantidades de pacientes consumiendo sustitos de tramadol”: El gasto de medicinas sustitutas a el tramadol se calculó con los registros de la base datos, los pacientes que consumieron tramadol, paracetamol y otros desde enero del 2015 hasta la semana 52 del 2016 por ser información brindada para elaborar este proyecto.

Y “Consumo semanal de tramadol ”: Esta variable de respuesta fue el pronóstico de la demanda semanal puesto que ese es el espacio de reaprovisionamiento.

Para la evaluación del modelo se utilizaron los datos desde la primera semana del 2015 hasta la semana 52 del 2016 para cada factor explicado, y se obtuvieron los resultados de la Tabla 6 y Tabla 7

Tabla 7: Estadísticas de la regresión lineal

Estadísticas de la Regresión	
<i>Coefficiente de determinación R^2</i>	63.46 %
<i>R^2 ajustado</i>	62.26%
<i>Error típico</i>	82.6959%
<i>Observaciones</i>	96

Fuente: Creado por los autores

Tabla 8: Análisis de varianza de la regresión lineal

Análisis de Varianza					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
<i>Regresión</i>	3	1080798	360266	52.68	0.0000
<i>Residuos</i>	91	622314	6839		
<i>Total</i>	94	1703112			

Fuente: Creado por los autores

El modelo obtuvo un R^2 ajustado de 62.26%, por lo que se lo consideró como aceptable.

El valor F fue mayor que el valor crítico de F , por lo tanto, al menos un factor de los determinados era influyente.

Para encontrar los factores notables se examinaron los límites superiores e inferiores de cada variable. Aquellos factores con valor p es mayor a 0,05 y por lo tanto no son significativas y no influyen en el consumo fueron:

X_1 "Cantidad de pacientes diagnosticados para el uso de tramadol"

X_3 "Cantidad de pacientes hospitalizados "

X_5 "Feriados "

X_6 "Cantidades de pacientes consumiendo sustitos de tramadol "

Los componentes que resultaron notables fueron los presentados en la tabla 9:

Tabla 9: Factores influyentes en la regresión

	<i>Coefficientes</i>
X_2 "consumo efectivo de tramadol"	0.8573
X_4 "Temporada "	
0: baja	0
1: media	16.4
2: alta	94.5

Fuente: Creado por los autores

Consecuentemente la ecuación para calcular el consumo semanal de tramadol fue:

$$Y = a + b_2 X_2 + b_4 X_4$$

Donde,

X_2 "consumo efectivo de tramadol"

X_4 "Temporada "

Temporada baja $Y = 33.7 + 0.8573$

Temporada media $Y = 50 + 0.8573$

Temporada alta $Y = 128.2 + 0.8573$

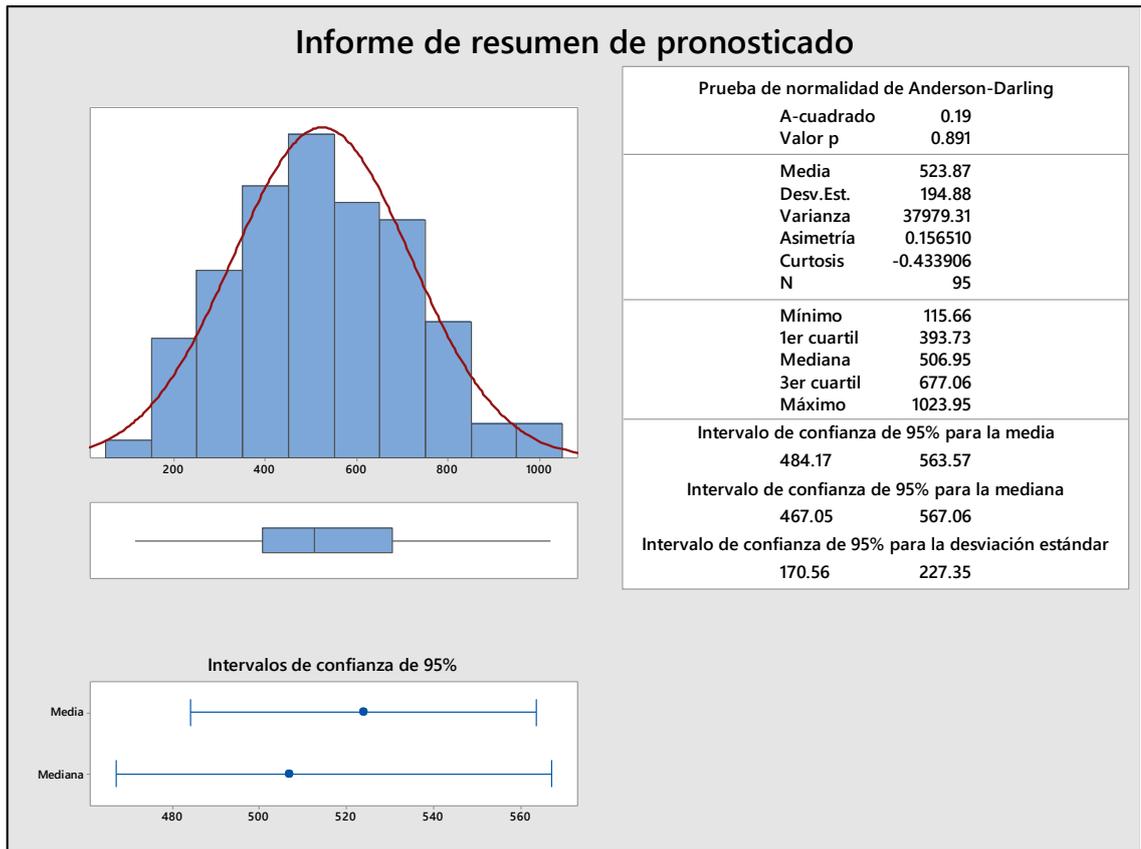


Ilustración 4.7: Resumen de Pronóstico

Fuente: Creado por los autores

Admitido el modelo, determinamos el comportamiento de la variable Y: “Consumo semanal de tramadol”, utilizando los datos obtenidos de la predicción para los años 2015 y 2016. El resumen elaborado en Minitab se muestra en la ilustración 4.

El valor p de prueba de normalidad mayor a 0.05 permitió indicar que la distribución de la demanda pronosticada se aproxima a una Normal(523.87,194.882).

De las mismas formas se analizaron los errores obtenidos de la disconformidad entre el pronóstico y los datos existentes de la demanda. el resumen el grafico de dichos errores de presenta en la ilustración 4.8

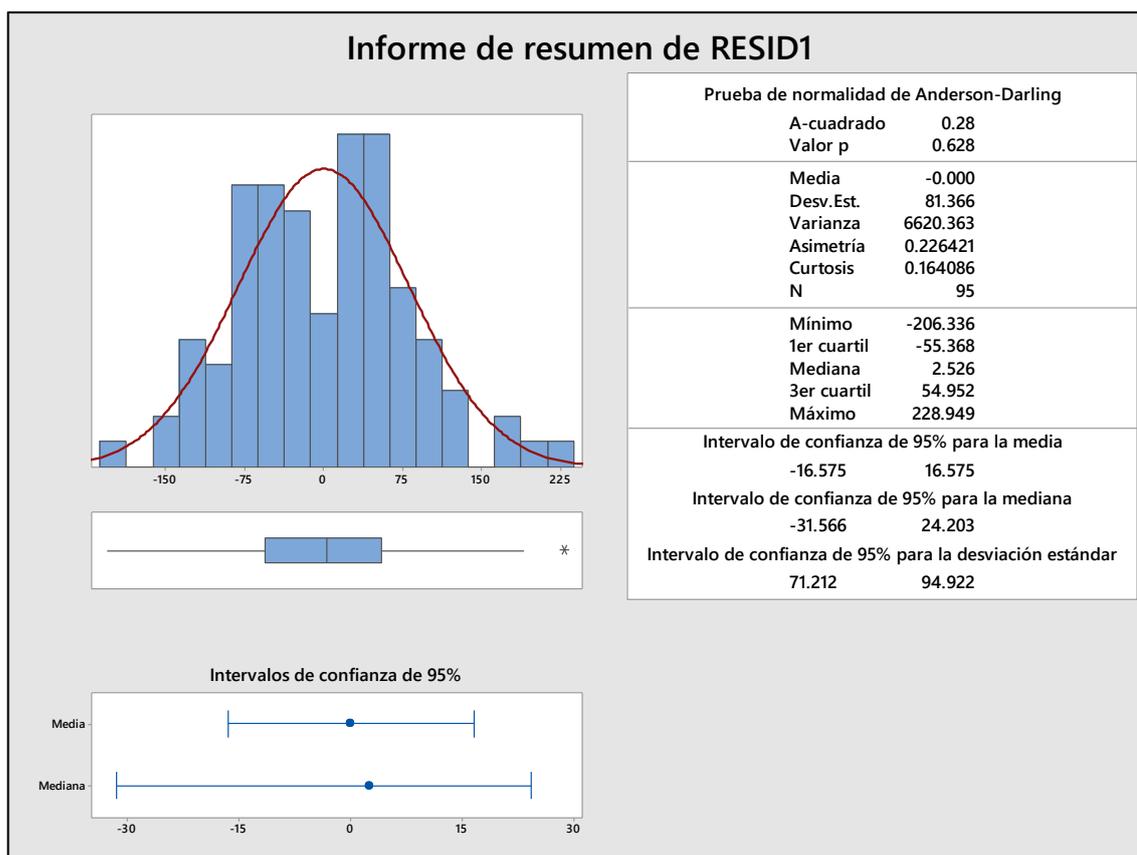


Ilustración 4.8: Comportamiento del RESID1

Fuente: Creado por los autores

De igual manera que la demanda y el consumo, la variable de los errores se comporta como una variable normal, $N(-0.00, 81.36)$. El interés por determinar si la demanda pronosticada y el error del pronóstico seguían una distribución Normal, nace de la necesidad de calcular el factor de seguridad z de la política de inventario que se crea a partir de la distribución de probabilidades que sigue la demanda.

Los resultados derivados del pronóstico como la media y la desviación de la demanda pronostican de tramadol, y los errores del mismo, fueron usados para el desarrollo del modelo de inventario.

4.2.5. Modelo de Inventario

4.2.5.1. Estimación de costos de Inventario

Para la evaluación del siguiente trabajo la situación actual y situaciones posteriores, se establecieron los siguientes costos junto a su manera de obtenerlos:

- **Costo del material (medicamento):** Este valor procede del proveedor, quien actualmente es Enfarma EP. El costo para el HSP es de \$1.26 por cada ampolla de 2 gramos y el precio de venta al público (P.V.P) es \$1.57.
- **Costo de mantener el inventario expresado en porcentaje del costo del material:** Debido a que el costo de mantener inventario involucra variables como consumo de servicios básicos, salarios, mantenimiento, entre otras, fue difícil estimar, por esta razón, se estimó el valor de este exclusivamente como el valor de oportunidad. Dicho precio fue obtenido del Líder de Gestión de Farmacia del HSP. El valor fue fijado en un 20% anual.
- **Tiempo promedio de vida del fármaco en días:** Se refiere a la caducidad del producto según lo establecido por su fabricante, que por lo general está indicado en la muestra física del mismo. El medicamento caduco aproximadamente después de 4 años de su elaboración, 1440 días o 208 semanas cuando la ampolla no ha sido abierta, en conclusión, una vez diluido completamente, el producto dura entre 6 a 8 horas.
- **Promedio y desviación estándar del tiempo de entrega (lead time) del proveedor:** Corresponde al tiempo promedio de reposición de un producto. Para el tramadol es de una semana cuando el proveedor Enfarma EP, quien envía el pedido desde Quito. No es posible calcular el promedio ni la desviación estándar del lead time ya que actualmente no se registra la fecha en que se coloca la orden.

- **Descuentos por cantidad otorgados por el proveedor del medicamento:** Es un acuerdo pactado para fijar valores del proveedor a su comprador. Por esta razón la empresa Enfarma EP estableció un descuento fijo del 15% del valor de la venta, indiferentemente a la cantidad que se adquiriera. El precio al que el proveedor vende el producto es \$1.26.

- **Días de crédito otorgados por el proveedor:** En teoría el proveedor concede por acuerdo 60 días de crédito, asimismo, el hospital tarda por lo general 3 meses o más en proceder sus valores.

- **Costo fijo de ordenar materiales (incluye: costo del tiempo del comprador *, costo de transporte*, costos de recepción, otros costos relacionados):** Para la estimación de este costo se tomó el salario de la encargada de realizar el pedido, la misma que lo recibe y con ayuda de un auxiliar descarga la mercadería y la contabilizan .El tiempo empleado en llamar para ordenar es de 3 minutos , el de recibir ,contar y ordenar , 15 minutos .Calculando la cantidad de minutos trabajados por el empleado mes , \$806 serian \$ 0.0559 ,que multiplicado por los 15 minutos que tarda el encargado , el precio de pedir resulta en \$0.83958.Se considera la tarifa telefónica el cual es \$0.09 más IVA incluido.

- No existe costo de transporte o flete.

- **Costo unitario por faltantes (venta perdida) para su producto:** Farmacia vende el producto a \$1.54 con un descuento del 10% (\$1.40) si el pago es al contado si les cuesta \$1.26 adquirirlo, el margen de ganancia es de \$ 0.14.Que seria igual al costo de una venta perdida. No existe un impacto al valor social como deterioro de la imagen, pues una institución sin fines de lucro.

En síntesis, el promedio actual del costo semanal elaborado con los costos unitarios, el número pedido por semanas, el inventario y los faltantes en una semana se muestra a continuación en la tabla 10.

Tabla 10 : Costos actuales semanales del manejo de tramadol

Costos semanal 2015	
Costo fijo de pedido	0.93
Costo de mantener inventario	2.35
Costo de faltantes	0.0

Fuente: Creado por los autores

4.2.5.2. Modelo matemático para gestionar las compras del medicamento tramadol

Para elegir el modelo de inventarios adecuado, inicialmente se determinó si la demanda era probabilística o determinística utilizando el coeficiente de variación, calculado con la ecuación 4.1 en el proceso previo de recopilación de la información de la demanda del tramadol. Se estableció la clasificación ABC de los productos del hospital. Con las mismas cantidades se determinó si el tramadol tenía un rápido o lento movimiento. Dependiendo de los resultados preliminares se escogió la política apropiada según la tabla 11 que es una guía para escoger una política.

Tabla 11: Cuadro de relación entre políticas y tipos de producto

TIPO DE PRODUCTO	<i>Movimiento</i>	
	RÁPIDO $D_L > 10$	LENTO $D_L < 10$
A	<i>Revisión continua</i>	Revisión continua
B	Revisión continua	Revisión periódica
C	Revisión periódica	Revisión periódica

Fuente: Creado por los autores

4.2.5.3. Justificación del modelo

La política ganadora fue de revisión continua por que la demanda ocurre a una tasa constante y es posible aproximar los datos del pronóstico a una distribución normal. Además, se cumplen las siguientes proposiciones para el modelo: costo de pedido fijo e independiente de la cantidad ordenada, no se aceptan faltantes en el inventario, el tiempo de entrega de un pedido por parte del proveedor es constante.

4.2.5.4. Presentación del modelo

Para el modelo de inventario seleccionado, en este caso el de revisión continua EOQ, fue necesario estimar los costos del manejo de inventario como se detalló en la estimación de costos de inventario. Manejando dichos costos se calcularon los parámetros de la política a realizarse con las ecuaciones (2.6) para la cantidad optima de pedido Q , y (2.7) para el punto de reorden *pro* es decir cuánto y cuándo pedir.

4.2.5.5. Presentación de la política

El modelo de inventario sugerido fue un *EOQ de revisión continua* ya que es el más apropiado para las situaciones de un hospital. Los valores indispensables para el cálculo de los parámetros de la política se muestran en la tabla 12.

Tabla 12: Valores de costos y demandas

Demanda semanal pronosticada	D(uni)	523.87	
Costo semanal de mantener inventario	$I(\%)$	0.0038%	20% Anual
Costo de adquisición	$C(\$/uni)$	1.26	
Costo de hacer pedido	$s(\$)$	0.93	
Desviación estándar errores	σ	81.36	
Costos de faltantes	$k(\$/uni)$	0.14	
Factores de seguridad	z	1.644	

Fuente: Creado por los autores

La tabla 12 resume los valores con los cuales se define la política de inventario conjuntamente con las ecuaciones de la sección 2.3.6. Se puede mencionar que en la tabla de resultados la columna que se cita como cantidad real es la simple división de la columna unidades para diez ya que la presentación del tramadol viene en esta presentación.

Tabla 13:Resultado de la política de inventario (pro, Q)

		Unidades	Cantidad Real
Cantidad a Solicitar	$Q(uni)$	426	42 cajas
Punto de reorden	$pro(uni)$	658	66 cajas
Inventario de Seguridad	$ss(uni)$	262	26 cajas

Fuente: Creado por los autores

4.2.5.6. Simulación de la política

Los datos aleatorios, generados con la distribución encontrada de la demanda, fueron usados para implementar la política a través de una simulación en Excel. En un modelo de Excel se ubicaron junto a las demandas pronosticadas, las cantidades de pedido y el instante en que llegan. El desarrollo y los datos de la simulación de la política para un período de 52 semanas se indican en la tabla APENDICE A.

4.2.5.7. Análisis y evaluación de resultados de la política

Para la estimación de la política de los costos mencionados en la estimación de costos de inventario para las 52 semanas simuladas, consiguiendo los valores mostrados en la tabla 13.

Tabla 14 : Costos de la política de revisión continua

Costos totales de Revisión Continua	
Costo de hacer pedido	\$39.06
Costo de mantener inventario	\$ 98.70
Costos de faltantes	\$0
Inventario promedio	426
Unidades faltantes	0
TOTAL	\$137.76

Fuente: Creado por los autores

Al comparar el costo actual mostrado tabla 14 con los valores presentados en la tabla 10, se evidencia una mejora con una disminución del 25% del costo total.

Tabla 15: Comparación entre la situación actual y la política propuesta

Valores para un período de 52 semanas	Situación Actual	Política Propuesta
Costo de hacer pedido (\$)	65.10	39.06
Costo de mantener inventario (\$)	164.50	98.70
Costos de faltantes de existencias (\$)	0	0
Costo Total (\$)	229.6	137.76
Inventario Promedio (Unidades)	703	426

Fuente: Creado por los autores

En la tabla 15 se evidencia una mejora al momento de la comparación entre la situación actual y la política propuesta, ya que al realizar los pedidos de manera diaria implica generar mayores niveles de inventario y esto conlleva al desperdicio de dinero y espacio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En la actualidad el HSP no cuenta con un sistema formal para el manejo de inventario. Las formas de realizar y almacenar los pedidos de medicamentos se hacen de una manera empírica por ello origina un exceso de inventario por lo cual es necesario implementar un política e inventario para obtener un mejor beneficio.
2. Es de vital importancia el conocer la conducta de las demandas de los medicamentos del hospital para mantenerse abastecidos y así poder prestar servicios de salud con calidad y calidez.
3. El modelo de pronóstico conveniente para la demanda de tramadol fue una regresión lineal igual a $Y = 0.85 X_2 + 16.4X_4$, X_2 : consumo efectivo del tramadol, X_4 :Temporada.
4. La política de inventario propuesta para la manipulación del tramadol del HSP fue la de revisión continua EOQ con una cantidad fija de pedido 426 unidades de tramadol y punto de reorden de 591 unidades del mismo.
5. La política de inventario EOQ es ajustable no solo para el uso del tramadol sino para cualquier otro medicamentos o insumo hospitalario dentro de la organización ya que soporta variabilidad de la demanda.
6. Finalmente, se constató que la política EOQ propuesta podría disminuir el nivel del inventario en un 25% que resulta beneficio para la institución ahorrando costo de pedido y almacenamiento para un período de 52 semanas.

Recomendaciones

1. Comprobar anualmente el modelo de pronóstico y los factores del mismo, para ratificar la información real o corregir en base a la modificación que se hayan producido en el período de evaluación.
2. Realizar capacitaciones al personal encargado del manejo de la política a implementar.
3. Restablecer la política de inventario si fuera necesario en el caso de existir modificaciones en el consumo o costos con respecto al manejo de inventario del Tramadol.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Aguilar, M. (Mayo de 2009). *Telos*. Obtenido de <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/article/view/4416/5515>
- [2]. Ballou, R. H. (2004). *Administración de la Cadena de Suministro*. Estado de Mexico : Quinta Edición.
- [3]. Bastidas, T. y. (Mayo de 2011). *Telos*. Obtenido de <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/article/view/4416/5515>
- [4]. Chase, & Vollmann, A. y. (Mayo de 2009). *Telos*. Obtenido de <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/article/view/4416/5515>
- [5]. Chopra, S. a. (2000). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operations*. United Kingdom: Pearson Prentice Hall.
- [6]. GRÜNENTHAL DE MEXICO, S. d. (19 de Enero de 2016). <http://medicamentos.com.mx/DocHTML/29854.htm>.
- [7]. Ortiz, L., & Gómez. (Mayo de 2008). *Telos*. Obtenido de <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/article/view/4416/5515>
- [8]. Ortiz, S. G. (2004). *Telos*. Obtenido de <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/article/view/4416/5515>
- [9]. Schroeder. (Mayo de 2005). *Telos*. Obtenido de <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/article/view/4416/5515>
- [10]. Silva, O. P. (Mayo de 2016). *Telos*. Obtenido de <http://publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/article/view/4416/5515>
- [11]. Silver, E. a. (1998). *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*. New York: Tercera.
- [12]. Simon Schalit, J. V. (Marzo de 2014). *Lokad*. Obtenido de <https://www.lokad.com/es/definicion-nivel-de-servicio>

APÉNDICE A

Simulación de la política EOQ (658,426)

	DIAS	DEMANDA DIARIA	INV INICIAL	INV FINAL	PEDIDO	LLEGA	INV PROMEDIO
	1	61	574	513	0	0	544
	2	59	513	454	0	0	484
	3	57	454	397	426	0	426
	4	58	397	339	0	0	368
	5	63	339	276	0	0	308
	6	61	276	215	0	0	246
semana1	7	62	215	153	0	0	184
	1	60	153	93	0	0	123
	2	61	93	458	0	426	276
	3	58	458	400	426	0	429
	4	62	400	338	0	0	369
	5	65	338	273	0	0	306
	6	59	273	214	0	0	244
semana2	7	55	214	159	0	0	187
	1	61	159	98	0	0	129
	2	64	98	460	0	426	279
	3	60	460	400	426	0	430
	4	59	400	341	0	0	371
	5	56	341	285	0	0	313
	6	61	285	224	0	0	255
semana3	7	65	224	159	0	0	192
	1	57	159	102	0	0	131
	2	65	102	463	0	426	283
	3	56	463	407	426	0	435
	4	58	407	349	0	0	378
	5	63	349	286	0	0	318
	6	59	286	227	0	0	257
semana4	7	63	227	164	0	0	196
	1	65	164	99	0	0	132
	2	60	99	465	0	426	282
	3	58	465	407	426	0	436
	4	60	407	347	0	0	377
	5	62	347	285	0	0	316
	6	58	285	227	0	0	256
semana5	7	62	227	165	0	0	196
	1	62	165	103	0	0	134
	2	65	103	464	0	426	284
	3	60	464	404	426	0	434
	4	55	404	349	0	0	377
	5	64	349	285	0	0	317
	6	63	285	222	0	0	254
semana6	7	57	222	165	0	0	194
	1	56	165	109	0	0	137
	2	63	109	472	0	426	291
	3	59	472	413	426	0	443
	4	64	413	349	0	0	381
	5	63	349	286	0	0	318
	6	62	286	224	0	0	255
semana7	7	65	224	159	0	0	192

	DIAS	DEMANDA DIARIA	INV INICIAL	INV FINAL	PEDIDO	LLEGA	INV PROMEDIO
	1	62	159	97	0	0	128
	2	65	97	458	0	426	278
	3	59	458	399	426	0	429
	4	61	399	338	0	0	369
	5	63	338	275	0	0	307
	6	59	275	216	0	0	246
semana8	7	56	216	160	0	0	188
	1	63	160	97	0	0	129
	2	56	97	467	0	426	282
	3	57	467	410	426	0	439
	4	55	410	355	0	0	383
	5	64	355	291	0	0	323
	6	62	291	229	0	0	260
semana9	7	62	229	167	0	0	198
	1	63	167	104	0	0	136
	2	61	104	469	0	426	287
	3	55	469	414	426	0	442
	4	61	414	353	0	0	384
	5	59	353	294	0	0	324
	6	57	294	237	0	0	266
semana10	7	58	237	179	0	0	208
	1	65	179	114	0	0	147
	2	64	114	476	0	426	295
	3	55	476	421	426	0	449
	4	63	421	358	0	0	390
	5	62	358	296	0	0	327
	6	59	296	237	0	0	267
semana11	7	57	237	180	0	0	209
	1	58	180	122	0	0	151
	2	56	122	492	0	426	307
	3	63	492	429	426	0	461
	4	62	429	367	0	0	398
	5	60	367	307	0	0	337
	6	62	307	245	0	0	276
semana12	7	55	245	190	0	0	218
	1	61	190	129	0	0	160
	2	58	129	497	0	426	313
	3	59	497	438	426	0	468
	4	59	438	379	0	0	409
	5	61	379	318	0	0	349
	6	63	318	255	0	0	287
semana13	7	64	255	191	0	0	223
	1	58	191	133	0	0	162
	2	57	133	502	0	426	318
	3	65	502	437	426	0	470
	4	64	437	373	0	0	405
	5	62	373	311	0	0	342
	6	62	311	249	0	0	280
semana14	7	60	249	189	0	0	219
	1	64	189	125	0	0	157
	2	59	125	492	0	426	309
	3	65	492	427	426	0	460
	4	55	427	372	0	0	400
	5	61	372	311	0	0	342
	6	56	311	255	0	0	283

	DIAS	DEMANDA DIARIA	INV INICIAL	INV FINAL	PEDIDO	LLEGA	INV PROMEDIO
semana15	7	64	255	191	0	0	223
	1	59	191	132	0	0	162
	2	55	132	503	0	426	318
	3	62	503	441	426	0	472
	4	65	441	376	0	0	409
	5	60	376	316	0	0	346
	6	55	316	261	0	0	289
semana16	7	61	261	200	0	0	231
	1	57	200	143	0	0	172
	2	58	143	511	0	426	327
	3	57	511	454	426	0	483
	4	64	454	390	0	0	422
	5	56	390	334	0	0	362
	6	56	334	278	0	0	306
semana17	7	57	278	221	0	0	250
	1	59	221	162	0	0	192
	2	60	162	528	0	426	345
	3	59	528	469	426	0	499
	4	59	469	410	0	0	440
	5	61	410	349	0	0	380
semana18	7	64	294	230	0	0	262
	1	64	230	166	0	0	198
	2	58	166	534	0	426	350
	3	61	534	473	426	0	504
	4	62	473	411	0	0	442
	5	59	411	352	0	0	382
	6	55	352	297	0	0	325
semana19	7	60	297	237	0	0	267
	1	56	237	181	0	0	209
	2	64	181	543	0	426	362
	3	57	543	486	426	0	515
	4	63	486	423	0	0	455
	5	65	423	358	0	0	391
	6	56	358	302	0	0	330
semana20	7	59	302	243	0	0	273
	1	65	243	178	0	0	211
	2	57	178	547	0	426	363
	3	59	547	488	426	0	518
	4	60	488	428	0	0	458
	5	60	428	368	0	0	398
	6	59	368	309	0	0	339
semana21	7	62	309	247	0	0	278
	1	57	247	190	0	0	219
	2	56	190	560	0	426	375
	3	63	560	497	426	0	529
	4	57	497	440	0	0	469
	5	56	440	384	0	0	412
	6	62	384	322	0	0	353
semana22	7	55	322	267	0	0	295
	1	57	267	210	0	0	239
	2	62	210	574	0	426	392
	3	65	574	509	426	0	542
	4	65	509	444	0	0	477
	5	55	444	389	0	0	417
	6	59	389	330	0	0	360

	DIAS	DEMANDA DIARIA	INV INICIAL	INV FINAL	PEDIDO	LLEGA	INV PROMEDIO
semana23	7	64	330	266	0	0	298
	1	60	266	206	0	0	236
	2	64	206	568	0	426	387
	3	63	568	505	426	0	537
	4	57	505	448	0	0	477
	5	65	448	383	0	0	416
	6	58	383	325	0	0	354
semana24	7	64	325	261	0	0	293
	1	59	261	202	0	0	232
	2	62	202	566	0	426	384
	3	61	566	505	426	0	536
	4	58	505	447	0	0	476
	5	61	447	386	0	0	417
	6	65	386	321	0	0	354
semana25	7	55	321	266	0	0	294
	1	61	266	205	0	0	236
	2	55	205	576	0	426	391
	3	56	576	520	426	0	548
	4	57	520	463	0	0	492
	5	65	463	398	0	0	431
	6	62	398	336	0	0	367
semana26	7	59	336	277	0	0	307
	1	65	277	212	0	0	245
	2	65	212	573	0	426	393
	3	63	573	510	426	0	542
	4	62	510	448	0	0	479
	5	57	448	391	0	0	420
	6	57	391	334	0	0	363
semana27	7	65	334	269	0	0	302
	1	64	269	205	0	0	237
	2	60	205	571	0	426	388
	3	64	571	507	426	0	539
	4	55	507	452	0	0	480
	5	57	452	395	0	0	424
	6	62	395	333	0	0	364
semana28	7	55	333	278	0	0	306
	1	56	278	222	0	0	250
	2	60	222	588	0	426	405
	4	62	473	411	0	0	442
	5	59	411	352	0	0	382
	6	57	406	349	0	0	378
semana29	7	64	349	285	0	0	317
	1	56	285	229	0	0	257
	2	62	229	593	0	426	411
	3	62	593	531	426	0	562
	4	64	531	467	0	0	499
	5	60	467	407	0	0	437
	6	59	407	348	0	0	378
semana30	7	61	348	287	0	0	318
	1	58	287	229	0	0	258
	2	61	229	594	0	426	412
	3	58	594	536	426	0	565
	4	56	536	480	0	0	508
	5	60	480	420	0	0	450
	6	55	420	365	0	0	393

	DIAS	DEMANDA DIARIA	INV INICIAL	INV FINAL	PEDIDO	LLEGA	INV PROMEDIO
semana31	7	65	365	300	0	0	333
	1	63	300	237	0	0	269
	2	58	237	605	0	426	421
	3	60	605	545	426	0	575
	4	61	545	484	0	0	515
	5	58	484	426	0	0	455
	6	58	426	368	0	0	397
semana32	7	57	368	311	0	0	340
	1	60	311	251	0	0	281
	2	63	251	614	0	426	433
	3	65	614	549	426	0	582
	4	57	549	492	0	0	521
	5	63	492	429	0	0	461
	6	55	429	374	0	0	402
semana33	7	61	374	313	0	0	344
	1	58	313	255	0	0	284
	2	61	255	620	0	426	438
	3	55	620	565	426	0	593
	4	64	565	501	0	0	533
	5	57	501	444	0	0	473
	6	62	444	382	0	0	413
semana34	7	55	382	327	0	0	355
	1	63	327	264	0	0	296
	2	62	264	628	0	426	446
	3	56	628	572	426	0	600
	4	55	572	517	0	0	545
	5	55	517	462	0	0	490
	6	59	462	403	0	0	433
semana35	7	56	403	347	0	0	375
	1	58	347	289	0	0	318
	2	64	289	651	0	426	470
	3	58	651	593	426	0	622
	4	63	593	530	0	0	562
	5	60	530	470	0	0	500
	6	61	470	409	0	0	440
semana36	7	62	409	347	0	0	378
	1	64	347	283	0	0	315
	2	64	283	645	0	426	464
	3	55	645	590	426	0	618
	4	56	590	534	0	0	562
	5	60	534	474	0	0	504
	6	60	474	414	0	0	444
semana37	7	60	414	354	0	0	384
	1	61	354	293	0	0	324
	2	57	293	662	0	426	478
	3	57	662	605	426	0	634
	4	65	605	540	0	0	573
	5	57	540	483	0	0	512
	6	64	483	419	0	0	451
semana38	7	65	419	354	0	0	387
	1	58	354	296	0	0	325
	2	61	296	661	0	426	479
	3	56	661	605	426	0	633
	4	61	605	544	0	0	575

	DIAS	DEMANDA DIARIA	INV INICIAL	INV FINAL	PEDIDO	LLEGA	INV PROMEDIO
	5	63	544	481	0	0	513
	6	59	481	422	0	0	452
semana39	7	61	422	361	0	0	392
	1	56	361	305	0	0	333
	2	62	305	669	0	426	487
	3	55	669	614	426	0	642
	4	57	614	557	0	0	586
	5	55	557	502	0	0	530
	6	59	502	443	0	0	473
semana40	7	59	443	384	0	0	414
	1	59	384	325	0	0	355
	2	65	325	686	0	426	506
	3	63	686	623	426	0	655
	4	59	623	564	0	0	594
	5	58	564	506	0	0	535
	6	58	506	448	0	0	477
semana41	7	61	448	387	0	0	418
	1	63	387	324	0	0	356
	2	61	324	689	0	426	507
	3	58	689	631	426	0	660
	4	55	631	576	0	0	604
	5	61	576	515	0	0	546
	6	64	515	451	0	0	483
semana42	7	62	451	389	0	0	420
	1	57	389	332	0	0	361
	2	56	332	702	0	426	517
	3	57	702	645	426	0	674
	4	62	645	583	0	0	614
	5	63	583	520	0	0	552
	6	65	520	455	0	0	488
semana43	7	63	455	392	0	0	424
	1	62	392	330	0	0	361
	2	64	330	692	0	426	511
	3	60	692	632	426	0	662
	4	60	632	572	0	0	602
	5	60	572	512	0	0	542
	6	64	512	448	0	0	480
semana44	7	64	448	384	0	0	416
	1	63	384	321	0	0	353
	2	55	321	692	0	426	507
	3	65	692	627	426	0	660
	4	61	627	566	0	0	597
	5	56	566	510	0	0	538
	6	58	510	452	0	0	481
semana45	7	64	452	388	0	0	420
	1	57	388	331	0	0	360
	2	58	331	699	0	426	515
	3	55	699	644	426	0	672
	4	64	644	580	0	0	612
	5	61	580	519	0	0	550
	6	57	519	462	0	0	491
semana46	7	56	462	406	0	0	434
	1	59	406	347	0	0	377
	2	55	347	718	0	426	533

	DIAS	DEMANDA DIARIA	INV INICIAL	INV FINAL	PEDIDO	LLEGA	INV PROMEDIO
	3	65	718	653	426	0	686
	4	55	653	598	0	0	626
	5	62	598	536	0	0	567
	6	64	536	472	0	0	504
semana47	7	59	472	413	0	0	443
	1	60	413	353	0	0	383
	2	65	353	714	0	426	534
	3	62	714	652	426	0	683
	4	61	652	591	0	0	622
	5	61	591	530	0	0	561
	6	55	530	475	0	0	503
semana48	7	57	475	418	0	0	447
	1	63	418	355	0	0	387
	2	62	355	719	0	426	537
	3	60	719	659	426	0	689
	4	56	659	603	0	0	631
	5	60	603	543	0	0	573
	6	59	543	484	0	0	514
semana49	7	60	484	424	0	0	454
	1	59	424	365	0	0	395
	2	58	365	733	0	426	549
	3	65	733	668	426	0	701
	4	56	668	612	0	0	640
	5	61	612	551	0	0	582
	6	61	551	490	0	0	521
semana50	7	61	490	429	0	0	460
	1	59	429	370	0	0	400
	2	63	370	733	0	426	552
	3	56	733	677	426	0	705
	4	62	677	615	0	0	646
	5	59	615	556	0	0	586
	6	59	556	497	0	0	527
semana51	7	58	497	439	0	0	468
	1	61	439	378	0	0	409
	2	56	378	748	0	426	563
	3	65	748	683	426	0	716
	4	55	683	628	0	0	656
	5	59	628	569	0	0	599
	6	63	569	506	0	0	538
semana52	7	65	506	441	0	0	474