



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño de un modelo de inventario para soluciones intravenosas tipo 1"

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Carlos Leonardo Medina Garate

Melisa Lucía Segura Olaya

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que me acompaña siempre y me da la guía que necesito para alcanzar mis metas. A mis padres, Segundo y Lucía, quienes se esfuerzan día a día por brindarme lo mejor, sin quienes no estaría aquí. A mi hija, a quién aún no conozco, pero se ha convertido en la motivación que me mueve día a día. A mi tutora, Ing. Sofía López, quien ha sido un apoyo incondicional académica y emocionalmente. A mi compañero, Leonardo Medina, por el gran trabajo realizado. A mis hermanas/o, Katherine, Tania, Santiago y mis sobrinos José y Steven por acompañarme siempre. A todos ellos infinito agradecimiento por el apoyo brindado en la consecución de esta gran meta.

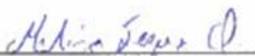
Melisa Segura Olaya

A Dios que me ha permitido cumplir una meta más en mi vida, a mis padres y hermano por su apoyo y compañía. Al Ing. Jaime Macías por su guía en la realización de este trabajo, a la Ing. Sofía López por su apoyo tanto académico como personal. Y a todos los que de una u otra manera aportaron para que esto se llevara a cabo.

Leonardo Medina Garate

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"


Melisa Segura Olaya


Carlos Medina Garate


Jaime Macías A. Msc.

RESUMEN

En este documento se muestra el diseño de una política de inventario para el Cloruro de Sodio en la presentación de 1.000ml. Este es un producto de la familia de soluciones intravenosas usado en el Hospital de niños “León Becerra” de la ciudad de Guayaquil. Se inició con el análisis de la situación actual del producto usando técnicas como Pareto, estadística e indicadores. Se encontró que el Cloruro de Sodio, al no contar con una política de inventario, tenía un problema de exceso de inventario en niveles 251% superiores a la demanda desde Enero a Octubre del 2015. Por tanto, el proyecto se enfocó en la definición de una política de inventario, acorde a las necesidades del Hospital y las características del producto, que permita de reducir el exceso de inventario y por ende los costos de manejo del mismo. Para la consecución de este objetivo, se desarrolló un modelo predictivo de la demanda basado en regresión lineal. Este modelo servirá para identificar si existen cambios significativos en la demanda, en cuyo caso, se deberá actualizar la política en función de los mismos. Además del análisis de la demanda, también se recolectaron datos de costos y tiempos de entrega. Se seleccionaron 4 modelos de inventario, dos de revisión continua y dos de revisión periódica, para realizar simulación en Excel y evaluar el comportamiento de los niveles de inventario y costos totales. Se obtuvo, que la revisión periódica era más conveniente debido a restricciones reales del Hospital que no considera el modelo matemático. Con el modelo propuesto, se logró una reducción teórica del exceso de inventario en 45% y 26% en costos totales. Como último punto, fue necesario diseñar métodos de control para la correcta ejecución y actualización de la política, se realizaron instructivos y manuales con este fin, además de otras recomendaciones para mejorar el proceso de abastecimiento.

Palabras Clave:

Cloruro de Sodio, política de inventario, demanda, modelo predictivo, revisión continua, revisión periódica.

ABSTRACT

This document describes the design of an inventory policy for Sodium Chloride in presentation of 1.000ml. This is a product of the family of intravenous solutions used in children's Hospital "León Becerra" at Guayaquil. It began with an analysis of the current situation of the product using techniques like Pareto, statistics and indicators. It was found that the Sodium Chloride, which did not have an inventory policy, had a problem of excess inventory on levels 251% higher than the demand between January and October 2015. Therefore, the project focused on the definition of an inventory policy, according to the hospital's needs and product's characteristics, which allows to reduce excess inventory and therefore the costs of handling. To achieve this goal, a predictive model of demand based on linear regression. This model will identify if there are significant changes in demand, in which case, the policy will be updated according to this changes. Besides a detailed analysis of demand, data costs and delivery times were also collected. 4 models of inventory, two of continuous review and two of periodic review were selected for manual simulation in Excel and evaluate the performance of inventory levels and total costs. From simulation, was obtained that periodic review was more convenient due to Hospital's real restrictions which are not consider by the mathematical model. With the proposed model, a theoretical reduction of 45% in excess inventory was achieved and 26% in total costs. As a last point was necessary to design control methods for the proper implementation and updating of the policy, they were performed instructions and manuals for this purpose, and other recommendations to improve the procurement process.

Keywords:

Sodium Chloride, inventory policy, demand, predictive model, continuous review, periodic review.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE GENERAL	1
ABREVIATURAS.....	3
SIMBOLOGÍA.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1	9
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	9
1.1. ANTECEDENTES.....	9
1.2. ALCANCE.....	9
1.2.1. Selección de Producto.....	10
1.2.2. Selección de Dependencia	11
1.2.3. Delimitación del proceso.....	12
1.3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.4. OBJETIVOS.....	17
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
1.5. MARCO TEÓRICO.....	17
1.5.1. Modelo General de Inventario [1].....	17
1.5.2. Clasificación A-B-C.....	18
1.5.3. Modelos de decisión para demanda aproximadamente constante	20
1.5.4. Modelos de pronósticos	22
CAPÍTULO 2	25

2. METODOLOGÍA.....	25
2.1. MEDICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	26
2.1.1. Levantamiento de procesos.....	26
2.1.2. Recolección de datos.....	29
2.1.3. Cálculo de indicadores de gestión actuales.....	39
2.2. ANÁLISIS DE LA CAUSA RAÍZ.....	41
2.3. DISEÑO DE MEJORAS.....	42
2.3.1. Modelo matemático para gestionar las compras del Cloruro de Sodio de 1.000ml.....	42
2.3.2. Modelo matemático para predecir ventas semanales del Cloruro de Sodio de 1.000ml.....	47
2.4. CONTROL Y ACTUALIZACIÓN.....	49
CAPÍTULO 3.....	50
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
3.1. MODELO DE PRONÓSTICO.....	50
3.1.1. Presentación del modelo.....	51
3.1.2. Presentación de resultados.....	57
3.2. MODELO DE INVENTARIO.....	58
3.2.1. Presentación de los modelos.....	58
3.2.2. Presentación de resultados.....	58
3.2.3. Análisis de resultados.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	68
Apéndice A.....	69
Apéndice B.....	77
Apéndice C.....	84
Apéndice D.....	85

ABREVIATURAS

SIPOC	Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer
WH	Vatios por Hora
KWH	Kilovatios por Hora
IESS	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
EOQ	Economic Order Quantity
STC	Suma Total de Cuadrados
SCR	Suma Total de Cuadrados de la Regresión
ESC	Error de la Suma del Cuadrado
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
HLB	Hospital León Becerra
<i>SL</i>	Nivel de Servicio
<i>PRO</i>	Punto de Re-Orden
<i>TC</i>	Costo Total
<i>Q</i>	Cantidad a pedir
<i>T</i>	Tiempo de Ciclo
<i>M</i>	Cantidad Máxima de Inventario

SIMBOLOGÍA

ml	Mililitros
min	Minutos
mm	Milímetros
$d \sim N(\mu, \sigma)$	Distribución Normal
u	Unidades
R^2	Coefficiente de determinación
H_0	Hipótesis nula
H_1	Hipótesis alterna

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Pareto Farmacia.....	10
Figura 1.2: Pareto Proveeduría	10
Figura 1.3: Pastel de distribución de Volúmenes por dependencia.....	11
Figura 1.4: SIPOC de Farmacia	12
Figura 1.5: SIPOC de Proveeduría.....	13
Figura 1.6: Inventario Promedio Vs Consumo Máximo Diario.....	15
Figura 1.7: Definición del problema	16
Figura 2.1: Metodología de solución.....	25
Figura 2.2: Ítems tipo A del Hospital León Becerra.....	30
Figura 2.3: Tamaño de la muestra para la distribución de la demanda.....	32
Figura 2.4: Identificación de la distribución de la demanda.....	32
Figura 2.5: Identificación de causa raíz	41
Figura 3.1: Comparación de resultados a largo plazo.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación ABC de ítems.....	30
Tabla 2: Parámetros para calcular el tamaño de muestra (prueba piloto).....	31
Tabla 3: Clasificación por tipo de movimiento.....	33
Tabla 4: Cálculo de sueldo base más beneficios de ley	35
Tabla 5: Tiempos del proceso de adquisición	35
Tabla 6: Estimación del costo de adquisición	36
Tabla 7: Energía eléctrica de área de almacenamiento	36
Tabla 8: Datos para calcular el costo de mantener inventario.....	37
Tabla 9: Cálculo del costo de mantener inventario	37
Tabla 10: Medición de la eficiencia actual del proceso	41
Tabla 11: Comparación de políticas propuestas	42
Tabla 12: Factores relevantes del modelo de pronóstico.....	51
Tabla 13: Precipitación diciembre 2012 a noviembre 2013.....	52
Tabla 14: Consumos de Cloruro de Sodio en transición de periodo lluvioso a seco-2014	52
Tabla 15: Consumos de Cloruro de Sodio en transición de periodo seco a lluvioso-2014	53
Tabla 16: Clasificación de temporada por semanas	53
Tabla 17: Estadísticas de la regresión.....	55
Tabla 18: Pronóstico de consumo octubre -noviembre 2015	57
Tabla 19: Medidas del error del pronóstico de consumo octubre -noviembre 2015	57
Tabla 20: Definición de las políticas de inventario a evaluar.....	58
Tabla 21: Resultados última semana de simulación de política (T,M).....	59
Tabla 22: Resultados última semana de simulación de política (PRO,Q)	59
Tabla 23: Resultados última semana de simulación de política (PRO,M)	59
Tabla 24: Estadísticas de faltantes por cada política	60
Tabla 25: Resultados de la simulación	60
Tabla 26: Comparación de resultados a largo plazo con política de revisión periódica T,M.....	63

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue desarrollado en el Hospital de niños León Becerra ubicado en la ciudad de Guayaquil, el hospital actualmente cuenta con dos dependencias para el almacenamiento de productos. Una bodega general (proveeduría) la cual maneja medicamentos e insumos médicos que se despachan a todas el área del Hospital y la farmacia del hospital la cual provee medicamentos a todas las áreas de hospitalización y realiza venta directa a compradores particulares.

Un objetivo de la gerencia del hospital es unificar el manejo de los medicamentos en la bodega general y que esta a su vez provea a farmacia; como complemento a esta medida se decidió impulsar varios proyectos alineados a mejorar la gestión del inventario de todos los medicamentos manejados por el Hospital, comenzando por los más importantes según consideración de la Gerencia. Uno de los proyectos definidos fue el diseño de un modelo de inventario para soluciones intravenosas tipo I, debido a la importancia de esta familia de medicamentos.

El presente proyecto muestra el desarrollo de soluciones para mejorar el proceso de abastecimiento del Cloruro de Sodio de 1.000ml, uno de los productos más significativos dentro de la familia de soluciones intravenosas tipo 1.

En el Capítulo I se detalla el análisis realizado para la definición del problema. Primero fue necesario establecer el alcance del proyecto, debido a las restricciones de tiempo y recursos. Se definió que el proyecto se enfocaría en el medicamento Cloruro de Sodio de 1000 ml manejado en farmacia y proveeduría considerando el proceso desde el pedido hasta la administración al paciente. Una vez establecido el alcance, se identificó la variable de respuesta a medir y mejorar, siendo esta, el porcentaje de exceso de inventario promedio de producto escogido. Se plantearon además, objetivos generales y específicos referentes al mínimo porcentaje de mejora esperado en la variable de respuesta y otros indicadores asociados, como el costo y nivel de inventario. En este capítulo se detalla también el marco teórico usado para la realización del proyecto.

En el Capítulo II se muestra la metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos planteados, la metodología comprende:

1. **Medición de la situación actual:** aquí se conocerá información relacionada a diversos factores del producto, como son: comportamiento de la demanda, limitaciones o restricciones, manejo actual del inventario, costos asociados al manejo actual y procesos actuales. Factores que son el punto de partida para realizar las propuestas de mejora y se convierten en un marco referencial para medir la eficiencia de las mismas.
2. **Análisis de causa raíz:** este análisis permite conocer las causas que generan el problema identificado y plantear las soluciones que permitan cumplir los objetivos planteados, mediante acciones que tengan un gran impacto y que sean de fácil implementación.
3. **Diseño de Mejoras:** se realizó la búsqueda de alternativas que permitan solucionar las causas que generan el problema identificado. Incluye la justificación y presentación de los modelos propuestos además de los métodos de prueba y ajuste de las soluciones a implementar.
4. **Control y actualización:** incluye la definición de métodos a usar para garantizar la permanencia de las soluciones en el tiempo.

En el Capítulo III se muestra el análisis y evaluación de los modelos seleccionados en el diseño de mejoras, para posteriormente seleccionar la solución a implementar.

Se presentan los resultados obtenidos con la solución escogida a dos horizontes de tiempo, corto y largo plazo, se realiza la comparación entre la situación inicial y los resultados que se obtuvieron con la solución a implementar. Finalmente se muestra la evaluación de las medidas de control adoptadas para la implementación de la solución.

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

1.1. ANTECEDENTES

Por parte de la gerencia del Hospital de niños León Becerra se muestra la necesidad de un modelo de inventario para la familia de Soluciones intravenosas tipo I. Dentro de esta familia se incluyen los siguientes productos:

- Cloruro de Sodio al 0,9 %
- Dextrosa en agua al 5% o 10%
- Lactato de Ringer

Todos en diferentes presentaciones de: 1000ml, 500ml, 250ml y 100ml.

Actualmente el hospital cuenta con dos dependencias las cuales se encargan de proveer estas soluciones a los pacientes de todo el hospital. El área de proveeduría es la que encargada de despachar medicamentos e insumos médicos al área de cirugía del hospital, mientras que farmacia es la encargada de proveer medicamentos e insumos médicos a las áreas restantes del hospital además de realizar venta al público.

1.2. ALCANCE

El hospital maneja varios productos dentro de la familia de soluciones intravenosas. Se realizó un análisis ABC de todos los productos manejados dentro de esta familia tanto en la bodega general de proveeduría como en farmacia. Para el análisis se consideraron datos de consumos desde el año 2010 al actual. Se obtuvieron los siguientes resultados por dependencia.

1.2.1. Selección de Producto

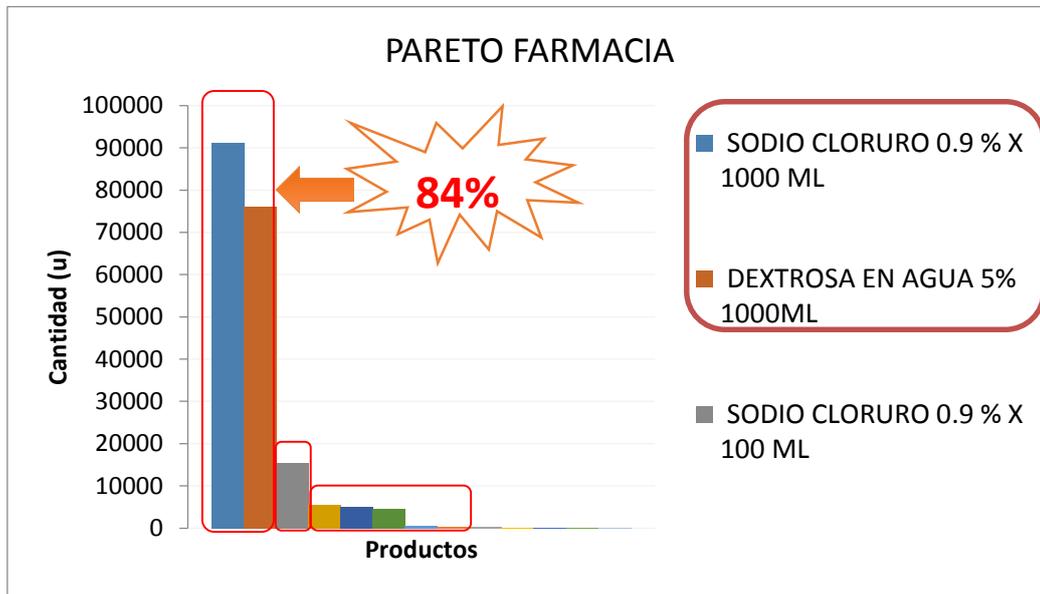


Figura 1.1: Pareto Farmacia

La Figura 1.1 muestra la clasificación de los productos de farmacia en un gráfico de Pareto de acuerdo a su consumo, siendo el Cloruro de Sodio y la dextrosa los productos con mayor demanda dentro de la familia de soluciones intravenosas tipo I en el área de farmacia.

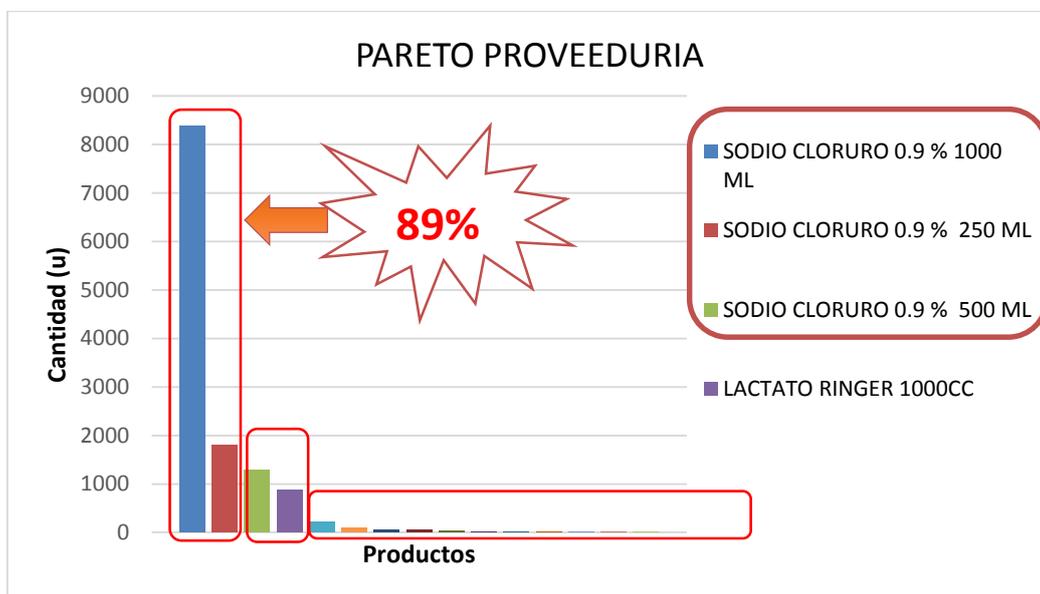


Figura 1.2: Pareto Proveeduría

La Figura 1.2 muestra la clasificación de los productos de proveeduría en un gráfico de Pareto de acuerdo a su consumo, siendo el Cloruro de Sodio en sus tres presentaciones de 1000, 500 y 250 ml los productos con mayor demanda dentro de la familia de soluciones intravenosas tipo I en el área de proveeduría.

Para el desarrollo del modelo se escogió el producto que posee la mayor demanda tanto en farmacia como proveeduría siendo este el Cloruro de Sodio de 1.000ml.

1.2.2. Selección de Dependencia

Se obtuvo la proporción de volúmenes de los productos manejada por cada dependencia. Obteniéndose una proporción de 95% del volumen manejado en farmacia versus el 5% en proveeduría.

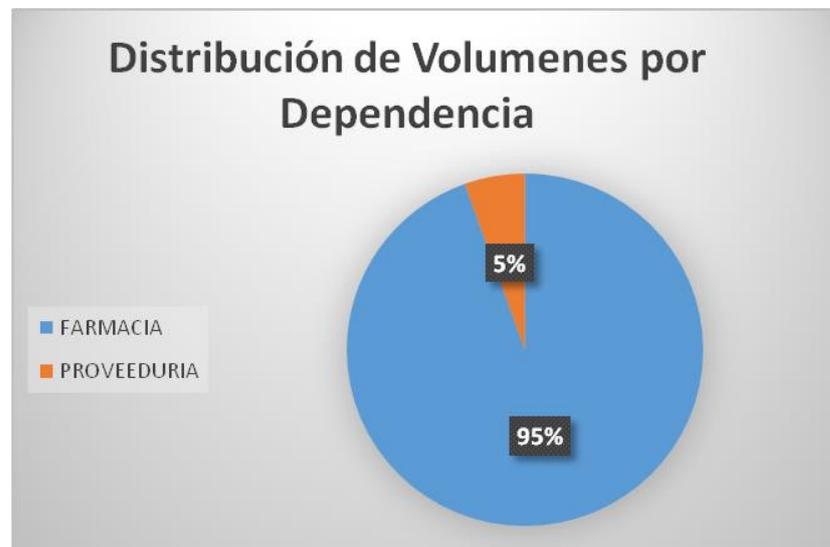


Figura 1.3: Pastel de distribución de Volúmenes por dependencia

La Figura 1.3 muestra la distribución en porcentajes de los volúmenes de productos pertenecientes a la familia de soluciones intravenosas tipo I por dependencia, siendo farmacia la dependencia que maneja la mayor cantidad de los productos.

Se conversó con la gerencia del hospital al respecto de la distribución de volúmenes por dependencia para seleccionar la dependencia a considerar para el desarrollo del modelo, la misma hizo notar su interés en considerar ambas dependencias para el desarrollo del proyecto.

De acuerdo a esto, se unificaron los consumos del Cloruro de Sodio de 1.000ml de ambas dependencias para obtener la demanda total del producto. A pesar de que los pedidos se realizan de forma separada actualmente, en el futuro la gerencia espera contar con una sola dependencia central que surta a todo el hospital.

1.2.3. Delimitación del proceso

En la delimitación del proceso se realiza un mapeo general de las actividades (macro) realizadas en el proceso de abastecimiento con el fin de decidir las actividades a considerarlo en función de la complejidad de cada una.

La herramienta usada en esta sección fue el diagrama de procesos SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customer), se realizaron dos diagramas, uno para cada dependencia.

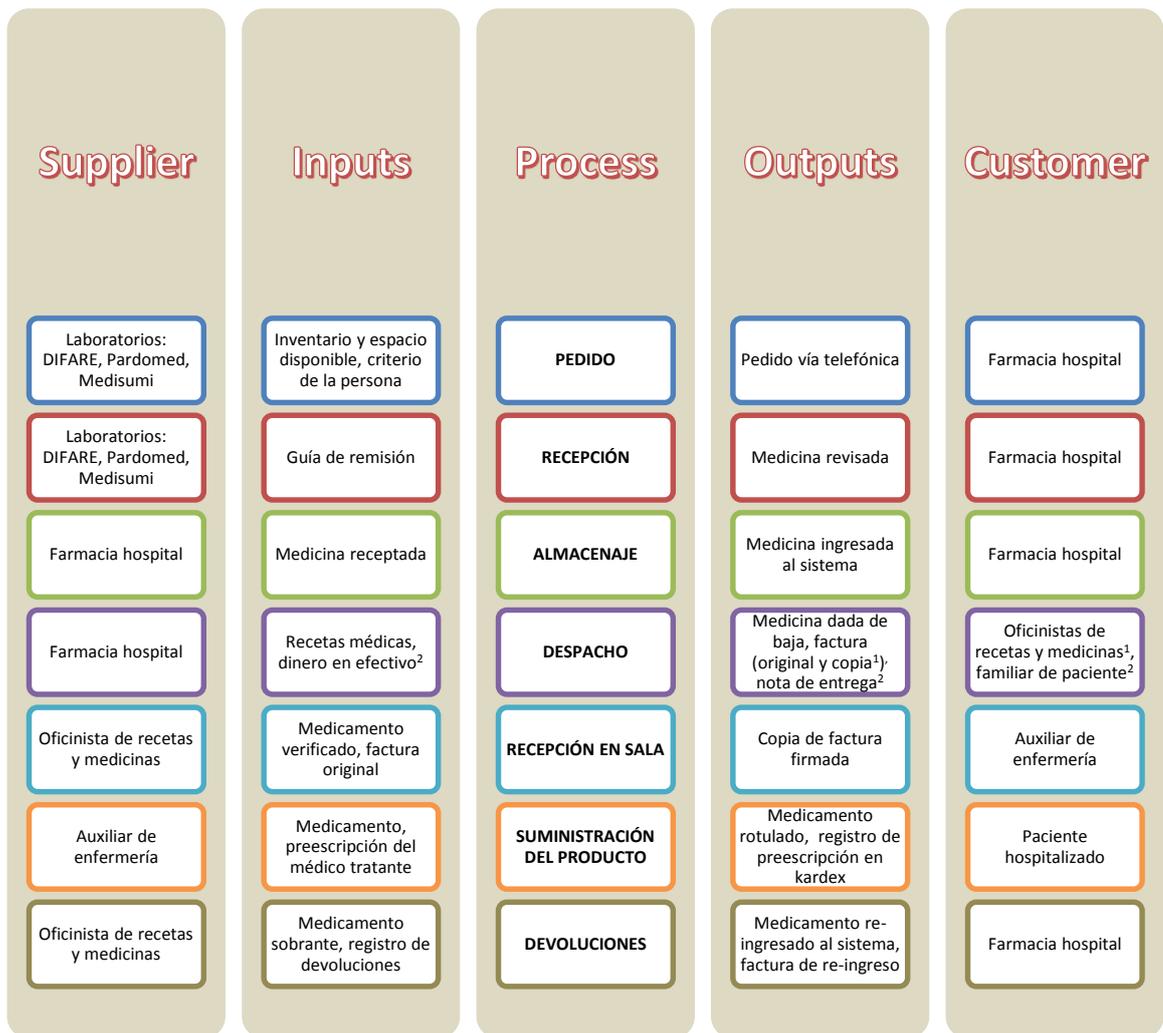


Figura 1.4: SIPOC de Farmacia

En la Figura 1.3 se observa las 7 actividades principales del proceso de abastecimiento de Cloruro de Sodio de 1.000ml. Se incluye en el proceso 2 tipos de clientes:^a

1. Tipo 1: Pacientes hospitalizados con convenio

¹ Actividad exclusiva del paciente tipo 1

² Actividad exclusiva del paciente tipo 2

2. Tipo 2: Pacientes hospitalizados sin convenio

En los casos en que no se especifica el tipo de pacientes, la actividad es aplicable para ambos. Existe un tercer tipo de cliente que maneja la farmacia del hospital, estos son, los compradores particulares. Pero para el caso específico del Cloruro de Sodio de 1.000ml no se manejan estos clientes.

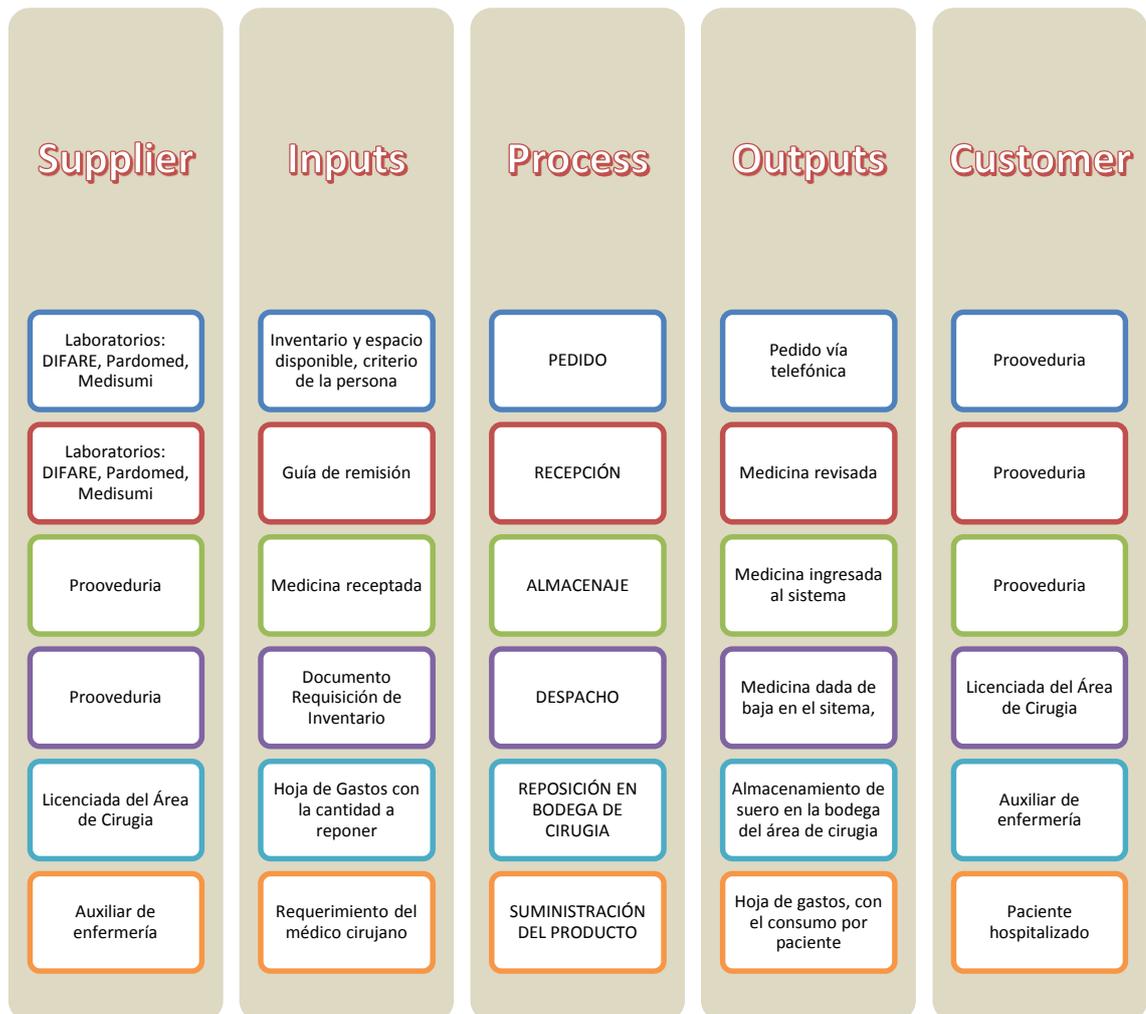


Figura 1.5: SIPOC de Proveeduría

El SIPOC del área de proveeduría es exactamente igual al de farmacia hasta el proceso de almacenaje. Luego varía debido a que esta dependencia solo provee al área de cirugía del hospital, y maneja los despachos por reposición de producto, debido a esto no se realizan devoluciones.

Luego de realizar los diagramas SIPOC para ambas dependencias, se decidió que para que las medidas a implementar sean efectivas se debía incluir el control del proceso desde el pedido hasta la suministración al paciente, sin incluir el proceso de

devoluciones. Esto debido a que es una actividad que de hecho debe ser eliminada ya que no agrega valor al proceso y genera ruido en la demanda.

En base a todo el análisis realizado anteriormente se pudo definir el alcance del proyecto de la siguiente forma:

- **Producto:** Cloruro de Sodio de 1.000ml.
- **Dependencias:** Farmacia y proveeduría.
- **Proceso:** Desde el pedido hasta el suministro al paciente.
- **Clientes:** Pacientes hospitalizados con y sin convenio.

1.3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La identificación del problema estuvo ligada a los problemas de exceso de inventario o faltantes que la Gerencia del hospital considera tener con algunos productos. Ellos están conscientes de que no cuentan con políticas de manejo de inventario que permitan tener un control sobre los pedidos de los productos, y que por ende, estos se manejan empíricamente. Su requerimiento fue, contar con un método de control para realizar pedidos de forma que se garantice la disponibilidad del producto al menor costo posible.

Para identificar si con el Cloruro de Sodio de 1.000ml existía un problema de exceso o falta de inventario se recolectó información histórica correspondiente al año 2015, con el fin de usar información que refleje la realidad actual del hospital. Se obtuvieron los kardex del Cloruro de Sodio de 1.000ml de las dependencias de proveeduría y farmacia para unificar las transacciones y obtener el consumo y los pedidos totales del producto.

Una vez obtenidos los datos se compararon datos de consumo versus inventario en períodos de una semana. Es decir, se obtuvo el inventario al final del día y se promediaron los siete valores obtenidos en cada semana. Luego, este valor se comparó con el consumo máximo ocurrido en esa semana. Se realizó esto para todas 44 semanas desde enero a octubre del 2015 y se obtuvo como resultado la Figura 1.6.

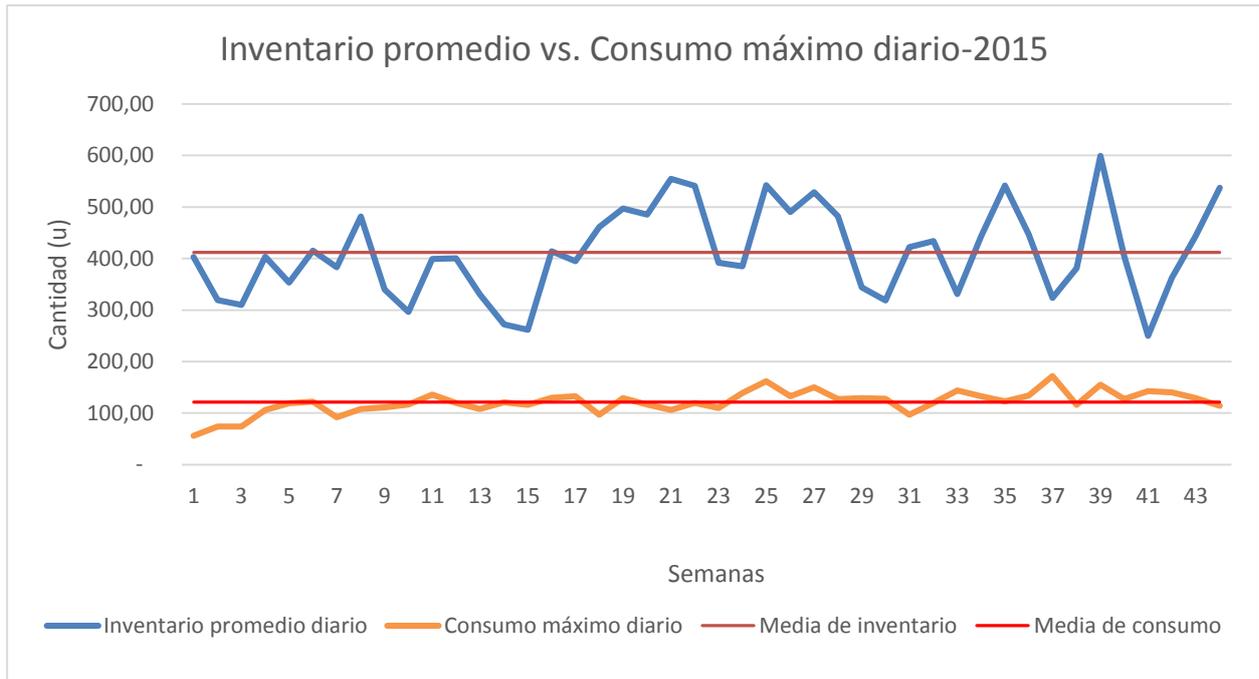


Figura 1.6: Inventario Promedio Vs Consumo Máximo Diario

Se obtuvo que el valor promedio del inventario final durante el periodo de una semana es elevado comparado al valor máximo de consumo diario registrado en la misma semana, este comportamiento se presenta durante todo el periodo de análisis que comprende los meses de Enero a Octubre del 2015.

De la gráfica se observa claramente el problema de exceso de inventario del Cloruro de Sodio de 1.000ml, pero es necesario cuantificar este exceso para eso se definieron dos variables:

- Porcentaje de exceso de inventario- $\%EI$
- Unidades de exceso de inventario- EI

Donde el porcentaje de exceso de inventario es medido de acuerdo a la ecuación 1.1.

$$\%EI = \sum_{i=1}^n \frac{IP_i - CM_i}{CM_i} \cdot \frac{1}{n} \quad (1.1)$$

Mientras que el exceso de inventario en unidades es medido con la ecuación 1.2.

$$EI = \sum_{i=1}^n \frac{IP_i - CM_i}{n} \quad (1.2)$$

Donde;

IP_i : Inventario promedio diario del periodo i

CM_i : Consumo máximo diario del periodo i

n : Número de períodos

De acuerdo a la información obtenida se calcularon ambos indicadores y se obtuvo:

$$\%EI = 251\%$$

$$EI = 290 \text{ unidades}$$

Como indicador adicional se calculó el inventario promedio actual el cual resultó ser **411,78 unidades**. Se considera cada suero como unidad, ya que se despachan de forma unitaria. Además, a pesar de que se reciben en cajas de 16 o 20 sueros se ingresan al sistema informático como unidades, no como cajas. Este indicador ayuda también a la identificación del problema y es bastante útil, siempre y cuando la demanda no cambie de forma significativa, ya que en ese caso un inventario alto se justificaría por una alta demanda. Esto no ocurre con los otros dos indicadores, ya que miden directamente el desfase entre demanda e inventario.

En base al análisis realizado se definió el problema de la siguiente manera:

“Existe un exceso de inventario promedio del medicamento Cloruro de Sodio de 1.000ml de 251% con respecto al consumo máximo diario en las áreas de proveeduría y farmacia del Hospital León Becerra entre Enero y Octubre del 2015.”

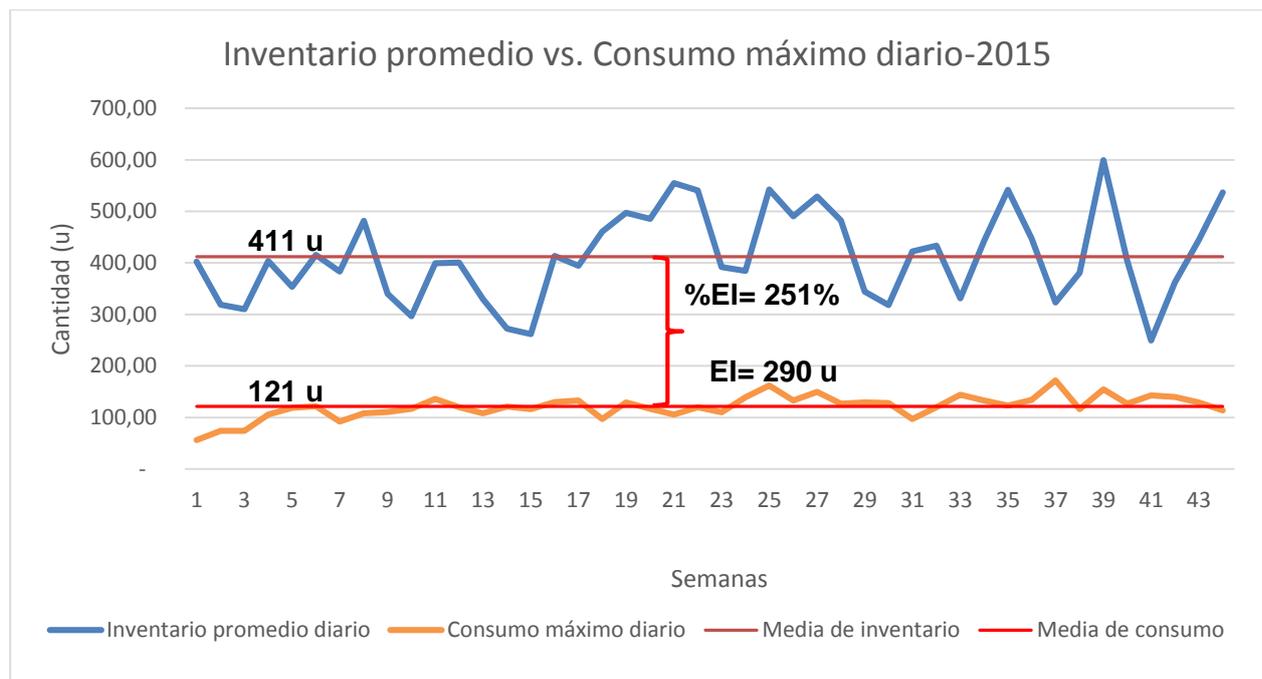


Figura 1.7: Definición del problema

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. *Objetivo general*

Reducir al menos en un 20% el exceso de inventario del medicamento Cloruro de Sodio de 1000 ml del Hospital León Becerra mediante el mejoramiento del proceso de reposición del medicamento.

1.4.2. *Objetivos específicos*

Para el medicamento Cloruro de Sodio de 1.000ml:

- Reducir al menos en un 20% el costo total asociado a la política de reposición como consecuencia de la reducción del exceso de inventario.
- Reducir al menos en un 10% el inventario promedio mediante el establecimiento de una política de inventario que se ajuste a las condiciones actuales de la demanda.
- Garantizar la disponibilidad del medicamento manteniendo o aumentando el nivel de servicio asociado a la política de reposición de inventario.

1.5. MARCO TEÓRICO

1.5.1. *Modelo General de Inventario [1]*

La naturaleza del problema de inventarios consiste en colocar y recibir en forma repetida pedidos de determinados tamaños a intervalos de tiempo establecidos.

Una política de inventario contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Cuánto pedir?
2. ¿Cuándo pedir?

La respuesta de estas preguntas se basa en minimizar el siguiente modelo de costo:

Costo total del Inventario= Costo de preparación + Costo de almacenamiento + Costo de faltante.

1. El costo de preparación representa el costo fijo incurrido cuando se coloca un pedido. Es independiente de la cantidad pedida.

2. El costo de almacenamiento representa el costo de mantener una existencia de inventario. Comprende el interés sobre el capital y el costo de almacenamiento, mantenimiento y manejo.
3. El costo de faltantes es la penalización en que se incurre cuando se terminan las existencias. Incluye la pérdida potencial de ingresos y el costo, más subjetivo, de pérdida de la buena voluntad del cliente.

1.5.2. Clasificación A-B-C

1.5.2.1. Clasificación de materiales con base en el valor económico de los inventarios.

[2]

Este método tiene como objetivo determinar cuáles de los productos que se mantienen en el inventario, tienen un alto valor económico para la compañía razón por la cual deben de controlarse estrictamente.

Con este criterio se agrupan los inventarios en tres clases o categorías, denominadas A, B y C.

Los materiales clasificados como A, son aquellos cuyo valor económico total representa de un 75 a un 80% del capital invertido. Estos materiales deben controlarse rigurosamente, por su alto valor económico.

Los materiales clasificados como B representan en valor económico alrededor de un 15% del capital total invertido en existencias. Estos materiales no requieren un control tan estricto como los inventarios de clase A.

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

Procedimiento para hacer esta clasificación A-B-C es el siguiente:

Paso N° 1

Determinar el valor de cada material, multiplicando el consumo total de unidades por periodo por su respectivo costo unitario.

Paso N° 2

Determinar el porcentaje que representa el valor de cada producto, con respecto al valor total invertido en los inventarios. Este porcentaje se calcula de la siguiente forma:

$$\% Valor = \frac{\text{Valor}}{\text{Inversión Total}} \quad (1.3)$$

Paso N° 3

Ordenar la Tabla de datos con respecto al valor del inventario, expresado en porcentaje. La columna de porcentaje debe estar ordenada en forma descendente. Una vez ordenada, acumule estos porcentajes.

Para hacer la clasificación A-B-C siga las siguientes reglas:

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

1.5.2.2. Ítems de Rápido y Lento movimiento

Un criterio utilizado para clasificar a un ítem como de rápido o lento movimiento es con el valor de la demanda promedio durante el lead time (tiempo de reposición), representado por \bar{x}_L . Los ítems con $\bar{x}_L \geq 10$ se los clasifica como de rápido movimiento y los ítems con $\bar{x}_L < 10$ se los clasifica como de lento movimiento.

1.5.2.3. Distribución de Probabilidad Recomendadas de acuerdo al ABC y movimiento

Para los ítems A, B o C clasificados de rápido movimiento se recomienda utilizar una distribución de probabilidad Normal para modelar la variabilidad durante el lead time (tiempo de reposición).

Para ítems A clasificados de lento movimiento se recomienda utilizar una distribución de probabilidad Poisson o Laplace para modelar la variabilidad durante el lead time (tiempo de reposición).

Para ítems B y C clasificados de lento movimiento se recomienda utilizar una distribución de probabilidad Laplace para modelar la variabilidad durante el lead time (tiempo de reposición). [3]

1.5.3. Modelos de decisión para demanda aproximadamente constante

1.5.3.1. Determinísticos

1.5.3.1.1. Modelo clásico de cantidad económica de pedido

El más sencillo de los modelos de inventario implica una tasa constante de demanda con el surtido instantáneo del pedido y sin faltante. Se definen:

Q = Cantidad a pedir

D = Tasa de demanda

T = Duración del ciclo.

El modelo de costo requiere dos parámetros:

S = Costo de preparación correspondiente a la colocación de un pedido (\$/pedido).

C = Costo de almacenamiento, y

I = Costo del producto

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{IC}} \quad (1.4)$$

Así, la política óptima de inventario para el modelo propuesto se resume:

Pedir Q unidades cada $T = Q/D$ unidades de tiempo

1.5.3.2. Estocásticos

1.5.3.2.1. Modelo probabilístico de Cantidad económica de pedido

En este modelo se incluye la naturaleza probabilística de la demanda en forma directa, para formular el modelo. El modelo permite faltante durante la demanda. La política establece la cantidad a pedir y siempre que el inventario baja al nivel PRO (nivel de re orden) es una función del tiempo de entrega entre la colocación y la recepción de un

pedido. Los valores óptimos de Q y PRO se determinan minimizando el costo esperado por unidad de tiempo, que incluya la suma de los costos de preparación, almacenamiento y de faltante. [4]

1.5.3.2.1.1. *Inventario de Seguridad*

Es aquel que se mantiene para satisfacer la demanda que excede la cantidad pronosticada para un periodo dado. El inventario de seguridad se mantiene debido a que la demanda es incierta y el producto puede escasear si la demanda real excede a la pronosticada.

Incrementar el nivel del inventario de seguridad aumenta la disponibilidad del producto, ampliar el inventario de seguridad acrecienta los costos de mantener inventario.

El nivel apropiado del inventario de seguridad se determina por dos factores:

1. Incertidumbre tanto de la demanda como de la oferta.
2. El nivel deseado de disponibilidad del producto. [5]

1.5.3.2.1.2. *Política Revisión Continua*

1.5.3.2.1.2.1. *Punto de Re orden y Cantidad Máxima (PRO, Q)*

Una cantidad fija Q se ordena cuando la posición de inventario cae al punto de pedido PRO o inferior. Tenga en cuenta que la posición de inventario, y no el stock neto, se utiliza para desencadenar una orden. Este sistema a menudo se llama un sistema de dos contenedores porque una forma física de la aplicación es tener dos contenedores para el almacenamiento de un elemento. Siempre y cuando la unidad permanezca en el primer compartimiento, la demanda se satisface de la misma.

La cantidad en la segunda bandeja corresponde al punto de orden. Por lo tanto, cuando se abre este segundo compartimiento, se desencadena una reposición. Cuando llega la reposición, el segundo compartimiento se rellena y luego el resto se pone en el primer compartimiento.

1.5.3.2.1.2.2. Punto de Re orden y Cantidad Máxima (PRO, M)

La reposición se hace cuando la posición de inventario cae al punto de pedido PRO o inferior. Sin embargo, en contraste con la política (PRO, Q), usa cantidades de reposición variables, siendo suficiente la orden de elevar la posición del inventario a la cantidad máxima. El sistema (PRO, M) se refiere con frecuencia como un sistema Min - Max porque la posición del inventario, a excepción de una posible caída momentánea debajo del punto de re orden, es siempre entre un valor mínimo de PRO y un valor máximo M.

1.5.3.2.1.3. Política Revisión Periódica

1.5.3.2.1.3.1. Revisión Periódica con Cantidad Máxima (T, M)

Este sistema, también conocido como un sistema de ciclo de reposición, es de uso común, particularmente en las empresas que no utilizan control por ordenador. El procedimiento de control es que cada unidad T de se ordena suficiente para elevar la posición de inventario al nivel máximo M.

1.5.3.2.1.3.2. Revisión Periódica con Punto de Re orden y Cantidad Máxima (T, PRO, M)

La idea es que cada T unidades de tiempo, hay que comprobar la posición del inventario. Si es igual o inferior al punto de re orden (PRO), ordenamos suficiente para elevarla a la cantidad máxima. Si la posición está por encima del punto de re orden, no se hace nada por lo menos hasta el instante de la siguiente revisión. El sistema (PRO, M) es el caso especial en el que $T = 0$. [3]

1.5.4. Modelos de pronósticos

1.5.4.1. Modelos de series de tiempo

Los métodos de pronóstico de series de tiempo utilizan la demanda histórica para hacer pronósticos. Se basan en la suposición de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura. Estos métodos son más apropiados cuando el patrón de la demanda básica no varía significativamente de un año al siguiente. Son los

métodos más simples de implementar y pueden servir como un buen punto de inicio para el pronóstico de la demanda. [3]

Analizar una serie significa desglosar los datos históricos en componentes y después proyectarlos al futuro. Una serie de tiempos tiene cuatro componentes: Tendencia, estacionalidad, ciclos y variaciones aleatorias. [4]

1. La tendencia: Es el movimiento gradual, ascendente o descendente, de los datos en el tiempo.
2. La estacionalidad: Es un patrón de datos que se repite después de un periodo de días, semanas, meses o trimestres.
3. Los ciclos: Son patrones en los datos que se repiten después de varios años. Son de suma importancia para el análisis y la planeación del negocio a corto plazo.
4. Las variaciones aleatorias: Son señales en los datos generadas por casualidad o por situaciones inusuales. No siguen ningún patrón y, por lo tanto, no se pueden predecir.

1.5.4.2. Modelo de Regresión

A diferencia del pronóstico de series de tiempos, los modelos de pronósticos asociativos casi siempre consideran variables que están relacionadas con la cifra por predecir. Este enfoque es más poderoso que los métodos de series de tiempos que incluyen solo variables históricas para la variable que se pronostica. El modelo de pronósticos cuantitativo más común es el análisis de regresión lineal. [5]

La forma general del modelo de regresión múltiple es la siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + E \quad (1.5)$$

Donde Y es la variable dependiente, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_k$ son los parámetros que supondremos constantes para el conjunto de la muestra de datos analizadas. Estos parámetros nos permitirán medir la intensidad que tienen los efectos de las variables explicativas sobre la variable dependiente. Siendo E el término de perturbación que incorpora el efecto conjunto de otras variables o comportamientos no explicitados en el modelo, para los cuales su efecto individual no resulta relevante.

Nuestro objetivo es asignar valores numéricos a los parámetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_k$. Es decir, se pretende estimar el modelo de manera que, al combinar los valores de las estimaciones de los parámetros y los valores observados de las variables explicativas,

obtenemos unos valores de la variable dependiente tan cercanos a los valores reales observados de Y como sea posible.

Es conveniente hacer un pronóstico con regresión múltiple cuando varios factores influyen en la variable de interés. Su dificultad radica en los cálculos matemáticos.

1.5.4.2.1. Medidas de Variación

Para encontrar los coeficientes de regresión para un conjunto de datos, existen tres medidas de variación que se necesita calcular.

1. Suma total de cuadrados (STC), es una medida de variación de los valores de Y_i alrededor de la media.
2. La variación total o suma total de cuadrados de la regresión (SCR), la cual se debe a la relación entre X y Y .
3. La variación no explicada o error de la suma de cuadrado (ESC), la cual se debe a factores diferentes a la relación entre X y Y .

1.5.4.2.2. El coeficiente de determinación

La razón de la suma de cuadrados de la regresión para la suma total de cuadrados mide la proporción de la variación en Y que se explica por la variable independiente X en el modelo de regresión. A esta razón se le llama coeficiente de determinación R^2 . [9]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se incluye la metodología usada para la resolución del problema. Mostrando todos los análisis previos a la selección de las mejoras a implementar.

La metodología usada, en términos generales, se muestra en la Figura 2.1.



Figura 2.1: Metodología de solución

A continuación, se detalla cada paso de la metodología a seguir.

- 2.1. Medición de la situación actual:** en esta sección se realiza la recopilación de datos, análisis y medición de la gestión actual del medicamento Cloruro de Sodio de 1.000ml. La sección incluye levantamiento del proceso, análisis de la demanda, estimación de costos, tiempos de reabastecimientos y cálculo de indicadores actuales. Con el fin de calcular indicadores que midan la eficiencia del método actual de abastecimiento del Cloruro de Sodio de 1.000ml.
- 2.2. Análisis de causa raíz:** en esta sección se incluye el análisis de todas causas posibles que causan el problema definido en el capítulo 1. Se proponen soluciones y se escoge la más factible en función de dificultad de implementación e impacto.
- 2.3. Diseño de mejoras:** aquí se muestra el diseño de las soluciones a implementar para eliminar la causa raíz del problema. Incluye la justificación y presentación de los

modelos propuestos además de los métodos de prueba y ajuste de las soluciones a implementar.

- 2.4. Control y actualización:** incluye la definición de métodos a usar para garantizar la permanencia de las soluciones en el tiempo.

2.1. MEDICIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La medición de la situación actual consiste en un estudio de las condiciones iniciales con el fin de entender las características del producto y establecer un marco de referencia que permita luego medir la eficiencia de las mejoras propuestas.

2.1.1. Levantamiento de procesos

Se realizó un levantamiento de información más detallada de todo el proceso de abastecimiento del Cloruro de Sodio de 1.000ml, desde la colocación de un pedido hasta la suministración al paciente, tal como se definió en el alcance del proyecto.

Dentro del levantamiento se incluyen los procesos de: Pedido, Recepción, Despacho, Recepción en Sala y en Cirugía y Suministración del Cloruro de Sodio de 1.000 ml.

No se incluye el almacenamiento, debido a la simplicidad del proceso. Los procesos de pedido y recepción son idénticos para ambas dependencias, por lo que se comienza a separar los procesos por dependencia a partir del despacho.

A continuación se describe de manera breve cada uno de estos procesos, el diagrama de proceso de los mismos se encuentran en el Apéndice A.

2.1.1.1. Proceso de pedido

El principal proveedor de sueros de Cloruro de Sodio de 1.000 ml es laboratorio DIFARE, existen dos proveedores más que son Pardomed y Medisumi pero solo se requiere de estos si DIFARE no puede proveer el producto debido a falta de pago o producto. La persona encargada de realizar el pedido es la Jefa de farmacia y Jefe de proveeduría, cada uno en su dependencia, y lo realizan mediante llamada telefónica, el tiempo que toma la llegada del pedido es de un día.

2.1.1.2. Proceso de recepción

La recepción del pedido es realizada por la Jefa de farmacia o proveeduría, según sea el caso. Se entrega el pedido junto con la guía de remisión, la cual permite verificar la cantidad de producto que se recibe. Las personas que realizan la entrega del producto colocan las cajas en la bodega de farmacia ayudados de un auxiliar de farmacia, una vez receptado el pedido se procede a llevar la guía de remisión al departamento de contabilidad para que se genere la correspondiente factura, esta debe ser generada debido al nuevo sistema de facturas electrónicas. El documento físico es necesario para poder ingresar el producto receptado al sistema informático del hospital.

2.1.1.3. Proceso de despacho

2.1.1.3.1. Farmacia

2.1.1.3.1.1. Pacientes hospitalizados sin convenio

El proceso inicia con la solicitud de la receta por parte del personal de farmacia al cliente, se revisa el inventario del Cloruro en el sistema, para proceder al despacho de los mismos, los cuales se encuentran en cajas, se genera la factura, se cobra y se entrega el producto al cliente junto con la factura.

2.1.1.3.1.2. Pacientes hospitalizados con convenio

Cuando se trata de pacientes hospitalizados con convenios las personas encargadas de solicitar los Cloruros en farmacia son los oficinistas de recetas y medicinas, quienes se acercan a farmacia y entregan las recetas que se receptaron en cada una de las salas, el personal que labora en farmacia ingresa las recetas al sistema junto con el nombre del paciente y procede al despacho, se generan 2 facturas una blanca y otra celeste las cuales son entregadas junto con el pedido, en farmacia se guarda la receta y una copia de la factura.

2.1.1.3.1.2.1. Proceso de recolección de pedidos y entrega a las diferentes salas del hospital.

Los oficinistas de recetas y medicinas son los encargados de receptar las recetas en las diferentes salas del hospital las cuales son entregadas por las enfermeras, luego las separan en: pacientes IESS y seguros privados, se verifica la fecha, sello y firma del médico. Posteriormente se dirigen a admisión para colocarles un sello y hacer firmar las

recetas para solicitar los sueros en farmacia y poder distribuirlos a las diferentes salas del hospital. Dos personas son las encargadas de hacerlo, trabajan en turnos rotativos en los horarios de 8:00 am hasta 04:00 pm y de 11:00 am hasta 7:00 pm.

2.1.1.3.2. Proveeduría

El proceso inicia con la entrega del documento de requisición de inventario por parte de la licenciada del área de cirugía al personal de proveeduría, el mismo que receta y procede al despacho de los sueros. Posteriormente la licenciada revisa que el pedido se haya despachado correctamente. El documento de requisición de inventario se queda en proveeduría para posteriormente dar de baja los medicamentos despachados, este documento es entregado a la licenciada por personal de contabilidad.

2.1.1.4. Proceso de recepción en las diferentes salas del hospital.

2.1.1.4.1. Farmacia

En sala se le entrega el pedido a la enfermera encargada y esta verifica que el pedido este completo para luego firmar ambas facturas y se queda con la factura blanca (original), la factura celeste (copia) se queda con el personal encargado de realizar las entregas en sala.

2.1.1.4.2. Proveeduría

La licenciada encargada del área de cirugía es la encargada de llevar al área los medicamentos solicitados en proveeduría para su reposición, por medio de la hoja de gastos la licencia controla la cantidad de sueros que fueron dados a cada paciente y calcula la cantidad a ser repuesta. Una vez en cirugía con el pedido de proveeduría la licenciada procede a reponer en la bodega general de cirugía la cantidad de sueros que fueron utilizados.

2.1.1.5. Proceso de suministración al paciente en las salas del hospital

2.1.1.5.1. Farmacia

El médico realiza la receta a cada paciente, luego esta se entrega al oficinista de recetas y medicina para que este surta el medicamento a la sala. Según lo prescrito por

el médico se prepara el Cloruro de Sodio de 1.000ml y se lo coloca al paciente, cada medicamento se rotula con los datos del paciente y la medicina colocada en el Cloruro de Sodio. Posteriormente se registra en el kardex, la medicación y horarios de acuerdo a la prescripción médica junto con la fecha y firma de la enfermera, una vez terminado el suero se procede a desechar el mismo en tachos de desechos contaminantes.

2.1.1.5.2. Proveeduría

Las auxiliares de enfermería retiran los medicamentos de la vitrinas ubicadas cada en la sala, de acuerdo al requerimiento del médico cirujano y realizan el requerimiento a la persona encargada de los insumos en caso de necesitar más sueros. En la vitrina de cada sala se maneja un inventario de 4 unidades. La licenciada surte el medicamento inmediatamente sacando Cloruros de una bodega principal del área, y este consumo es registrado en la hoja de gasto de cada paciente por la enfermera para que luego la licenciada pueda realizar la reposición.

2.1.2. Recolección de datos

En esta sección se realiza la recolección y análisis de los datos asociados al producto, tales como: demanda, costos y tiempos de entrega.

2.1.2.1. Demanda

La demanda es una de las variables más importantes asociadas al producto, en función del comportamiento de la misma van a estar orientadas los tipos de soluciones propuestas al problema planteado.

2.1.2.1.1. Clasificación ABC del producto

Para determinar si el Cloruro de Sodio de 1.000ml es del tipo A, B o C, con respecto a todos los medicamentos manejados por el hospital, se realizó un análisis de Pareto por valor Monetario, esto es, se multiplicó el consumo de cada producto durante un período de tiempo por su costo unitario y se los ordenó de mayor a menor. Para esto se recolectaron los datos del consumo de todos los fármacos de farmacia y proveeduría,

además de los respectivos costos unitarios de los fármacos para un periodo comprendido de Enero a Octubre 2015.

Luego de la recolección de datos se obtuvieron los resultados de la Tabla 1. En la Tabla se muestra el criterio de clasificación usado y la cantidad de ítems de cada tipo.

Tabla 1: Clasificación ABC de ítems

TIPO	Cantidad de Ítems
A (80%)	32
B (15%)	51
C (5%)	170
TOTAL	253

El Cloruro de Sodio de 1000 ml se encuentra dentro de los ítems tipo A, a pesar de que el costo unitario del producto es bajo se manejan volúmenes bastante altos del mismo. Todos los ítems tipo A del hospital, incluyendo farmacia y proveeduría, se muestran en la Figura 2.2.

Producto	Porcentaje	Acumulado
ALBUMINA HUMANA AL 20%-25% SOLUCION INYECTABLE NORMAL	0,112502619	0,112502619
OMEPRAZOL 40MG POLVO PARA INYECCION	0,086119851	0,19862247
MEROPENEM 1000G POLVO PARA INYECCION	0,068053822	0,266676292
SODIO CLORURO 0.9 % FUNDA X 1000 ML SOLUCION INYECTABLE	0,059248366	0,325924657
DEXTOSA EN AGUA 5% SOLUCION INYECTABLE 1000ML FUNDA	0,057933554	0,383858212
CLARITROMICINA 500MG POLVO PARA INYECCION	0,051827893	0,435686104
CEFTRIAXONA 1000MG POLVO PARA INYECCION	0,047990753	0,483676857
OCTREOTIDA 0.1 MG/ML SOLUCION INYECTABLE	0,031436711	0,515113569
LINEZOLID 2 MG/ML SOLUCION INYECTABLE	0,021858839	0,536972407
MAGALDRATO CON SIMETICONA (HIDROXIDO DE AL Y MG) SUSPENSION	0,02083461	0,557807018
SODIO CLORURO 0.9 %FUNDA X 100 ML SOLUCION INYECTABLE	0,018124064	0,575931082
PARACETAMOL 150/5ML JARABE	0,018031432	0,593962514
ACETILCISTEINA SOLUCION PARA INHALACION 300MG/ML AMPOLLAX3ML	0,017829918	0,611792432
METRONIDAZOL 500MG/100ML SOLUCION INYECTABLE	0,017063875	0,628856307
SODIO, CLORURO 3.4 MEQ/ML (20 %)AMPOLLA 10ML	0,016334546	0,645190853
KETOROLACO SUSPENSION INYECTABLE 30MG/ML (60MG)2ML	0,014107708	0,659298561
ROCURONIO, BROMURO 10MG/ML SOLUCION INYECTABLE	0,013348568	0,672647129
LACTULOSA 65% SOLUCION ORAL FRASCO 220ML	0,012540515	0,685187644
ACIDO ASCORBICO 100MG/ML AMPOLLAS 5ML	0,011265005	0,696452649
LEVOFLOXACINO 500 MG/100 ML SOLUCION INYECTABLE	0,01101582	0,707468469
IMIPENEM+CILASTATINA 500+500 POLVO PARA INYECCION	0,010476868	0,717945337
AMINOACIDOS 15% SOLUCION INYECTABLE FRASCO FUNDA/500ML	0,010244727	0,728190064
LACTATO RINGER 1000CC	0,009347443	0,737537506
IPRATROPIO BROMURO 0.25 MG/ML SOLUCION PARA INHALACION	0,009089482	0,746626988
HIDROCORTISONA, 500MG SUCCINATO SODICO POLVO PARA INYECCION	0,009054009	0,755680997
EMULSIONES GRASAS lípidos 20% EMULSION PARA INFUSION FCO 500ML	0,008281612	0,76396261
PIPERACILINA + TAZOBACTAM 4 G + 0.5 G POLVO PARA INYECCION	0,008060774	0,772023383
AMIKACINA 500MG/2ML (1G) AMPOLLA 4ML AKIM	0,007066846	0,779090229
VANCOMICINA 500MG POLVO PARA INYECCION	0,006953606	0,786043835
ENOXAPARINA 4000 UI (40 MG) SOLUCION INYECTABLE	0,006779439	0,792823274
SALBUTAMOL AEROSO LO.1 MG/DOSIS (100 MCG/DOSIS)	0,00667013	0,799493404
CLARITROMICINA 250MG/5ML POLVO PARA SUSPENSION 60ML	0,006215562	0,805708966

Figura 2.2: Ítems tipo A del Hospital León Becerra

2.1.2.1.2. Distribución de probabilidad

Para definir la distribución de probabilidad de la demanda del Cloruro de Sodio de 1.000ml se unificaron los datos del kardex informático de las dependencias de farmacia y proveeduría.

Se consideraron solo los consumos del año 2015 con el fin de tener los datos más ajustados a las condiciones actuales del Hospital. Ya que en años anteriores el Hospital estuvo sujeto a algunos cambios como la firma de convenios con seguros públicos y privados que afectaron la demanda debido al aumento de pacientes. Estos cambios ya se vieron estabilizados a inicios del 2015.

Se realizó una prueba piloto con los 30 datos más recientes del consumo diario (octubre 2015) con el fin de estimar el tamaño de muestra mínimo requerido para determinar la distribución de probabilidad de la demanda. Los parámetros resultantes (media y desviación estándar) se muestran en la Tabla 2. El error esperado es calculado como el 5% de la media.

Tabla 2: Parámetros para calcular el tamaño de muestra (prueba piloto)

Estadístico	Valor	
Tamaño de muestra	N	30
Media	\bar{x}	110,7
Desviación estándar	\bar{s}	21,01
Error esperado	e	5,535
Potencia de la prueba	p	0,95
Nivel de significancia	α	0,05

Con los datos de la Tabla 2 y el software Minitab se calcula el tamaño de muestra. La Figura 2.3 muestra que el tamaño mínimo de la muestra debe ser 190 observaciones.

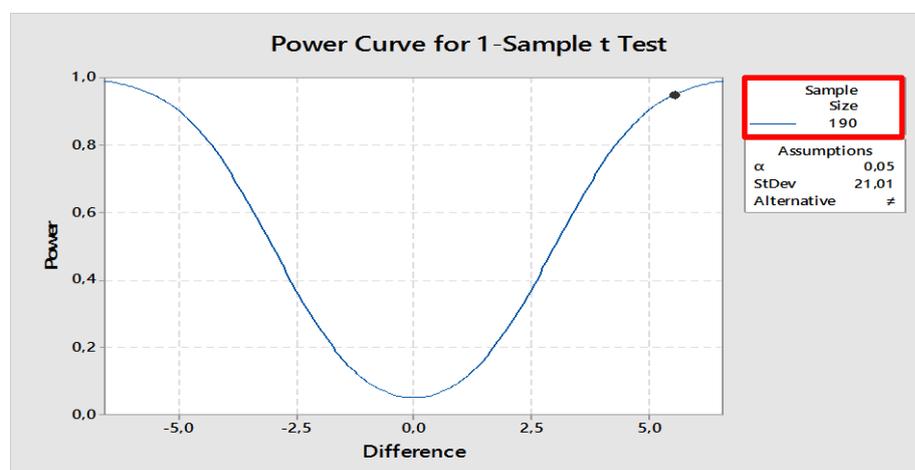


Figura 2.3: Tamaño de la muestra para la distribución de la demanda

Debido a que la cantidad de observaciones no es una restricción en este caso, se decide realizar el análisis de la distribución de la demanda con 304 datos, que corresponden a todos los datos del año 2015 (enero a octubre).

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2.4. Con un valor p de 0,197 no existe suficiente prueba estadística para rechazar H_0 . Bajo el siguiente contraste de hipótesis:

H_0 : El consumo diario de Cloruro de Sodio de 1.000ml sigue una distribución Normal.

Vs.

H_1 : El consumo diario de Cloruro de Sodio de 1.000ml no sigue una distribución Normal.

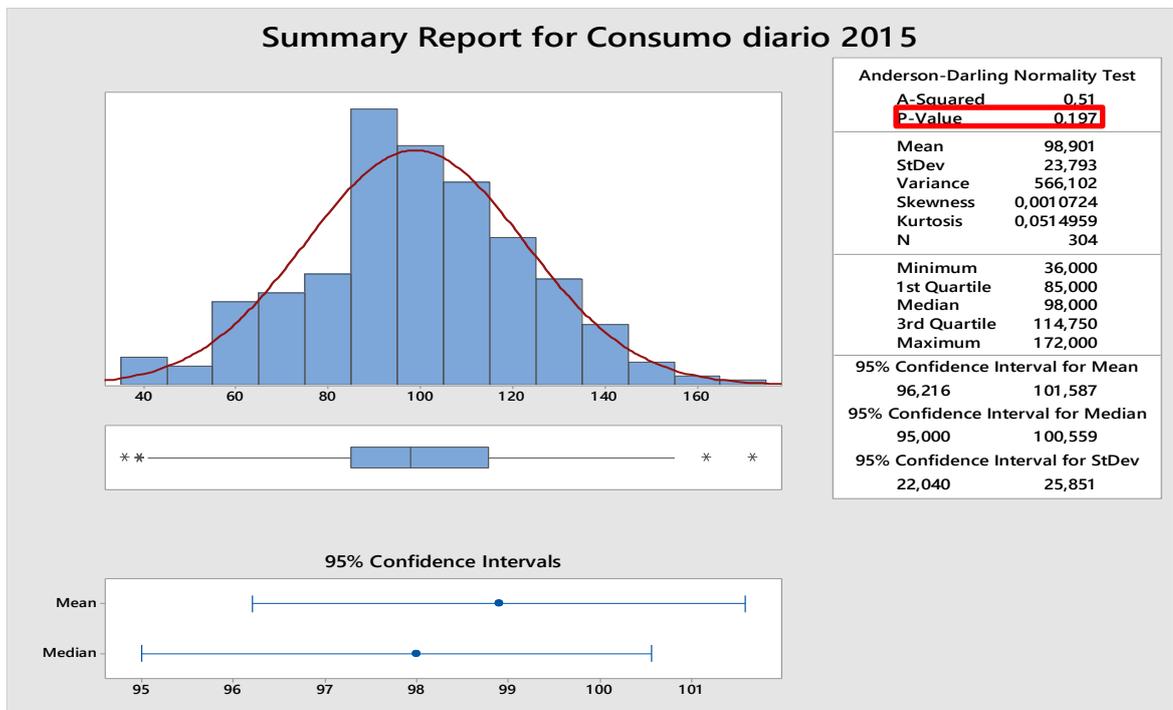


Figura 2.4: Identificación de la distribución de la demanda

Por tanto con un 95% de confianza se puede decir que la distribución de la demanda diaria del Cloruro de Sodio de 1.000ml sigue una distribución Normal con media 98,9 y desviación estándar 23,79. El modelamiento de la demanda diaria sería:

$$d \sim N(98,9, 23,79)$$

2.1.2.1.3. Clasificación del producto por tipo de movimiento

A pesar de ser un producto tipo A, no se garantiza que el producto sea de alta rotación, es decir que tenga una alta demanda. Debido a esto es necesario realizar un análisis adicional para determinar el tipo de movimiento del producto (rápido o lento).

Para definir esto se usa el criterio descrito en el marco teórico que indica que: “*Un producto es de alta rotación cuando su demanda durante el tiempo de reabastecimiento es mayor a 10 unidades*” [3]. Para usar este criterio es necesario conocer, por ende, la demanda media del producto durante el tiempo de reabastecimiento. Se obtuvieron estos datos y se los muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Clasificación por tipo de movimiento

Tiempo de reabastecimiento	1 día
Demanda media diaria	98,9 unidades (98,9 ≥ 10)
Tipo de ítem	Rápido movimiento

2.1.2.1.4. Clasificación de la demanda por variabilidad en el tiempo

La demanda puede ser clasificada también de acuerdo a su variabilidad en el tiempo. Es decir, la demanda puede ser altamente variable a través del tiempo o aproximadamente constante. Para definir esto en la demanda del Cloruro de Sodio, se usa el criterio que indica: “*Si el coeficiente cuadrático de variabilidad es menor a 0.25 se considera demanda aproximadamente constante*” [3]

El coeficiente cuadrático de variabilidad se determina con la ecuación 2.1 y necesita como datos la media (\bar{x}) y desviación estándar del consumo (\bar{s}) en un periodo de tiempo. En este caso se consideró diario.

$$CV = \left(\frac{\bar{s}}{\bar{x}} \right)^2 \quad (2.1)$$

En este caso, se calculó y se obtuvo el siguiente coeficiente cuadrático de variabilidad:

$$CV = \left(\frac{23,79}{98,9} \right)^2 = 0,06$$

Con esto podemos concluir que la demanda del Cloruro de Sodio de 1.000ml es **aproximadamente constante en el tiempo.**

2.1.2.1.5. Clasificación de la demanda por certidumbre

Otra característica de la demanda necesaria de definir es su naturaleza determinística o estocástica. Para esta clasificación no existe un criterio matemático específico, sino que se determina a partir de la naturaleza del proceso. En este caso, no se tiene una demanda conocida debido a que esta va a depender de la cantidad de pacientes que lleguen al hospital y este es un factor variable que no puede ser conocido con certidumbre. Por tanto en este caso se considera a la demanda del Cloruro de Sodio como **estocástica**.

2.1.2.2. Costos

En esta sección se incluye la obtención o estimación de todos los costos asociados al producto y al proceso de abastecimiento. Estos costos son:

- Costo del material
- Costo de adquisición
- Costo de mantener inventario
- Costo de faltantes

Donde el único costo conocido para el Hospital es el costo del producto. Los demás deben estimarse en función de los factores que el analista y los responsables del proceso consideren necesarios. La obtención de cada costo se detalla a continuación.

2.1.2.2.1. Costo del material (C)

El costo del material se define como el valor monetario al que el Hospital adquiere cada Cloruro de Sodio de 1.000ml, este valor es **\$1,64**.

2.1.2.2.2. Costo de adquisición (S)

El hospital León Becerra no cuantifica el costo de adquisición para el abastecimiento. Debido a que mantienen convenios con sus proveedores y no incurren en ningún costo extra por transporte de la mercadería consideran que este costo es cero.

Sin embargo, para la estimación de este costo se decidió considerar dos rubros principales:

- Sueldos prorrateados de las personas involucradas en el proceso de pedir.
- Costo de llamada telefónica.

Se definieron estos rubros debido a que el pedido se realiza de forma telefónica y se considera el costo de mano de obra que incurre el hospital al tener personas encargadas del proceso.

Las personas involucradas en Farmacia durante el proceso de pedir son dos: Jefa de farmacia y auxiliar de farmacia. El sueldo para ambos cargos es el básico \$354 en el año 2015 más todos los beneficios de ley y un sueldo adicional al año por antigüedad. El costo real (incluyendo beneficios de ley) en que incurre el hospital debido a mano de obra mensual se calcula en la Tabla 4.

Tabla 4: Cálculo de sueldo base más beneficios de ley

Descripción	Forma de cálculo	Valor anual
Décimo tercero	1 sueldo adicional	\$ 354
Décimo cuarto	1 SBU	\$ 354
Vacaciones	Mitad del sueldo mensual	\$ 177
Aporte patronal al IESS	11,5% del sueldo mensual por 12 meses	\$ 488,52
Fondos de reserva	8,33% del sueldo mensual	\$ 29,49
Sueldo adicional	1 sueldo adicional	\$ 354
Sueldo anual	Sueldo mensual por 12	\$ 4.248
	Total anual	\$ 6.005,01
	Total mensual	\$ 500,42

El prorrateo del sueldo se realizó de acuerdo a los tiempos que cada persona dedica al proceso de adquisición, en caso de adquisiciones múltiples (más de un producto) solo se consideró el tiempo dedicado al Cloruro de Sodio de 1.000ml. Se obtuvo la Tabla 5 con los tiempos estimados en cada parte del proceso.

Tabla 5: Tiempos del proceso de adquisición

Descripción	Tiempo	Responsable
Tiempo de llamada	0,33 min	Jefa de farmacia
Tiempo de recepción	1,5 min	Jefa y auxiliar de farmacia

Tiempo de ingreso de factura	1 min	Jefa de farmacia
-------------------------------------	-------	------------------

Con los datos de las Tablas 4 y 5 se calcula el costo estimado de adquisición. Para obtener el costo unitario de mano de obra, se consideraron 22 días laborables al mes, ya que este proceso no se realiza los fines de semana. El costo de adquisición se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Estimación del costo de adquisición

Rubro	Costo unitario (\$/min)	Duración (min)	Total (\$/pedido)
Sueldo Jefa de farmacia	0,05	2,83	0,13
Sueldo de auxiliar de farmacia	0,05	1,5	0,07
Llamada telefónica	0,08	0,33	0,03
Costo de adquisición			0,23

2.1.2.2.3. Costo de mantener inventario (I)

Al igual que con el costo de adquisición, el Hospital no maneja rubros asociados al costo de mantener inventario. En consecuencia este costo también se tuvo que estimar en función de los factores considerados por el analista y con consentimiento del Gerente del hospital.

Al igual que en el costo de adquisición, se consideraron rubros de mano de obra y, en este caso, energía eléctrica en lugar de consumo telefónico. Esto debido a que, por tratarse de medicamentos, el lugar de almacenamiento debe permanecer acondicionado.

Se consideró además un costo de oportunidad equivalente a la tasa de retorno que el Hospital espera tener al realizar inversiones. Esta tasa fue definida por el Gerente del Hospital en **20%** anual.

Debido a que no se contaba con una factura de luz solo del área de almacenamiento, este valor se estimó considerando los aparatos eléctricos y el tiempo de consumo, el cálculo se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7: Energía eléctrica de área de almacenamiento

Potencia	HORAS	WH	KWH	DOLARES/DIA	MES
-----------------	--------------	-----------	------------	--------------------	------------

Aire	5.970	24	143.280	143,28	\$	11,46	343,872
Acondicionado							
Fluorescentes	880	24	21.120	21,12	\$	1,69	50,688
Focos	200	24	4.800	4,8	\$	0,38	11,52
Focos	200	12	2.400	2,4	\$	0,19	5,76
Ventilador	78	8	624	0,624	\$	0,05	0,9984
Fluorescentes	480	8	3.840	3,84	\$	0,31	6,144
Total energía eléctrica mensual							\$ 418,98

Con respecto a mano de obra, se consideró así mismo a dos personas responsables del inventario la Jefa y auxiliar de farmacia. Se considera el sueldo más beneficios de ley, es decir \$ 500,42 mensuales por cada persona. Otros datos requeridos para el cálculo del costo de mantener inventario se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8: Datos para calcular el costo de mantener inventario

Salario por persona	500,42	Inventario promedio (unidades)	411,78
Número de personas en bodega	2	Días de inventario	4,16
Días laborables	30	Costo del producto (\$/unidad)	1,64
% Volumen del Cloruro de Sodio vs. Todos los productos de bodega	6%	Costo de oportunidad (%)	20%

Luego de obtener estos datos se calculó el costo total de mantener inventario. Para esto, primero se calcularon los costos mensuales en toda la bodega y se prorrateó este valor con el porcentaje de volumen que representa el Cloruro de Sodio. Luego para obtener el costo unitario mensual, se dividió para el inventario promedio y finalmente para eliminar las unidades de tiempo se convirtió a días y se multiplicó por los días de inventario (número de días promedio que permanece el inventario en la bodega).

Para agregar el costo obtenido al costo de oportunidad de 20%, se calculó el costo obtenido como un porcentaje del costo del material, con esto el porcentaje total de manejo de inventario de Cloruro de Sodio de 1.000ml se definió en 22%. Los resultados obtenidos en cada paso se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Cálculo del costo de mantener inventario

Descripción	Valor
Salario de personal (\$/mes)	1.000,84

Energía eléctrica (\$/mes)	418,98
Total costos mensuales en bodega (\$/mes)	1.419,82
Costos del Cloruro de Sodio (\$/mes)	85,19
Costo unitario mensual (\$/unidad*mes)	0,21
Costo unitario (\$/unidad)	0,03
Porcentaje respecto al costo del material (%)	2%
Porcentaje total del costo de manejo de inventario (%)	22%

2.1.2.2.4. Costo de faltantes (k)

Para el costo de faltantes se consideró el margen de ganancia que el hospital deja de percibir por cada unidad agotada. Esto debido a que se trabaja bajo la política de venta perdida, porque cuando existe algún faltante, el producto es conseguido por otros medios fuera del hospital. Aunque la satisfacción del cliente puede verse afectada en caso de existir faltantes, debido a que deben buscar el producto en otro lugar, no se considera un costo adicional ya que de todas formas la farmacia siempre va a ser la primera opción de los pacientes para adquirir el producto, por estar ubicada dentro del mismo hospital.

El margen de ganancia (costo de faltante) por cada Cloruro de Sodio de 1.000ml es de **\$ 0,41**.

2.1.2.3. Tiempo de reabastecimiento

El tiempo de reabastecimiento, se define como el tiempo desde que se coloca un pedido hasta que es recibido. Para obtener este dato con el Cloruro de Sodio de 1.000ml, se mantuvieron conversaciones con la Jefa de farmacia quien nos indicaba que este tiempo es siempre de **1 día**. Además de esto nos comentó que se manejan con un proveedor principal de Cloruro de Sodio, la empresa distribuidora DIFARE y que solo cambian en casos excepcionales en que el proveedor principal no pueda despacharles por problemas de pago o faltantes en sus propias bodegas. A pesar de esto, los demás proveedores también le despachan en el mismo tiempo de 1 día.

2.1.3. Cálculo de indicadores de gestión actuales

En esta sección se incluye el cálculo de indicadores que van a permitir medir la eficiencia del proceso de abastecimiento de Cloruro de Sodio actual. Los indicadores a calcular van a estar ligados a los objetivos planteados en el capítulo 1, estos son:

- Porcentaje de exceso de inventario (%)
- Unidades de exceso de inventario (unidades)
- Inventario promedio (unidades)
- Nivel de servicio (%)
- Costo total (\$/año)
 - Costo de adquisición
 - Costo de mantener inventario
 - Costo de faltantes

Donde los 3 primeros indicadores son precisamente los usados para definir el problema de exceso de inventario y fueron ya calculados en la identificación del problema.

Por tanto, restaría por calcular el nivel de servicio y el costo total anual, incurrido debido a la forma de manejo actual del Cloruro de Sodio de 1.000ml.

Para calcular el nivel de servicio se usó la ecuación 2.2.

$$SL = 1 - \frac{ICQ}{ICQ + Dk} \quad (2.2)$$

Donde;

I: Costo de mantener (% por año)

C: Costo del producto (\$/unidad)

Q: Cantidad a pedir (unidades)

D: Demanda anual (unidades/año)

K: Costo por faltante (\$/unidad)

Debido a que no se cuenta con una política de manejo de inventario establecida, se estimó la cantidad a pedir *Q* en base al kardex del producto.

Se calculó el promedio de todos los pedidos realizados de enero a octubre del 2015 y ese valor fue considerado como el *Q* actual. Así, *Q* actual resultó ser **451,16 unidades**.

Con esto, se calculó el nivel de servicio actual de la siguiente forma:

$$SL = 1 - \frac{0,22 * 1,64 * 451,16}{0,22 * 1,64 * 451,16 + 98,9 * 365 * 0,41}$$

$$SL = 98,9\%$$

Se calculó luego el costo total actual con la ecuación 2.3. Este costo incluye la suma del costo de colocación de pedidos, mantener inventario y pérdidas por unidades agotadas en un año.

$$TC = \frac{D}{Q}S + IC \left(\frac{Q}{2} + zs'_d \right) + \frac{D}{Q}ks'_dE_{(z)} \quad (2.3)$$

Donde;

S : Costo de adquisición (\$/pedido)

z : Valor donde la fracción del área por debajo de la curva de distribución normal es igual al nivel de servicio

s'_d : Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de reabastecimiento (unidades)

$E_{(z)}$: Unidad normal de pérdida integral

Los valores de $E_{(z)}$ se tabulan como función de la desviación normal z y se pueden estimar con la ecuación 2.4 cuando z es positiva.

$$E_{(z)} = e^{[-0,92 - 1,19z - 0,37z^2]}; z > 0 \quad (2.4)$$

El valor correspondiente de z para el nivel de servicio calculado de 98,9% es de 2,29, mientras que el valor de $E_{(z)}$ estimado es de 0,0037. Así mismo, la desviación estándar durante el tiempo de reabastecimiento de un día es de 23,79 unidades y el Q actual es 451,16 obtenido del promedio de pedidos realizados de enero a octubre de 2015. Con esto se procede a calcular el costo total actual.

$$TC = \frac{98,9 * 365}{451,16} 0,23 + 0,22 * 1,64 \left(\frac{451,16}{2} + 2,29 * 23,79 \right) + \frac{98,9 * 365}{451,16} 0,41 * 23,79 * 0,0037$$

$$TC = \$ 169,86$$

En la Tabla 10 se muestra un resumen de los indicadores calculados para medir la eficiencia del proceso actual de abastecimiento.

Tabla 10: Medición de la eficiencia actual del proceso

Indicador	Valor
Porcentaje de exceso de inventario (%)	251%
Unidades de exceso de inventario (unidades)	290
Inventario promedio (unidades)	411,78
Nivel de servicio (%)	98,9%
Costo total (\$/año)	169,86
Costo de adquisición (\$/año)	18,40
Costo de mantener inventario (\$/año)	148,57
Costo de faltantes (\$/año)	2,89

2.2. ANÁLISIS DE LA CAUSA RAÍZ

Para la identificación de la causa raíz del problema se realizó una dinámica de 5 porqués con el punto focal del proceso, Jefa de farmacia. Los resultados de la dinámica se muestran en la Figura 2.5, donde se entiende de mejor forma las razones que conllevan a la Jefa de farmacia a manejar el proceso de la forma actual, lo que provoca el exceso de inventario.

La dinámica termina con la causa raíz encontrada en el 3er porqué. La opción de disminución de la demanda no siguió avanzando debido a que no se pudo comprobar con los datos, mientras que la de satisfacción de la demanda fue porque es un requerimiento del Hospital que de hecho debe cumplirse.

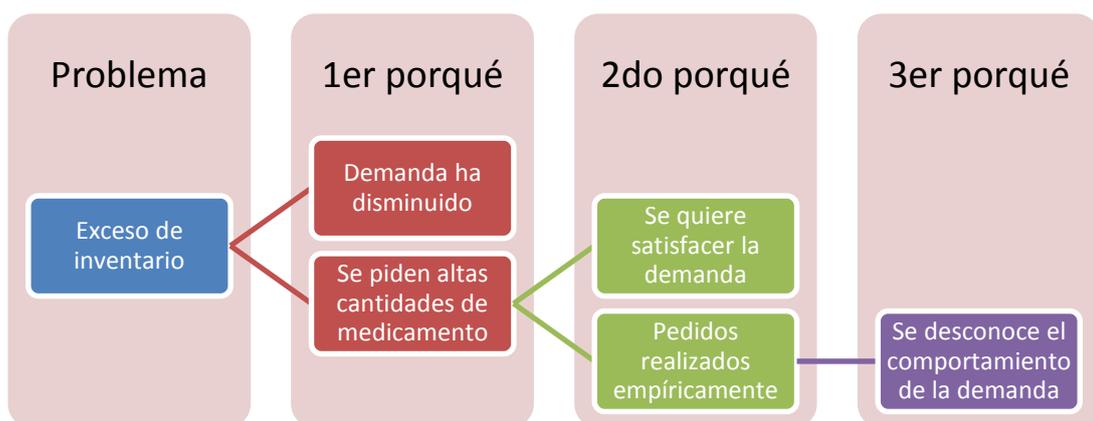


Figura 2.5: Identificación de causa raíz

De acuerdo a la causa raíz encontrada se proponen las siguientes soluciones:

- Definición de un método estándar para realizar pedidos.

- Elaboración de un método para estimar el comportamiento de la demanda.

Ambas soluciones se consideran de alto impacto y de fácil implementación por lo que se propone implementar ambas.

2.3. DISEÑO DE MEJORAS

Luego de identificar que la causa raíz del exceso de inventario era el desconocimiento del comportamiento de la demanda que conllevaba a un método empírico de realizar pedidos, se decide establecer una política de inventario como método para gestionar las compras. Adicionalmente se diseña un modelo predictivo de ventas semanales para conocer el comportamiento de la demanda y ajustar la política de acuerdo a los cambios observados en la misma. En esta sección se muestra en detalle el diseño de ambas soluciones.

2.3.1. Modelo matemático para gestionar las compras del Cloruro de Sodio de 1.000ml

En esta sección se realiza un análisis de las ventajas y desventajas de las diferentes políticas de inventario ajustables a las características del producto.

Se detalla también la metodología y supuestos de cada política además del método a utilizar para medir y verificar la eficiencia de las mismas.

2.3.1.1. Justificación de los modelos seleccionados

Para escoger el modelo de inventario se proponen 3 políticas diferentes, dos de revisión continua y una de revisión periódica. En la Tabla 11 se muestra una comparación de las ventajas y desventajas de cada una de acuerdo a algunos criterios de evaluación.

Tabla 11: Comparación de políticas propuestas

Criterio de comparación	Punto de re-orden, cantidad a pedir (PRO,Q)	Punto de re-orden, nivel máximo (PRO,M)	Revisión periódica, nivel máximo (T,M)
Variabilidad del pedido	Baja	Media	Media
Nivel de inventario	Bajo	Medio	Alto

Flexibilidad respecto a cambios de demanda	Baja	Media	Media
Probabilidad de faltantes	Alta	Media	Baja
Uso de recursos (tiempo, mano de obra)	Alta	Alta	Baja

Se observa, que de acuerdo a los criterios escogidos la revisión periódica tiene mayores beneficios, a pesar de esto, las políticas de revisión continua son las más alineadas al objetivo principal del proyecto que es reducir inventario.

Debido a no tener un método exacto de evaluación para escoger una de las tres políticas, se decide realizar la simulación de las tres y decidir en función de los resultados obtenidos con cada una para el caso específico del Cloruro de Sodio de 1.000ml.

2.3.1.2. Presentación de los modelos

En esa sección se presentan las tres políticas a evaluar, las mismas que fueron explicadas en el marco teórico. Se muestra el procedimiento de cálculo, supuestos y ecuaciones de cada una para poder realizar los cálculos respectivos y escoger la mejor.

2.3.1.2.1. Punto de re-orden, cantidad a pedir (PRO, Q)

La política PRO, Q indica que se debe realizar un pedido cuando la cantidad de inventario cae debajo de un PRO y la cantidad a pedir viene dada por Q.

Para calcular la cantidad pedir se parte de la ecuación básica de EOQ y se continúa con un proceso iterativo en función del nivel de servicio deseado. Esto debido a que se necesita considerar el costo de faltantes que en este caso es conocido y además relevante, ya que es imprescindible mantener un nivel mínimo de nivel de servicio.

El procedimiento de cálculo iterativo se perfila así:

1. Aproximar la cantidad de pedido a partir de la fórmula básica de EOQ, es decir:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

2. Calcular la probabilidad de tener existencias durante el tiempo de entrega si en un periodo de falta de existencias se pierde la venta.

$$SL = 1 - \frac{ICQ}{ICQ + Dk}$$

3. Determinar una Q revisada a partir de la fórmula EOQ modificada (2.5), que es:

$$Q = \sqrt{\frac{2D(S + ks'_d E_{(z)})}{IC}} \quad (2.5)$$

Buscar el valor de z que corresponde a SL en la Tabla de distribución normal. Estimar $E_{(z)}$ con la ecuación 2.4.

4. Repetir los pasos 2 y 3 hasta que no haya cambios en SL o Q. Continuar
5. Calcular PRO y otras estadísticas como se desee. [10]

El punto de re-orden, viene dado por la ecuación 2.6.

$$PRO = d \times TE + z \times s'_d \quad (2.6)$$

Donde;

$d \times TE$: Demanda durante el tiempo de reabastecimiento, y

$z \times s'_d$: Inventario de seguridad.

En caso de ser desconocida la desviación estándar durante el tiempo de reposición esta se pueda estimar con la ecuación 2.7.

$$s'_d = s_d \sqrt{TE} \quad (2.7)$$

Donde, s_d es la desviación de la demanda calculada por unidad de tiempo.

El inventario promedio con esta política es calculado con la ecuación 2.8.

$$AIL = \frac{Q}{2} + z \times s'_d \quad (2.8)$$

Los supuestos asociados a esta política y estas ecuaciones es que la demanda sigue una distribución normal y el tiempo de entrega es constante o de variabilidad despreciable.

2.3.1.2.2. Punto de re-orden, nivel máximo (PRO, M)

La política PRO, Q indica que se debe realizar un pedido cuando la cantidad de inventario cae debajo de un PRO y la cantidad a pedir va a ser igual a la cantidad de inventario necesaria para llegar a un nivel M. Donde M es calculada con la ecuación 2.9.

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

Donde, Q es calculada con el mismo procedimiento detallado en la política anterior (PRO, Q) con la ecuación 2.5 y el PRO con la ecuación (2.6).

La diferencia con la política es que la cantidad a pedir va a ser variable y se va a contar con un nivel más alto de inventario para cubrir los cambios en la demanda durante el tiempo de reposición.

Los supuestos asociados a esta política y estas ecuaciones es que la demanda sigue una distribución normal y el tiempo de entrega es constante o de variabilidad despreciable.

2.3.1.2.3. Revisión periódica, nivel máximo (T, M)

La política de revisión periódica implica definir el tiempo de revisión del inventario, cada cuánto se realiza un pedido, y el nivel máximo que definirá la cantidad a pedir.

El tiempo de revisión viene dado por la ecuación 2.10.

$$T = \frac{Q}{D} \quad (2.10)$$

Donde Q que es calculada con la ecuación 2.5.

El nivel máximo de inventario se calcula con la ecuación 2.11.

$$M = d(TE + T) + zs'_d\sqrt{TE + T} \quad (2.11)$$

Los supuestos asociados a esta política y estas ecuaciones es que la demanda sigue una distribución normal y el tiempo de entrega es constante o de variabilidad despreciable.

2.3.1.3. Prueba y ajuste de los modelos

Para la prueba de los modelos escogidos, se realizará un ejercicio de simulación con Excel. Este ejercicio consiste en modelar consumos diarios aleatorios en base a la distribución de la demanda definida, mientras que los pedidos son realizados en base a lo que indique la política que se está probando. Con estas dos variables definidas se realiza un kardex diario del producto y se calculan los indicadores pertinentes.

Se escogerá la política que arroje los mejores resultados considerando las restricciones reales del sistema, estas son:

- No se puede realizar ni recibir pedidos los fines de semana (sábado y domingo).
- Se parte de un inventario inicial igual al inventario promedio actual, esto es, 411 unidades.

En este caso los consumos serán modelados como la función inversa de una distribución normal con media 98,9 y desviación estándar 23,79 correspondiente al número aleatorio generado por Excel.

Las columnas consideradas en la plantilla serán:

- Números aleatorios (A)
- Consumo (C_o)
- Inventario inicial (II)
- Inventario final (IF)
- Faltantes (F)
- ¿Puedo realizar pedido? (P)
- Cantidad a pedir (Q)
- Día

La columna de decisión sobre si se debe realizar pedido o no, fue necesaria debido a la restricción de que no se pueden realizar pedidos los fines de semana. Se definió 1 en caso de que sea posible realizar un pedido y 0 en caso de que no.

La simulación fue realizada para un periodo de 44 semanas (para poder comparar los resultados con los datos tomados inicialmente) y se usó como criterio de evaluación el costo total incurrido debido a la política resultante en la plantilla. Este costo total fue calculado con la ecuación 2.12.

$$TC_s = S \sum_{i=1}^n P_i + IC \sum_{i=1}^n \frac{IF_i}{n} + k \sum_{i=1}^n F_i \quad (2.12)$$

2.3.2. Modelo matemático para predecir ventas semanales del Cloruro de Sodio de 1.000ml

Tal como se identificó en el análisis de causas, el desconocimiento de la demanda es una de las causas para realizar pedidos de forma empírica. Por tanto se debió realizar un análisis de la misma y establecer un modelo que permita predecir el comportamiento de la misma con cierta certidumbre.

En esta sección se define la metodología del modelo a usar para desarrollar el pronóstico de ventas semanales de Cloruro de Sodio de 1.000ml.

2.3.2.1. Justificación del modelo seleccionado

Para el análisis del comportamiento de la demanda se consideran dos métodos principales, series de tiempo y modelos de regresión.

Del análisis realizado para el planteamiento del problema se observó que la demanda no seguía patrones marcados de comportamiento como estacionalidad o tendencias. Sino que más bien depende de factores externos, por ejemplo el brote de una nueva epidemia.

Debido a esta naturaleza de la demanda se decide usar un modelo de regresión para el análisis del comportamiento de la misma. Con el fin de identificar los factores asociados a su variabilidad y poder predecirla con más certidumbre.

2.3.2.2. Presentación del modelo

Luego de decidir realizar un modelo de regresión lineal para analizar el comportamiento de la demanda. Se debe identificar los factores que tengan influencia sobre el consumo del Cloruro de Sodio de 1.000ml para determinar una ecuación de la forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k \quad (2.13)$$

Donde;

Y = consumo de Cloruro de Sodio de 1.000ml en un periodo específico.

X_i = factores que influyen en el consumo del Cloruro de Sodio de 1.000ml.

β_i = coeficientes de la ecuación determinados por el modelo de regresión.

2.3.2.3. Prueba y ajuste del modelo

Para medir el desempeño del modelo se usarán indicadores del error tales como: MAPE, MAD, MSE, TS. A continuación se describe cada uno con su forma de cálculo.

- **MAD (error absoluto medio):** que proporciona una medición del error promedio del pronóstico y queda definido matemáticamente por:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (2.14)$$

Donde;

A_t : Consumo real en el periodo t

F_t : Pronóstico del periodo t .

- **MSE (error cuadrático medio):** mide el promedio de los errores al cuadrado.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n} \quad (2.15)$$

- **MAPE (error porcentual absoluto medio):** mide el tamaño del error (absoluto) en términos porcentuales.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{|A_t|}}{n} \quad (2.16)$$

- **TS (señal de rastreo):** mide la desviación del pronóstico respecto a la variación de la demanda.

$$TS = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t|} \quad (2.17)$$

Estas cuatro medidas del error serán usadas para evaluar los resultados del modelo de pronóstico obtenido.

2.4. CONTROL Y ACTUALIZACIÓN

Una vez definida la política y el modelo de pronóstico va a ser necesario establecer métodos y procedimientos para el control y actualización de ambos modelos.

Para el caso de la política de inventario se elaborará un instructivo visual que indique la forma de realizar pedidos de acuerdo a la política definida. Además se realizará un registro de los pedidos que deberá ser firmado por el Asistente de procesos y normalización, quién será responsable de controlar el proceso en el hospital.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. MODELO DE PRONÓSTICO

A pesar de tener ya definida la distribución de la demanda, se debe tomar en cuenta que existen factores que pueden influenciar sobre ella ya sea para aumentarla o disminuirla. El sistema de control de la política escogida debe ser capaz de identificar estos cambios y ajustar la misma para que siga siendo acorde a las necesidades del hospital.

Para este fin se desarrolló un modelo de pronóstico basado en regresión lineal, es decir, se identificaron factores que influyen en el consumo del Cloruro de Sodio de 1.000ml y se generó un modelo matemático que explica el consumo semanal en función de estos factores.

Para elaborar el modelo de pronóstico se debían identificar factores que influyan en la demanda del Cloruro de Sodio de forma significativa. Para la determinación de los factores se mantuvieron reuniones con la gerencia del hospital para determinar en base a su experiencia los factores más influyentes. Dentro de los factores considerados se incluyeron:

- Número de pacientes
- Tipos de enfermedades
- Días de estadía
- Edad, sexo, peso y estatura de los pacientes
- Área de hospitalización
- Temporadas del año, feriados
- Consumo histórico

Para el análisis de estos factores se usó la base de datos de hospitalización proporcionada por el departamento de sistemas, esta base incluía datos por paciente como sexo, edad, diagnóstico y médico tratante. A diferencia de la base de datos de contabilidad o el kardex que solo reflejaba consumos del producto.

Debido a que esta base de datos se comenzó a digitalizar a mediados del 2013, se consideraron los datos desde esta fecha.

Luego de realizar varias pruebas y combinaciones con los diferentes factores se escogieron 4 que resultaron más relevantes, de acuerdo al modelo de regresión.

Para definir la relevancia de los factores se observa el intervalo de confianza de los coeficientes de cada uno, si el intervalo incluye al cero el factor no tiene relevancia sobre el modelo. Esto debido a que si el coeficiente del factor puede tomar valores negativos como

positivos genera ruido al modelo. Los intervalos de confianza de los factores relevantes se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12: Factores relevantes del modelo de pronóstico

	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	- 9,29	249,5
Media móvil ponderada	0,70	0,90
Temporada	30,15	64,66
Días de estadía promedio por paciente	29,94	116,3
Consumo promedio diario por paciente	- 132,92	- 19,63

Se observa en la Tabla 3.1 que ninguno de los intervalos incluye al cero, por tanto estos son los factores relevantes para el modelo, son:

- Media ponderada móvil
- Temporada
- Días de estadía promedio por paciente
- Consumo promedio diario por paciente

Debido a que se buscaba generar un modelo para predecir la demanda **semanal**, se calculó cada factor por periodos de semanas. A continuación se explica cada uno de los factores.

3.1.1. Presentación del modelo

3.1.1.1. Factores del modelo de pronóstico

3.1.1.1.1. Media ponderada móvil

Para determinar este factor se realizaron pruebas considerando 2 y 3 períodos previos al actual. Para definir las ponderaciones en cada periodo se consideraron todas las combinaciones posibles entre decenas enteras. Estas son: 90-10, 80-20, 70-30, 60-40, 50-50, 40-60, 30-70, 20-80 y 10-90. Donde la primera decena indica la ponderación del periodo más reciente y la segunda del periodo menos reciente. Se consideró además las combinaciones 0-100 y 100-0, es decir que se consideraba solo un periodo ya sea el más reciente o menos reciente.

Los resultados obtenidos con cada combinación de ponderaciones se compararon en base a las medidas del error obtenidas (MAD, MSE y MAPE). Se realizó el mismo proceso para las pruebas con 3 períodos.

Finalmente se obtuvo que la combinación con la cual se obtenía una menor medida de error fue 80-10-10. Es decir ponderando el periodo más reciente con 80% y los dos más antiguos con 10%. La ecuación para el cálculo del factor es la 3.1.

$$\bar{x}_t = \frac{x_{t-1} * 0,8 + x_{t-2} * 0,1 + x_{t-3} * 0,1}{3} \quad (3.1)$$

Donde;

\bar{x}_t : Media ponderada del periodo t

x_{t-i} : Consumo semanal del periodo t-i, i=1, 2, 3.

3.1.1.1.2. Temporada

Para este factor se consideró el estudio realizado por el INAMHI de “Análisis de las condiciones climáticas registradas en el Ecuador continental en el año 2013 y su impacto en el sector agrícola”.

De este estudio se obtuvo la Tabla 13 de precipitaciones durante el año 2013. Y sirvió para determinar el periodo seco (temporada baja) y lluvioso (temporada alta) en la región (Guayaquil).

Tabla 13: Precipitación diciembre 2012 a noviembre 2013

	PRECIPITACION (mm)													
Guayaquil	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	Per. Lluvioso (DIC-MAY)	Per. Seco (JUN-NOV)
RR (2012-2013)	2,9	161,8	236,6	556	127,4	1,8	0,1	0	0,3	0	0,2	0	1086,5	0,6
Normal	63,9	199,6	297,6	287,6	204,2	71,6	30,7	13,1	1,3	2,1	4,4	24,4	1124,5	76,0
% variación	-95	-19	-20	93	-38	-97	-100	-100	-77	-100	-95	-100	-3	-99

A pesar de esto, la Tabla solo sirvió como referencia, ya que al observar más detenidamente los datos, se observó que el consumo alto se prolongaba hasta junio y el bajo hasta diciembre. Se quiso identificar también el periodo de transición entre el periodo seco y lluvioso para agregar la categoría de temporada media. Para esto se analizaron los consumos en los meses de transición y se comparó el consumo medio de cada mes para definir el periodo de transición más adecuado.

Tabla 14: Consumos de Cloruro de Sodio en transición de periodo lluvioso a seco-2014

Mes	Mayo				Junio				Julio				Agosto			
Consumo	796	665	690	834	692	885	902	975	727	770	750	717	608	651	595	475

Como se observa en la Tabla 14, el promedio de consumo en los meses de Mayo a Junio es de 805 unidades, observando en Junio consumos de hasta 900 unidades a pesar de representar una temporada seca. En el mes de Julio el consumo medio disminuye a 741 unidades y recién en Agosto se observa una disminución mayor del consumo, llegando a una media de 582 unidades. Se observó que el patrón se repetía en el 2015. Por tanto, se definió a Julio como el periodo de transición de temporada lluviosa a seca.

Se realizó el mismo análisis para identificar el periodo de transición de periodo seco a lluvioso.

Tabla 15: Consumos de Cloruro de Sodio en transición de periodo seco a lluvioso-2014

Mes	Noviembre				Diciembre					Enero					Febrero			
Consumo	447	342	440	547	467	482	535	547	142	242	540	506	571	671	752	799	828	808

En la Tabla 15, se observa que el promedio de consumo de Noviembre a Diciembre desde 439 unidades, luego en Enero aumenta a 506 unidades y finalmente en Febrero aumenta a 796 unidades. Sin embargo este patrón no se repetía en el 2015.

Al ejecutar el modelo de regresión considerando ambos periodos de transición, el coeficiente de determinación R^2 resultó ser 0,22 (considerando solo el factor temporada). Pero al probarlo solo con el periodo de transición de julio aumentó a 0,27, esto debido a la inconsistencia del patrón encontrada en la transición de periodo seco a lluvioso (Enero). Así, se decidió mantener el modelo con un solo periodo de transición, es decir el de periodo lluvioso a seco.

Una vez identificado el periodo de transición entre la temporada lluviosa a seca, el factor temporada quedó definido como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16: Clasificación de temporada por semanas

Tipo de temporada	Identificación	Semanas	Meses (aproximado)
Alta	2	2-26	Enero-Junio
Media	1	27-30	Julio
Baja	0	31-1	Agosto-Diciembre

3.1.1.1.3. Días de estadía promedio por paciente

Los días de estadía se obtuvieron de las bases de datos de hospitalización donde se colocaba la fecha de ingreso y salida por cada paciente. Pero esta información solo estuvo disponible hasta mayo del 2015, ya que luego de esta fecha se cambió el sistema (software) de hospitalización y en todos los registros posteriores no se colocaba la fecha de egreso. En este caso lo que se realizó fue una estimación de la fecha de salida del paciente considerando la última fecha de consumo registrada en la base de datos de contabilidad.

Luego de obtener los días de estadía de cada paciente por semana (el máximo de días es 7), se calculó el promedio de días de estadía de todos los pacientes en esa semana y ese fue el factor considerado para la regresión. En cada semana se colocó el valor calculado de la semana anterior. La ecuación para el cálculo del factor es la 3.2.

$$e_t = \sum_{i=1}^n \frac{e_{(t-1)i}}{n} \quad (3.2)$$

Donde;

e_t : Días de estadía promedio del periodo t

$e_{(t-1)i}$: Días de estadía del paciente i en el período t-1.

n : Número de pacientes en el período t-1.

Se identificó la relación entre este factor y el consumo, porque se encontraron varias semanas donde la temporada era alta pero existían bajas en la demanda y en la misma semana este factor también disminuía. Es decir que a pesar de ser una temporada alta (alta cantidad de pacientes) los pacientes en promedio permanecieron menos tiempo en el hospital y por ende consumieron menos. También se explicaba este fenómeno en caso de aumento de consumo en una temporada baja.

3.1.1.1.4. Consumo Promedio diario por Paciente

El consumo promedio diario fue otro factor que se identificó que tenía alta influencia sobre la demanda. Para obtener las observaciones se usó la base de datos de hospitalización y se calculó el consumo diario por paciente. Luego se obtuvo el promedio semanal dividiendo todos los consumos diarios de una semana para el

número de pacientes durante la misma. En cada semana se colocó el valor calculado de la semana anterior. La ecuación para el cálculo del factor es la 3.3.

$$c_t = \frac{\sum_{j=1}^m c_{(t-1)j}}{\sum_{j=1}^m n_{(t-1)j}} \quad (3.3)$$

Donde;

c_t : Consumo promedio diario por paciente del periodo t

$c_{(t-1)j}$: Consumo del día j en el período t-1. j: 1, 2,..., m

$n_{(t-1)j}$: Número de pacientes del día j en el período t-1. j: 1, 2,..., m

m : Número de días en el periodo t-1.

La relación entre este factor y el consumo de Cloruro se identificó porque existían semanas en que la temporada era baja pero existían consumos altos, y en la misma semana el consumo unitario por paciente había aumentado. Es decir, a pesar de estar en una temporada baja (poco número de pacientes) el consumo de cada uno aumentaba y esto elevaba el consumo general. También se explicaba este fenómeno en caso de disminución de consumo en una temporada alta.

3.1.1.2. Modelo de Regresión

Luego de escoger los factores se obtuvo el modelo de regresión final que se muestra a continuación:

Tabla 17: Estadísticas de la regresión

Estadísticas de la regresión					
Coefficiente de correlación múltiple	0,90				
Coefficiente de determinación R²	0,80				
R² ajustado	0,79				
Error típico	81,48				
Observaciones	119				
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>

Regresión	4,00		764.114,52		
		3.056.458,08		115,09	0,00
Residuos	114,00	756.887,67	6.639,37		
Total	118,00	3.813.345,75			
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	
Intercepción	120,15	65,34	1,84	0,07	
Media móvil ponderada	0,80		15,88	0,00	
		0,05			
Temporada	47,41		5,44	0,00	
		8,71			
Días de estadía promedio por paciente	73,13		3,35	0,00	
		21,80			
Consumo promedio diario por paciente	- 76,28		- 2,67	0,01	
		28,59			

Como se observa en la Tabla 17 se obtuvo un coeficiente de determinación R^2 de 0,79. Esto indica que el modelo captura el 79% de la variación de la variable de respuesta (consumo de Cloruro de Sodio).

Del análisis de varianza se analiza el valor F, el cuál debe ser mayor al valor crítico para rechazar H_0 donde:

H_0 : La variable de respuesta no está vinculada con los factores.

Vs.

H_1 : La variable de respuesta está vinculada con los factores.

Con un valor F de 115,09 existe suficiente prueba estadística para rechazar H_0 , es decir que los factores determinados si influyen en la variable de respuesta.

Finalmente se obtiene un modelo de la forma:

$$C_{t+1} = 120,15 + \bar{x}_t * 0,8 + t_t * 47,71 + e_t * 73,13 - c_t * 76,28$$

Donde;

C_{t+1} : Pronóstico del consumo del periodo t.

\bar{x}_t : Media ponderada del periodo t.

t_t : Temporada del periodo t.

e_t : Días de estadía promedio del periodo t.

c_t : Consumo promedio diario por paciente del periodo t.

3.1.2. Presentación de resultados

Con este modelo se calculó el pronóstico para todos los datos de consumo desde mediados del 2013 y se calcularon las medidas del error respectivas. En la Tabla 18 se muestra el pronóstico de los dos últimos meses (semana 40 a 48). Cabe recalcar que para la elaboración del modelo se consideraron datos hasta Octubre (semana 44) y los últimos 4 datos (Noviembre) se pronosticaron en base al modelo ya elaborado.

Tabla 18: Pronóstico de consumo octubre -noviembre 2015

Variable de respuesta	Factores				
Consumo real	\bar{x}_t	t_t	e_t	c_t	Pronóstico
757	835,50	0	1,90	1,77	790
879	763,50	0	2,17	1,89	742
847	863,00	0	2,15	2,02	810
726	841,20	0	2,11	2,12	783
656	753,40	0	1,86	1,97	706
381	682,10	0	1,93	2,03	650
489	443,00	0	2,36	1,55	527
551	494,90	0	2,10	1,38	563
527	527,80	0	2,14	1,47	585

Se calcularon las medidas del error para todos pronosticados los periodos y en la Tabla 19 se muestran las medidas del error de las últimas ocho semanas.

Tabla 19: Medidas del error del pronóstico de consumo octubre -noviembre 2015

Error	Error absoluto	MAD	Error cuadrático	MSE	Porcentaje absoluto de error	MAPE	TS
269	269	64,23	72.284,79	6.909,77	71%	13%	4,11
38	38	64,01	1.456,11	6.864,70	8%	13%	4,72
12	12	63,58	133,58	6.809,53	2%	13%	4,94
58	58	63,53	3.320,49	6.781,16	11%	13%	5,85

Dentro de los errores de las semanas de la 40 a la 48 se observan 2 errores que se pueden considerar altos (>100) pero así mismo otros que se ajustan muy bien al consumo real.

3.2. MODELO DE INVENTARIO

3.2.1. Presentación de los modelos

Con la metodología explicada en el capítulo 2, se procedió a calcular los parámetros necesarios para la simulación de las tres políticas escogidas, los valores calculados se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20: Definición de las políticas de inventario a evaluar

Sistema de control	Política de inventario	Parámetros				
Revisión continua	PRO,Q	PRO	159 unidades	Q	222 unidades	
	PRO,M	PRO	159 unidades	M	382 unidades	
Revisión periódica	T,M	T	3 días	M	517 unidades	

Con los datos de entrada de la Tabla 20, se procede a realizar la simulación en Excel de las tres políticas para el mismo periodo de tiempo (44 semanas) partiendo de un inventario inicial de 411 sueros.

3.2.2. Presentación de resultados

Los resultados obtenidos de la simulación, corresponden a un kardex con 308 transacciones (1 por día) por cada política. En las Tablas 21, 22 y 23 se muestran los datos solo de la última semana de simulación, con el fin de evidenciar las diferencias obtenidas.

Tabla 21: Resultados última semana de simulación de política (T,M)

CONSUMO ALEATORIO	INVENTARIO INICIAL	INVENTARIO FINAL	ESCASEZ	¿REALIZAR PEDIDO?	Q	DÍA
106	162	55	0	SI	461,71	Lunes
100	517	417	0	NO	-	Martes
132	417	285	0	NO	-	Miércoles
112	285	173	0	SI	343,95	Jueves
102	517	415	0	NO	-	Viernes
74	415	342	0	NO	-	Sábado
104	342	238	0	NO	-	Domingo

Tabla 22: Resultados última semana de simulación de política (PRO,Q)

CONSUMO ALEATORIO	INVENTARIO INICIAL	INVENTARIO FINAL	ESCASEZ	¿REALIZAR PEDIDO?	Q	DÍA
106	45	0	61	SI	222,00	Lunes
100	222	122	0	SI	222,00	Martes
132	344	212	0	NO		Miércoles
112	212	100	0	SI	222,00	Jueves
102	322	220	0	NO		Viernes
74	220	147	0	NO		Sábado
104	147	43	0	NO		Domingo

Tabla 23: Resultados última semana de simulación de política (PRO,M)

CONSUMO ALEATORIO	INVENTARIO INICIAL	INVENTARIO FINAL	ESCASEZ	¿REALIZAR PEDIDO?	Q	DÍA
106	27	0	79	SI	382,00	Lunes
100	382	282	0	NO		Martes
132	282	150	0	SI	232,11	Miércoles
112	382	270	0	NO		Jueves
102	270	168	0	NO		Viernes
74	168	95	0	NO		Sábado
104	95	0	9	NO		Domingo

Se observa que en las dos políticas de revisión continua hay días con escasez del producto, estos días son siempre lunes o domingo. Esto se debe a la restricción de no poder colocar un pedido durante un fin de semana. La consecuencia es que si se llega al punto de reorden en un día sábado o domingo el pedido se realiza el día lunes, pero se recibe el martes. Por tanto la política debería ser lo suficientemente sensible para abastecer la farmacia durante los fines de semana.

En este caso se observa que las políticas de revisión continua no son capaces de garantizar disponibilidad en estos casos. Durante la simulación se observó que se llegaba al punto de reorden en fin de semana 61 veces en la política PRO,Q y 55 veces en la política PRO,M. En la Tabla 24 se observa el número de veces que se produjo escasez y cantidad promedio de faltantes en cada ocasión.

Tabla 24: Estadísticas de faltantes por cada política

Política	Número de días con escasez	Promedio de unidades faltantes por ocasión
PRO,Q	36	46
PRO,M	63	29
T,M	0	0

Para la selección de la política se tomó como criterio de evaluación el costo total obtenido con cada política. Los resultados se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25: Resultados de la simulación

Indicadores	Políticas de inventario		
	PRO,Q	PRO,M	T,M
Número de pedidos	127	89	88
Inventario promedio	136,43	161,20	291,81
Cantidad de faltantes	1847	1650	0
Costo total	\$ 835,49	\$ 755,04	\$ 125,52
Costo de adquisición	\$ 29,21	\$ 20,47	\$ 20,24
Costo de mantener inventario	\$ 49,22	\$ 58,16	\$ 105,28
Costo por faltantes	\$ 757,06	\$ 676,40	\$ 0

De la Tabla 25, se observa que de las tres políticas evaluadas la que genera el menor costo al Hospital es la de revisión periódica. Esto se debe principalmente al costo generado por las unidades faltantes, debido a que este factor no es considerado en el modelo matemático solo se puede evaluar su efecto con la simulación.

En el caso del Cloruro de Sodio de 1.000ml, este factor resultó ser determinante ya que al tener una alta demanda los sistemas de revisión continua utilizados (PRO,Q y

PRO,M) no fueron lo suficientemente sensibles para cubrir los cambios en la demanda. Eso se evidencia con la alta cantidad de faltantes estimados en el periodo de 44 semanas, que conlleva a un alto costo.

Por ende, se decide escoger el modelo de revisión periódica, ya que genera el menor costo y no genera unidades faltantes.

La definición de la política sería por ende:

“Pedir los días Lunes y Jueves la cantidad faltante para completar 517 unidades.”

Nótese que se definen los días Lunes y Jueves, debido a que el tiempo de revisión es de 3 días y se debería pedir en una semana cualquiera el día Lunes, Jueves y Domingo, pero al no poder realizar el pedido del día domingo este pasaría al día Lunes, y se repetiría el ciclo.

3.2.3. Análisis de resultados

Esta sección incluye el análisis de los resultados obtenidos luego de la implementación de la política escogida de revisión periódica. El propósito de este capítulo es comparar y evidenciar la mejoría de los indicadores de gestión de inventario respecto a la situación inicial.

Los indicadores usados para el análisis de resultados son:

- Porcentaje de exceso de inventario
- Unidades de exceso de inventario
- Inventario promedio
- Nivel de servicio
- Costo total:
 - Costo de adquisición
 - Costo de manejo de inventario
 - Costo de faltantes

Se realiza la comparación tanto con los indicadores resultantes de la implementación real de una semana, como con los resultantes de la estimación proyectada a un año con la simulación.

Para realizar la comparación de los indicadores de la política actual versus la propuesta, se calculó tanto la diferencia porcentual como la absoluta. La diferencia porcentual se obtuvo mediante la ecuación 3.4 y la absoluta como una resta entre ambos indicadores.

$$\text{Diferencia \% entre indicadores} = \frac{\text{Indicador propuesto} - \text{Indicador actual}}{\text{Indicador actual}} \quad (3.4)$$

El capítulo incluye también la evaluación de los métodos de control definidos, en función de la aceptación que estos tuvieron durante la implementación.

3.2.3.1. Evaluación de resultados a corto plazo

La evaluación de resultados a corto plazo, se realiza con el fin de verificar la mejoría de los indicadores actuales considerando el consumo real durante una semana. Debido al corto tiempo de implementación solo fue posible evaluar el nivel de inventario, ya que los demás indicadores necesitan evaluarse en un periodo de tiempo igual al calculado inicialmente para poder ser compararlos.

Durante la semana de implementación se midió el nivel de inventario promedio, este resultó ser 377 unidades, es decir, 8% menor al medido inicialmente de 411,78 unidades. Considerando el corto plazo de la implementación, se considera que estos resultados son aceptables.

Otro aspecto a recalcar es que no existieron faltantes durante la semana de implementación a pesar de la disminución del inventario.

3.2.3.2. Evaluación de resultados a largo plazo

Para la evaluación de resultados a largo plazo se usaron los datos obtenidos de la simulación realizada con la política propuesta con proyecciones de la demanda a 44 semanas, estos resultados se muestran en el Apéndice B. Se calcularon los indicadores de evaluación y se los comparó con los datos de la política actual.

En la Tabla 26 se muestran los datos y las diferencias porcentuales y absolutas de ambas políticas. Se observa una mejoría (disminución) de todos los indicadores excepto del nivel de servicio el cual se mantiene igual. Es decir que la política es capaz de reducir costos manteniendo el nivel de servicio deseado para el producto.

Tabla 26: Comparación de resultados a largo plazo con política de revisión periódica T,M

Indicador	Diferencia			
	Actual	Propuesto	Porcentual	Absoluta
Porcentaje de exceso de inventario (%)	251%	123%		-128%
Unidades de exceso de inventario (unidades)	290	159	-45,17%	-131
Inventario promedio (unidades)	411,78	292	-29,08%	-120
Nivel de servicio (%)	98,9%	99,5%	-	0,6%
Costo total (\$/año)	169,86	125,52	-26,10%	-44,33
Costo de Adquisición(\$/año)	18,40	20,24	10,00%	1,84
Costo de manejo de inventario (\$/año)	148,57	105,28	-29,13%	-43,29
Costo de faltantes (\$/año)	2,89	0	-100%	-2,89

Se observa que el ahorro más significativo se da debido a la disminución del inventario promedio en 120 unidades es decir el 29%, lo que genera una disminución del 29% en costos de manejo y el 26% en costos totales.

Otro aspecto relevante es la disminución del exceso de inventario, indicador definido como variable de respuesta del proyecto, ya que no solo mide el inventario promedio sino que compara este nivel de inventario con respecto a la demanda.

Al inicio del proyecto se encontró una diferencia de 290 unidades entre el inventario promedio y el consumo máximo esperado diario. Luego de la proyección a largo plazo de la política se obtiene que se puede lograr una disminución de 131 unidades en este indicador, garantizado aún el nivel de servicio de 99,5%, es decir el nivel mínimo de faltantes, tal como lo requiere la gerencia. Así, la variable de respuesta fue reducida en 51% en términos porcentuales y 45% en términos absolutos.

La Figura 3.1 muestra de forma gráfica los beneficios obtenidos con la política. En la misma se observa otro factor no considerado anteriormente, este es la disminución de la variabilidad de inventario.

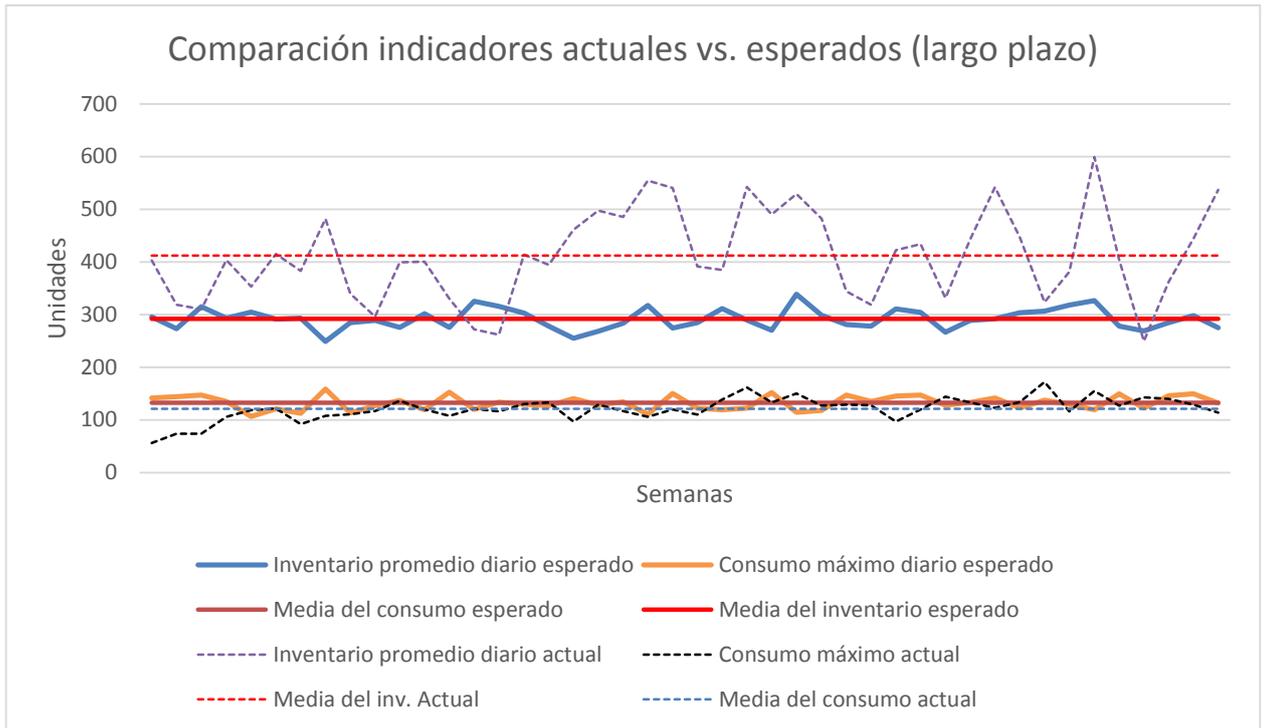


Figura 3.1: Comparación de resultados a largo plazo

Las líneas punteadas muestran los indicadores actuales y las líneas continuas los esperados. No se observa mayor cambios en la demanda máxima esperada, pero si en el inventario promedio. Se observa que la media del inventario promedio diario disminuye de 411 a 291, es decir 120 unidades. Se espera también tener un inventario más estable con la implementación de la política, tal como se muestra en la Figura.

3.2.3.3. Evaluación de medidas de control

El instructivo visual para realizar los pedidos fue entendido sin mayor problema por la responsable del proceso. Durante la implementación realizó dos pedidos uno con ayuda del instructivo y el otro por sí sola, ambos los realizó correctamente. En el Apéndice C se muestran las fotografías de la Jefa de farmacia recibiendo la inducción del proceso para realizar pedidos. Además se realizó un formato de registro de pedidos para que el Asistente de procesos y normalización pueda llevar el control del proceso, ya que este debe contener la firma del mismo. Este formato es provisional hasta que la verificación se pueda realizar de forma automática en el sistema informático del hospital. El formato del instructivo y la hoja de registro se muestran en el Apéndice D, ambos documentos fueron entregados y firmados por los responsables del proceso, Jefa de Farmacia y Asistente de procesos y normalización.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con el diseño de un modelo de inventario de revisión periódica con $T=3$ y $M=517$ unidades, simulado a 44 semanas:

1. Se redujo las unidades de exceso de inventario promedio de 290 a 159, esto representa una disminución del 45% en esta variable.
2. Se redujeron los costos totales asociados al abastecimiento del Cloruro de Sodio de 1.000ml en un 26%, siendo inicialmente \$169,86 se logró reducir a \$125,52. Con esto se genera un ahorro potencial de \$44,33 en el periodo simulado.
3. Se redujo el costo de manejo de inventario de \$148,57 a \$105,28 esto representa una disminución del 29% (\$43,29).
4. Se disminuye el inventario promedio en un 29%, es decir, 120 unidades. Además, se logró reducir la variación del inventario promedio de 86 a 19 unidades, es decir 77%.
5. Se aumentó el nivel de servicio esperado (0,06%), esto implica, que a pesar de la disminución del inventario se garantiza la disponibilidad del producto. Con esto se cumple uno de los principales requisitos de la gerencia.

Con el modelo de inventario implementado durante una semana en el Hospital:

6. Se redujo el inventario promedio a 377 unidades, lo que representa un 8% menos.
7. Se mantuvo el nivel de faltantes en 0 unidades.

Con el modelo de pronóstico de la demanda:

8. Se pronosticó la demanda del mes de Noviembre del 2015, obteniendo un MAD de 63 unidades y un MAPE de 13%. Lo que indica una variación porcentual media del 13% del pronóstico respecto al consumo real, en términos absolutos el desfase es de 63 unidades.

Recomendaciones

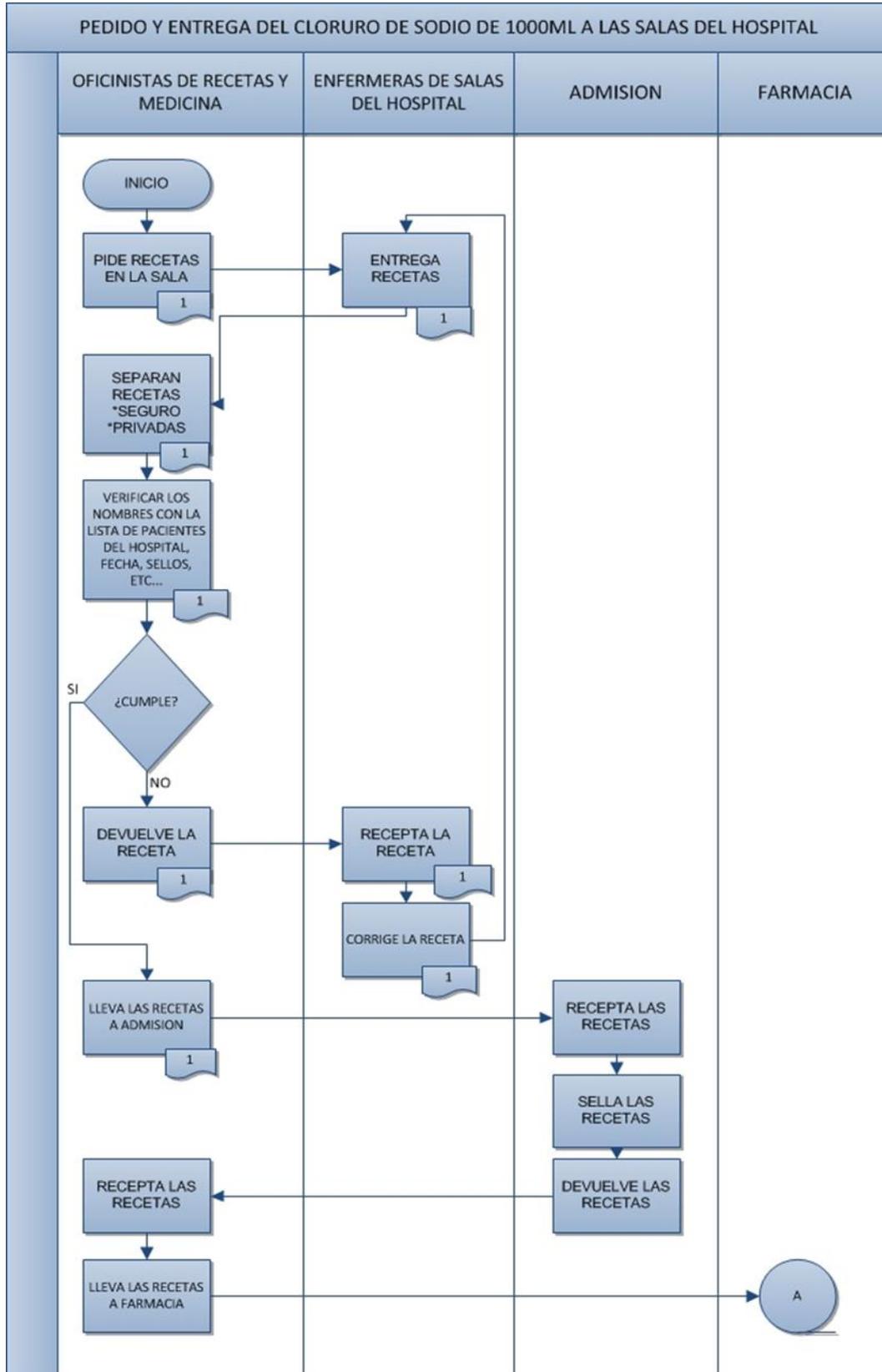
1. En el corto plazo, controlar el cumplimiento de la política establecida a través del registro propuesto. Posteriormente, se recomienda establecer un método de control automático mediante el cruce de información entre los sistemas informáticos del Hospital. De esta forma la persona encargada de controlar el proceso podrá tener acceso al kardex donde se registran los ingresos de pedidos y verificar que se realizan en la fecha y cantidad establecida.
2. Establecer una frecuencia o método de revisión de la política para identificar cambios significativos en la demanda que puedan ocasionar nuevos problemas con el inventario como faltantes o nuevos niveles de exceso.
3. Realizar un control periódico que garantice que el inventario en físico como en el sistema sean los mismos o con variaciones mínimas.
4. Unificar el proceso de abastecimiento desde una sola dependencia para evitar el manejo de ítems iguales bajo diferentes códigos y obtener los consumos totales de cada ítem. O en su defecto, unificar el sistema informático usado en cada dependencia.
5. Incluir en el sistema informático del hospital la opción del cálculo automático de los factores del modelo de pronóstico para hacer uso directamente de la ecuación en caso de requerir ajustar la política debido a cambios en la demanda. Para esto deben unificarse en una sola base de datos los consumos y datos de hospitalización (días de estadía) por paciente.
6. Continuar con el establecimiento de políticas de inventario para el resto de medicamentos manejados por el hospital.
7. Revisar el modelo de inventario en caso de cambios en la demanda, costos asociados y tiempo de entrega por parte del proveedor.
8. Monitorear con MSE, MAD y TS el rendimiento del modelo de pronósticos.

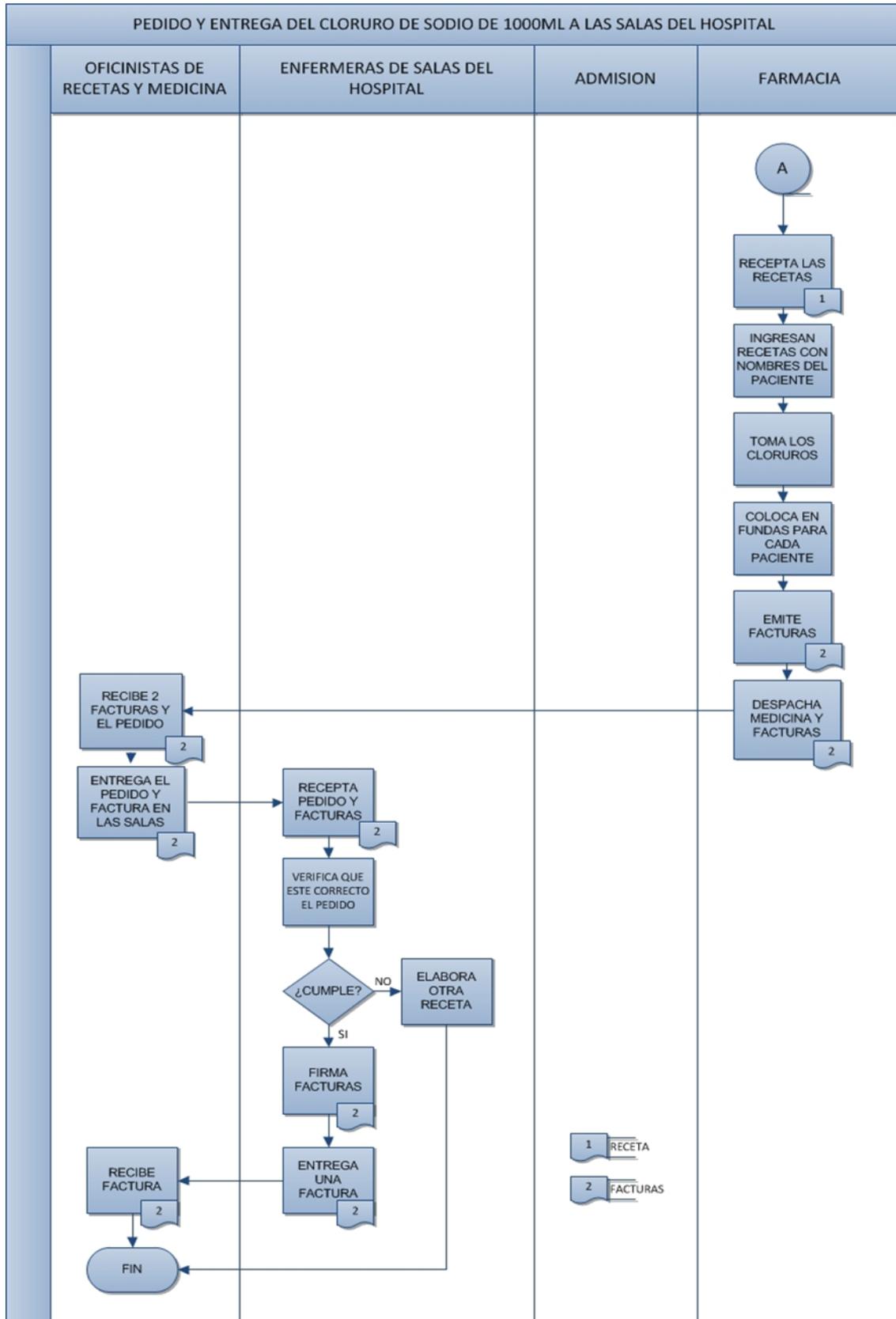
BIBLIOGRAFÍA

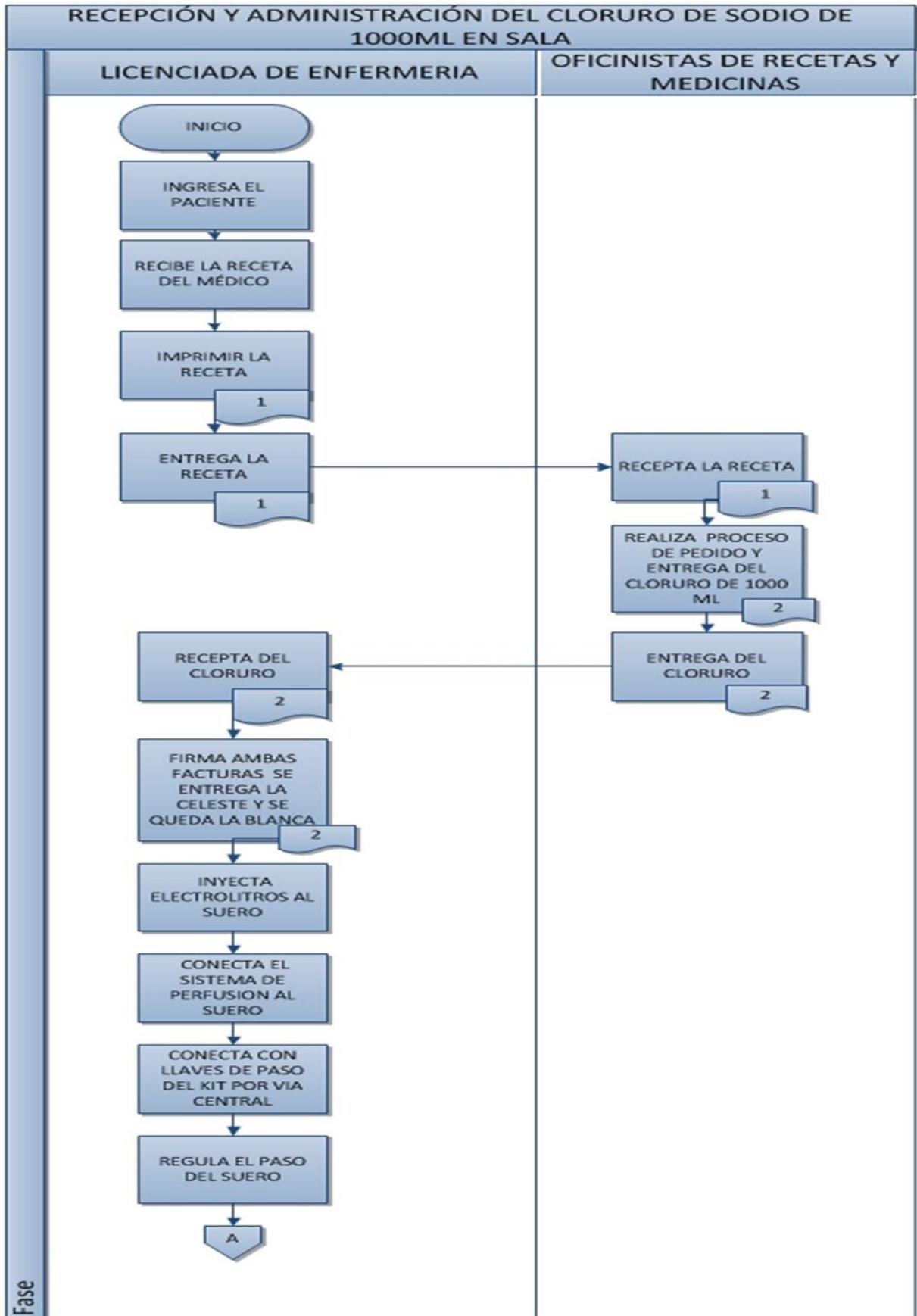
- [1] H. A. Taha, «Modelos determinísticos de inventarios,» de *Investigación de Operaciones*, Mexico, Pearson Educación, 2004, pp. 429-430.
- [2] M. Moya, «Clasificación de Materiales,» de *Investigación de Operaciones. Control de Inventarios y Teoría de Colas*, San José, Costa Rica, Universidad Estatal A Distancia, 1999, pp. 27-31.
- [3] R. Peterson, E. Silver y W. J. & Sons, *Decision System for Inventory Management and Production Planning*, Canada: Jhon Wiley & Sons Inc, 1979.
- [4] H. A. Taha, *Investigación de Operaciones*, Mexico: Pearson Education, 2004.
- [5] S. Chopra y P. Meindl, «Papel del Inventario de seguridad en la cadena de suministro,» de *Administración de la cadena de suministro*, Mexico, Pearson Educación, 2008, pp. 304-307.
- [6] S. Chopra y M. Peter, «Componentes de un pronóstico y métodos para pronosticar,» de *Administración de la cadena de suministro*, Mexico, Pearson Educación, 2008, p. 190.
- [7] J. Heizer y B. Render, «Descomposición de una serie de tiempo,» de *Principios de Administración de Operaciones*, Mexico, Pearson Educación, 2004, p. 108.
- [8] J. Heizer y B. Render, «Métodos Asociativos de pronóstico,» de *Principio de Administración de Operaciones*, Mexico, Pearson Educación, 2004, p. 125.
- [9] D. Levine, M. Berenson y T. Krehbiel, *Estadística para administración*, Mexico: Pearson Educación, 2006.
- [10] R. H. Ballou, *Logística Administración de la cadena de suministro*, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2004.

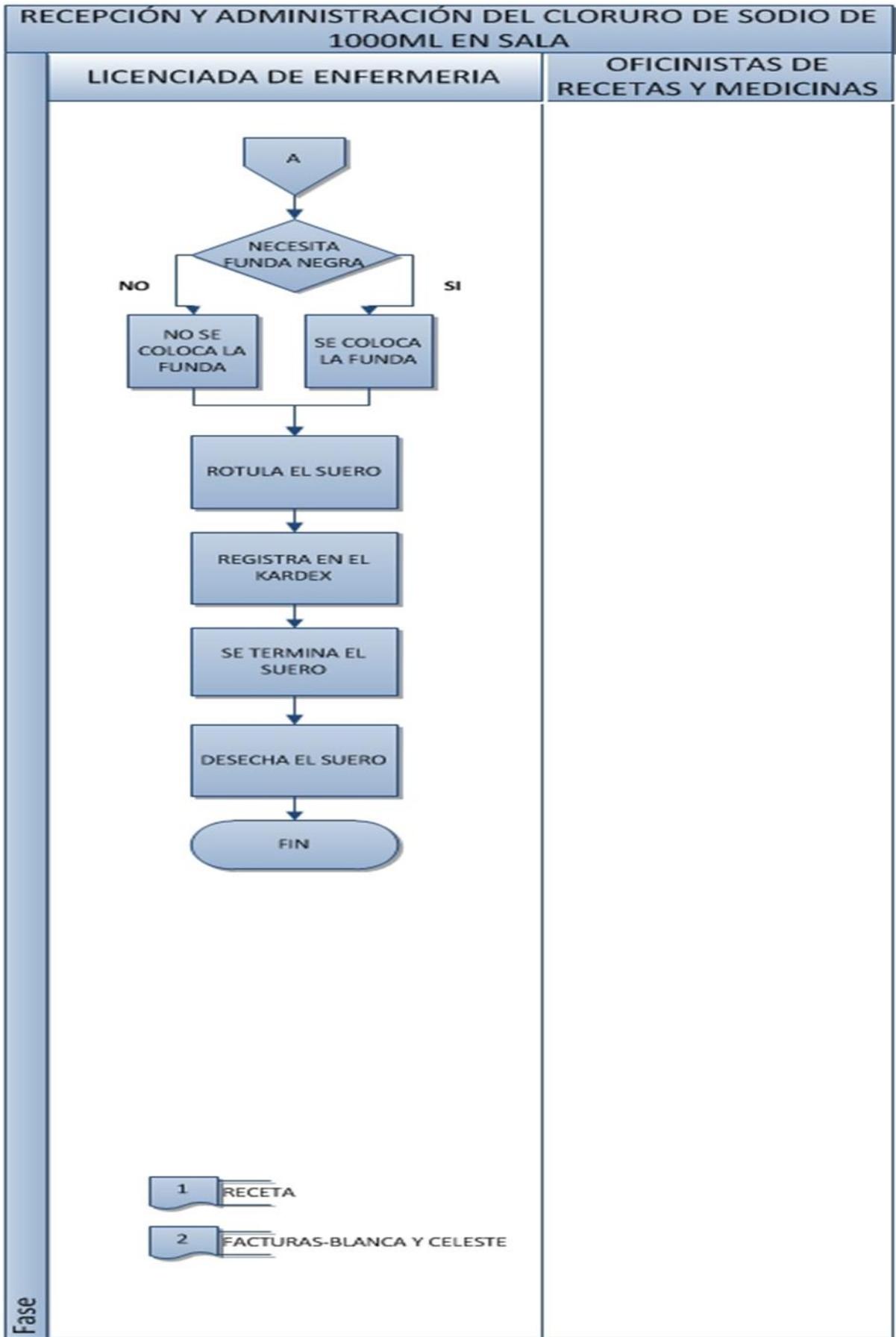
APÉNDICE A

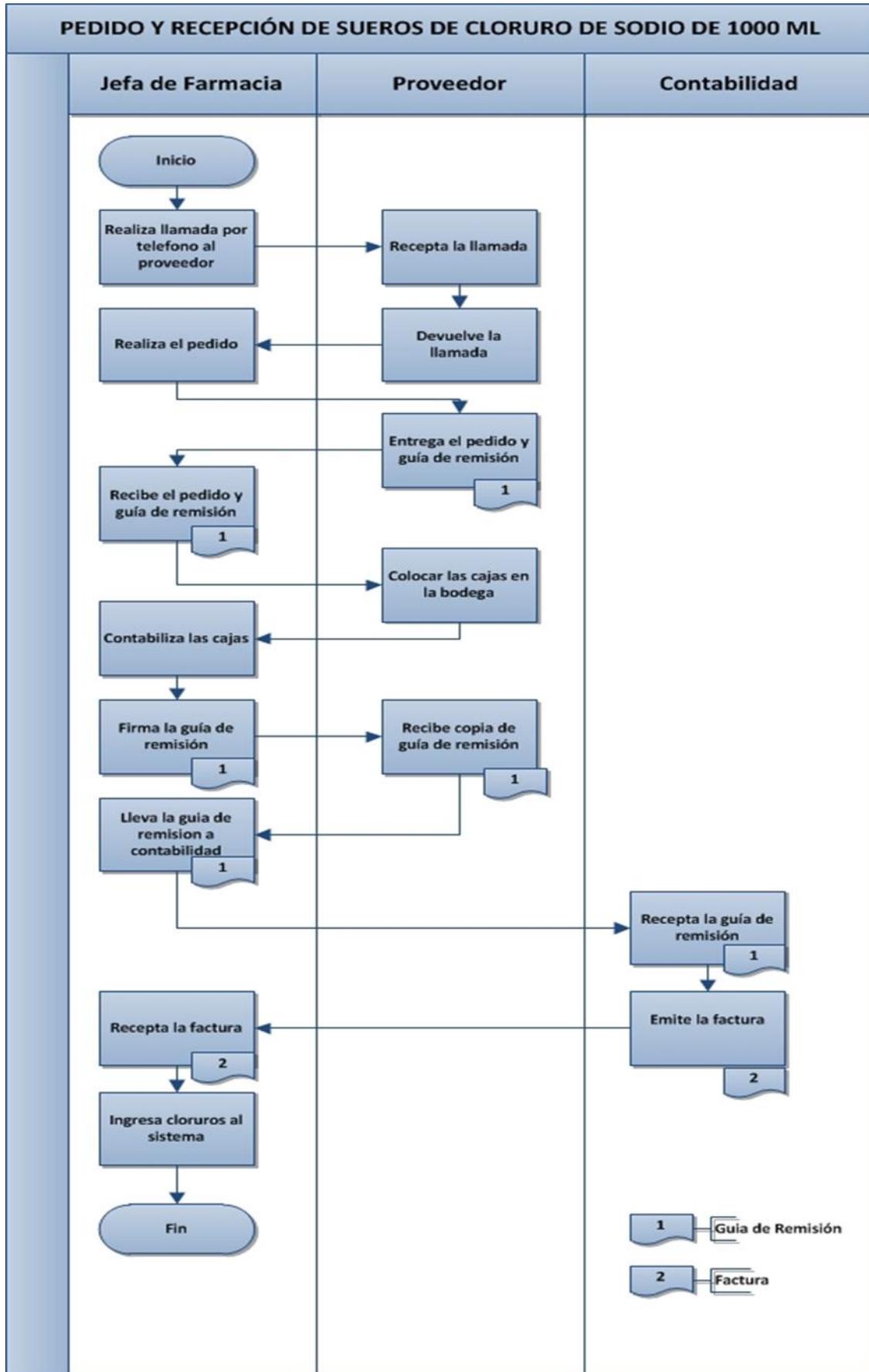
Diagramas de flujo de procesos

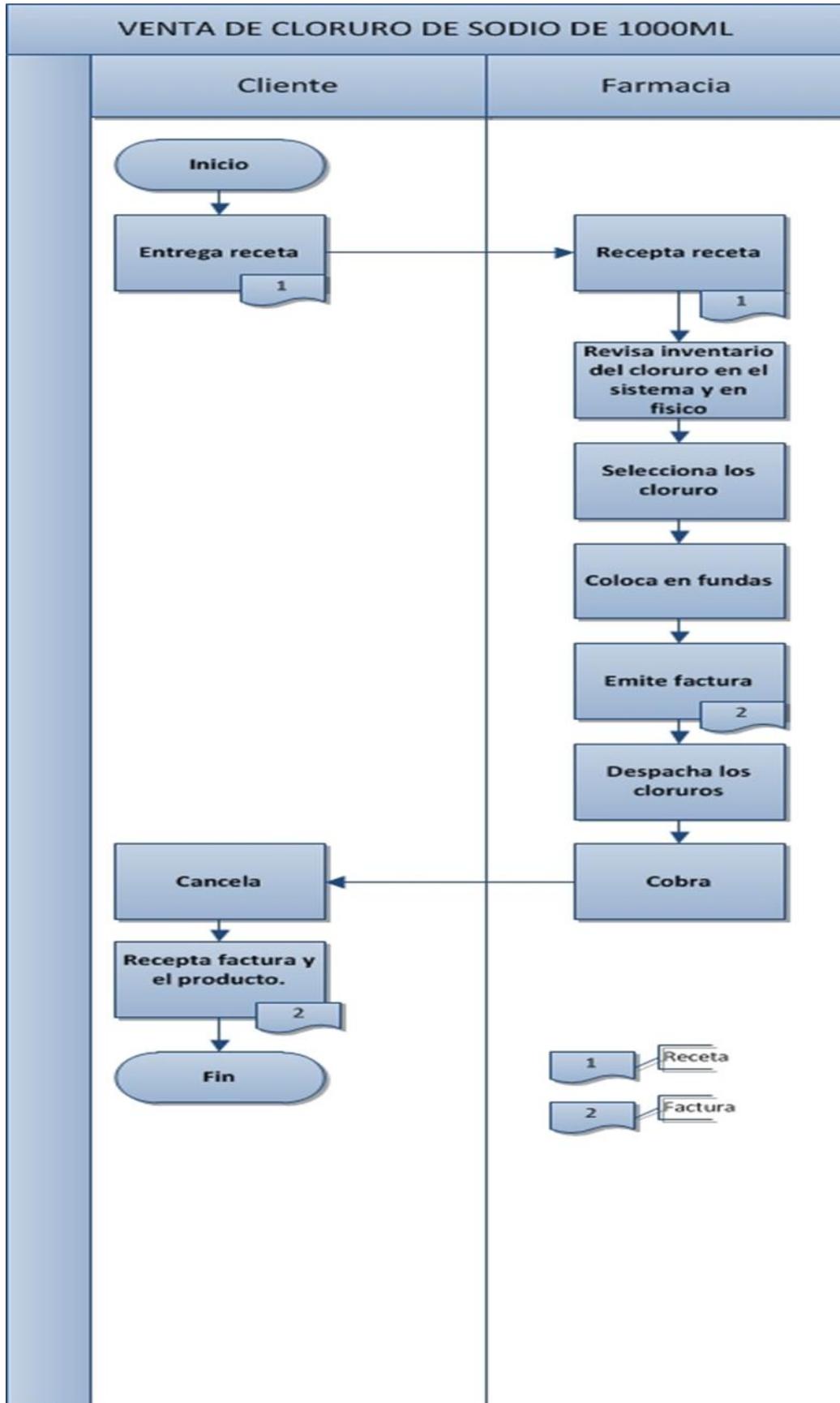


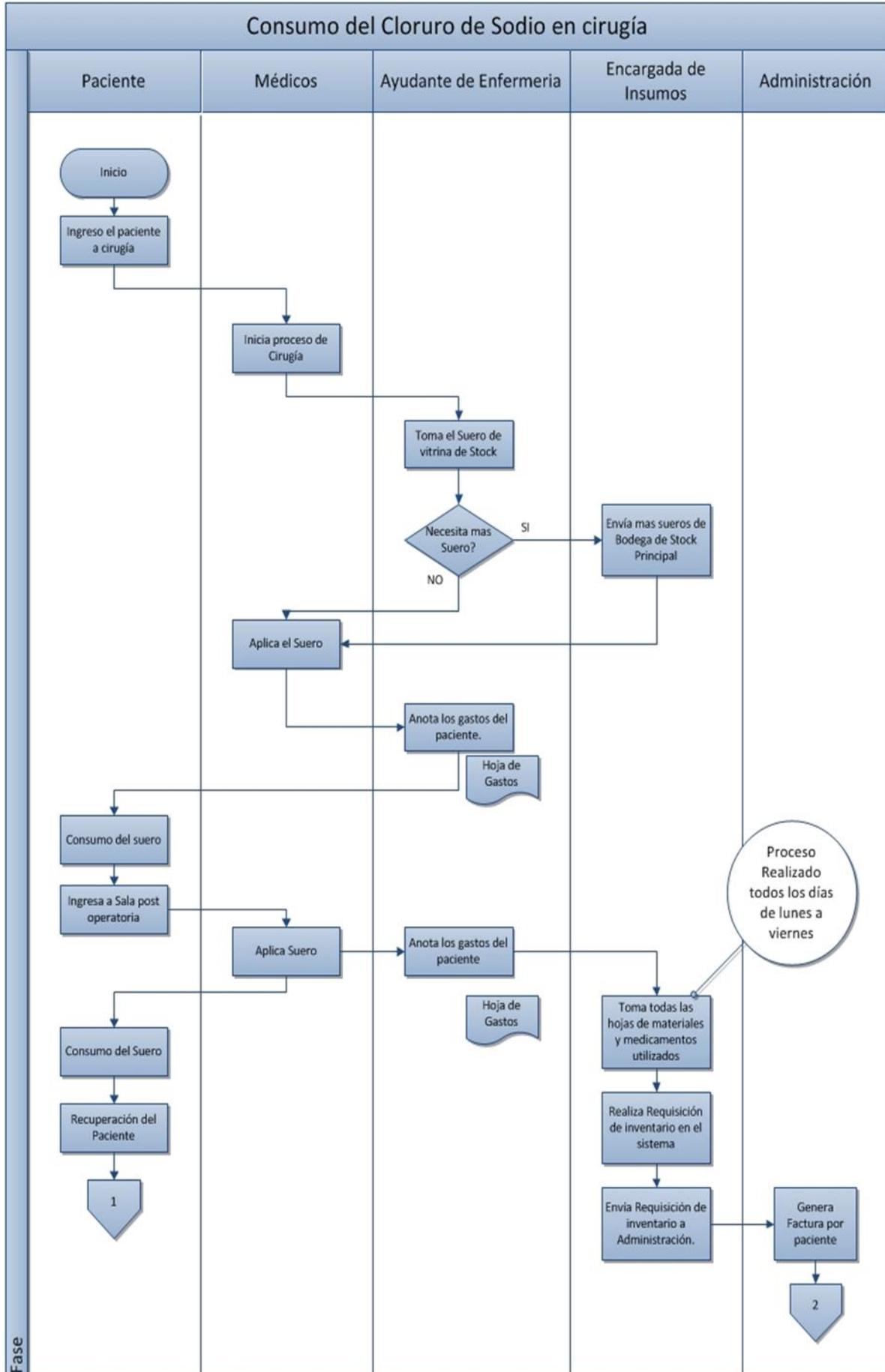


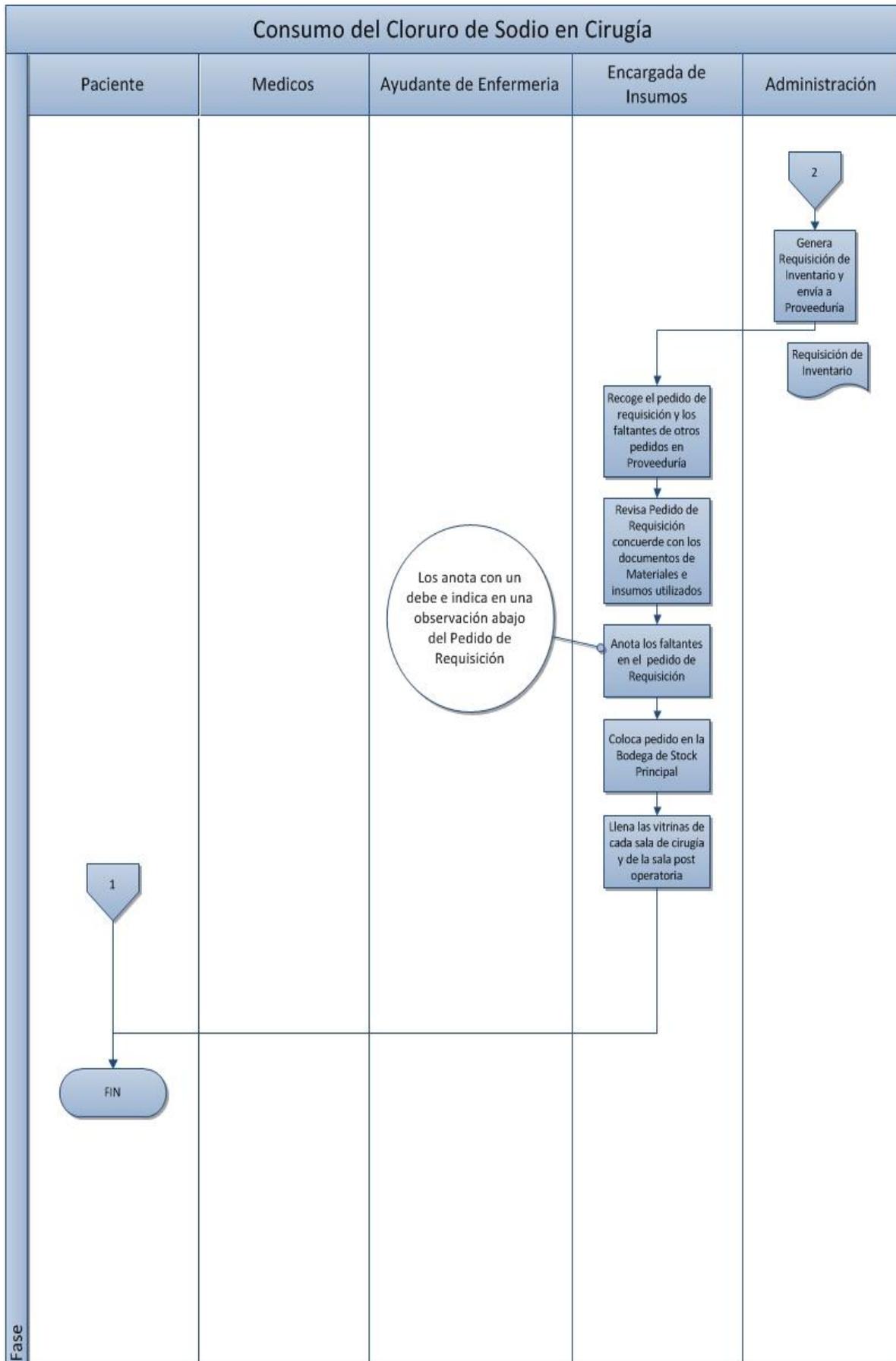












Fase

APÉNDICE B

Simulación en Excel

	M	517	T	3			
ALEATORIOS	NORMAL	INVENTARIO INICIAL	INVENTARIO FINAL	ESCASEZ	PERIÓDICA	Q	DÍA
0,7548	115	411	296	0	SI	221,31	0
0,9639	142	517	375	0	NO	-	1
0,2096	80	375	296	0	NO	-	2
0,6083	105	296	190	0	SI	326,80	3
0,3313	89	517	428	0	NO	-	4
0,8086	120	428	309	0	NO	-	5
0,9285	134	309	175	0	NO	-	6
0,9190	132	175	43	0	SI	474,08	7
0,8103	120	517	397	0	NO	-	8
0,1934	78	397	319	0	NO	-	9
0,9717	144	319	175	0	SI	342,39	10
0,3485	90	517	427	0	NO	-	11
0,3650	91	427	337	0	NO	-	12
0,8288	121	337	215	0	NO	-	13
0,1424	73	215	142	0	SI	375,26	14
0,9789	147	517	370	0	NO	-	15
0,0247	52	370	318	0	NO	-	16
0,7364	114	318	204	0	SI	313,34	17
0,0831	66	517	451	0	NO	-	18
0,0219	51	451	400	0	NO	-	19
0,2068	79	400	321	0	NO	-	20
0,2777	85	321	236	0	SI	281,21	21
0,4202	94	517	423	0	NO	-	22
0,3232	88	423	335	0	NO	-	23
0,8459	123	335	212	0	SI	305,23	24
0,8097	120	517	397	0	NO	-	25
0,9365	135	397	262	0	NO	-	26
0,1294	72	262	190	0	NO	-	27
0,0545	61	190	129	0	SI	387,78	28
0,1578	75	517	442	0	NO	-	29
0,6312	107	442	335	0	NO	-	30
0,4941	99	335	237	0	SI	280,44	31
0,5503	102	517	415	0	NO	-	32
0,4410	95	415	320	0	NO	-	33
0,0839	66	320	254	0	NO	-	34
0,5319	101	254	153	0	SI	364,17	35
0,8235	121	517	396	0	NO	-	36
0,0677	63	396	333	0	NO	-	37
0,5696	103	333	230	0	SI	287,43	38

0,8210	121	517	396	0	NO	-	39
0,3760	91	396	305	0	NO	-	40
0,1799	77	305	228	0	NO	-	41
0,7168	113	228	115	0	SI	401,80	42
0,3811	92	517	425	0	NO	-	43
0,2203	81	425	345	0	NO	-	44
0,6937	111	345	234	0	SI	283,20	45
0,6704	109	517	408	0	NO	-	46
0,6406	107	408	300	0	NO	-	47
0,1633	76	300	225	0	NO	-	48
0,7717	117	225	108	0	SI	409,03	49
0,6185	106	517	411	0	NO	-	50
0,9941	159	411	252	0	NO	-	51
0,5152	100	252	152	0	SI	364,66	52
0,8726	126	517	391	0	NO	-	53
0,7866	118	391	273	0	NO	-	54
0,7697	116	273	157	0	NO	-	55
0,2136	80	157	77	0	SI	440,25	56
0,7041	112	517	405	0	NO	-	57
0,5731	103	405	302	0	NO	-	58
0,2956	86	302	216	0	SI	301,07	59
0,1828	77	517	440	0	NO	-	60
0,7275	113	440	326	0	NO	-	61
0,5206	100	326	226	0	NO	-	62
0,6230	106	226	120	0	SI	397,17	63
0,8806	127	517	390	0	NO	-	64
0,2521	83	390	307	0	NO	-	65
0,2257	81	307	226	0	SI	290,91	66
0,6530	108	517	409	0	NO	-	67
0,2915	86	409	323	0	NO	-	68
0,1728	76	323	246	0	NO	-	69
0,3022	87	246	160	0	SI	357,14	70
0,9453	137	517	380	0	NO	-	71
0,8399	123	380	257	0	NO	-	72
0,3330	89	257	169	0	SI	348,18	73
0,3497	90	517	427	0	NO	-	74
0,6539	108	427	319	0	NO	-	75
0,5547	102	319	217	0	NO	-	76
0,5244	100	217	116	0	SI	400,56	77
0,0136	46	517	471	0	NO	-	78
0,7021	112	471	359	0	NO	-	79
0,2292	81	359	278	0	SI	239,15	80
0,8042	119	517	398	0	NO	-	81
0,4590	96	398	301	0	NO	-	82
0,7015	111	301	190	0	NO	-	83

0,2185	80	190	109	0	SI	407,61	84
0,9699	144	517	373	0	NO	-	85
0,9884	153	373	220	0	NO	-	86
0,1192	71	220	150	0	SI	367,40	87
0,2846	85	517	432	0	NO	-	88
0,1305	72	432	359	0	NO	-	89
0,1301	72	359	287	0	NO	-	90
0,3077	87	287	200	0	SI	316,57	91
0,0636	63	517	454	0	NO	-	92
0,1746	77	454	378	0	NO	-	93
0,8123	120	378	258	0	SI	259,23	94
0,4461	96	517	421	0	NO	-	95
0,4045	93	421	328	0	NO	-	96
0,3295	88	328	240	0	NO	-	97
0,9277	134	240	106	0	SI	410,84	98
0,1666	76	517	441	0	NO	-	99
0,2032	79	441	362	0	NO	-	100
0,6019	105	362	257	0	SI	260,07	101
0,2009	79	517	438	0	NO	-	102
0,1734	77	438	362	0	NO	-	103
0,7684	116	362	245	0	NO	-	104
0,0068	40	245	205	0	SI	312,02	105
0,3000	86	517	431	0	NO	-	106
0,1220	71	431	359	0	NO	-	107
0,3322	89	359	271	0	SI	246,19	108
0,9038	130	517	387	0	NO	-	109
0,5258	100	387	287	0	NO	-	110
0,5813	104	287	183	0	NO	-	111
0,8822	127	183	56	0	SI	461,25	112
0,2591	84	517	433	0	NO	-	113
0,8237	121	433	312	0	NO	-	114
0,8544	124	312	188	0	SI	328,55	115
0,2765	85	517	432	0	NO	-	116
0,6408	107	432	325	0	NO	-	117
0,8697	126	325	199	0	NO	-	118
0,8202	121	199	78	0	SI	438,62	119
0,7194	113	517	404	0	NO	-	120
0,7721	117	404	288	0	NO	-	121
0,0904	67	288	221	0	SI	296,42	122
0,9598	140	517	377	0	NO	-	123
0,9053	130	377	246	0	NO	-	124
0,1400	73	246	173	0	NO	-	125
0,7233	113	173	60	0	SI	456,81	126
0,8258	121	517	396	0	NO	-	127
0,7450	115	396	281	0	NO	-	128

0,6299	107	281	174	0	SI	342,58	129
0,1406	73	517	444	0	NO	-	130
0,8923	128	444	315	0	NO	-	131
0,6427	108	315	208	0	NO	-	132
0,9328	135	208	73	0	SI	443,75	133
0,5453	102	517	415	0	NO	-	134
0,4225	94	415	321	0	NO	-	135
0,8216	121	321	200	0	SI	316,68	136
0,2616	84	517	433	0	NO	-	137
0,7304	114	433	320	0	NO	-	138
0,4976	99	320	221	0	NO	-	139
0,5307	101	221	120	0	SI	396,72	140
0,0537	61	517	456	0	NO	-	141
0,1554	75	456	382	0	NO	-	142
0,6890	111	382	271	0	SI	246,01	143
0,2064	79	517	438	0	NO	-	144
0,6771	110	438	328	0	NO	-	145
0,5309	101	328	227	0	NO	-	146
0,6212	106	227	121	0	SI	396,24	147
0,5934	105	517	412	0	NO	-	148
0,9844	150	412	262	0	NO	-	149
0,7788	117	262	145	0	SI	371,85	150
0,1679	76	517	441	0	NO	-	151
0,8867	128	441	313	0	NO	-	152
0,2818	85	313	228	0	NO	-	153
0,4970	99	228	129	0	SI	387,56	154
0,7562	115	517	402	0	NO	-	155
0,8378	122	402	279	0	NO	-	156
0,6349	107	279	172	0	SI	344,86	157
0,2837	85	517	432	0	NO	-	158
0,8044	119	432	312	0	NO	-	159
0,0137	46	312	266	0	NO	-	160
0,4060	93	266	173	0	SI	344,28	161
0,8020	119	517	398	0	NO	-	162
0,1851	78	398	320	0	NO	-	163
0,1646	76	320	245	0	SI	272,37	164
0,0786	65	517	452	0	NO	-	165
0,6497	108	452	344	0	NO	-	166
0,4321	95	344	249	0	NO	-	167
0,4922	98	249	150	0	SI	366,57	168
0,6645	109	517	408	0	NO	-	169
0,3804	92	408	316	0	NO	-	170
0,0542	61	316	256	0	SI	261,36	171
0,7150	112	517	405	0	NO	-	172
0,8362	122	405	282	0	NO	-	173

0,1436	74	282	209	0	NO	-	174
0,9873	152	209	57	0	SI	460,26	175
0,9402	136	517	381	0	NO	-	176
0,2902	86	381	295	0	NO	-	177
0,0414	58	295	238	0	SI	279,32	178
0,8844	127	517	390	0	NO	-	179
0,2975	86	390	303	0	NO	-	180
0,1760	77	303	227	0	NO	-	181
0,2865	85	227	141	0	SI	375,89	182
0,0080	42	517	475	0	NO	-	183
0,1253	72	475	404	0	NO	-	184
0,1428	73	404	330	0	SI	186,62	185
0,7416	114	517	403	0	NO	-	186
0,0185	49	403	353	0	NO	-	187
0,3207	88	353	266	0	NO	-	188
0,7875	118	266	148	0	SI	369,32	189
0,3195	88	517	429	0	NO	-	190
0,1513	74	429	355	0	NO	-	191
0,6092	105	355	249	0	SI	267,61	192
0,6268	107	517	410	0	NO	-	193
0,6771	110	410	301	0	NO	-	194
0,5352	101	301	200	0	NO	-	195
0,3627	91	200	109	0	SI	407,97	196
0,2923	86	517	431	0	NO	-	197
0,6734	110	431	322	0	NO	-	198
0,9788	147	322	174	0	SI	342,66	199
0,4369	95	517	422	0	NO	-	200
0,8715	126	422	296	0	NO	-	201
0,2132	80	296	216	0	NO	-	202
0,1291	72	216	144	0	SI	372,97	203
0,8455	123	517	394	0	NO	-	204
0,7270	113	394	281	0	NO	-	205
0,6523	108	281	172	0	SI	344,58	206
0,4238	94	517	423	0	NO	-	207
0,3217	88	423	335	0	NO	-	208
0,9358	135	335	200	0	NO	-	209
0,4243	94	200	105	0	SI	411,66	210
0,0965	68	517	449	0	NO	-	211
0,9749	145	449	304	0	NO	-	212
0,3506	90	304	214	0	SI	303,19	213
0,3941	93	517	424	0	NO	-	214
0,1083	70	424	355	0	NO	-	215
0,0020	30	355	325	0	NO	-	216
0,0652	63	325	262	0	SI	255,29	217
0,3431	89	517	428	0	NO	-	218

0,0028	33	428	395	0	NO	-	219
0,7720	117	395	278	0	SI	239,02	220
0,9785	147	517	370	0	NO	-	221
0,6278	107	370	263	0	NO	-	222
0,9070	130	263	133	0	NO	-	223
0,2621	84	133	49	0	SI	467,80	224
0,7198	113	517	404	0	NO	-	225
0,6830	110	404	294	0	NO	-	226
0,2129	80	294	214	0	SI	302,94	227
0,8891	128	517	389	0	NO	-	228
0,1594	75	389	314	0	NO	-	229
0,6885	111	314	203	0	NO	-	230
0,0785	65	203	138	0	SI	378,97	231
0,6510	108	517	409	0	NO	-	232
0,9261	133	409	276	0	NO	-	233
0,2071	79	276	196	0	SI	320,94	234
0,5055	99	517	418	0	NO	-	235
0,4819	98	418	320	0	NO	-	236
0,0244	52	320	268	0	NO	-	237
0,3237	88	268	180	0	SI	337,10	238
0,1643	76	517	441	0	NO	-	239
0,9643	142	441	300	0	NO	-	240
0,6809	110	300	189	0	SI	327,55	241
0,8484	123	517	394	0	NO	-	242
0,3891	92	394	301	0	NO	-	243
0,0626	62	301	239	0	NO	-	244
0,8413	123	239	116	0	SI	400,71	245
0,5515	102	517	415	0	NO	-	246
0,1534	75	415	340	0	NO	-	247
0,0773	65	340	275	0	SI	241,60	248
0,6584	109	517	408	0	NO	-	249
0,1875	78	408	331	0	NO	-	250
0,3677	91	331	240	0	NO	-	251
0,4251	94	240	145	0	SI	371,67	252
0,8526	124	517	393	0	NO	-	253
0,9464	137	393	256	0	NO	-	254
0,6059	105	256	151	0	SI	366,33	255
0,0012	26	517	491	0	NO	-	256
0,2509	83	491	408	0	NO	-	257
0,6244	106	408	301	0	NO	-	258
0,9023	130	301	171	0	SI	345,52	259
0,3742	91	517	426	0	NO	-	260
0,1366	73	426	353	0	NO	-	261
0,1954	78	353	274	0	SI	242,58	262
0,5231	100	517	417	0	NO	-	263

0,5852	104	417	313	0	NO	-	264
0,0078	41	313	271	0	NO	-	265
0,1677	76	271	195	0	SI	321,71	266
0,1996	79	517	438	0	NO	-	267
0,0523	60	438	378	0	NO	-	268
0,8062	119	378	258	0	SI	258,58	269
0,3719	91	517	426	0	NO	-	270
0,1910	78	426	348	0	NO	-	271
0,5807	104	348	244	0	NO	-	272
0,7917	118	244	126	0	SI	391,20	273
0,6848	110	517	407	0	NO	-	274
0,0513	60	407	347	0	NO	-	275
0,9835	150	347	197	0	SI	320,04	276
0,8727	126	517	391	0	NO	-	277
0,4379	95	391	296	0	NO	-	278
0,7108	112	296	184	0	NO	-	279
0,7770	117	184	67	0	SI	450,34	280
0,5864	104	517	413	0	NO	-	281
0,3381	89	413	324	0	NO	-	282
0,4327	95	324	229	0	SI	287,92	283
0,8354	122	517	395	0	NO	-	284
0,7149	112	395	282	0	NO	-	285
0,6609	109	282	174	0	NO	-	286
0,6376	107	174	66	0	SI	450,57	287
0,3837	92	517	425	0	NO	-	288
0,9764	146	425	279	0	NO	-	289
0,7273	113	279	166	0	SI	351,26	290
0,6564	108	517	409	0	NO	-	291
0,1112	70	409	339	0	NO	-	292
0,0018	29	339	309	0	NO	-	293
0,8121	120	309	189	0	SI	327,82	294
0,2314	81	517	436	0	NO	-	295
0,8662	125	436	310	0	NO	-	296
0,0451	59	310	252	0	SI	265,29	297
0,3381	89	517	428	0	NO	-	298
0,7763	117	428	311	0	NO	-	299
0,9831	149	311	162	0	NO	-	300
0,6231	106	162	55	0	SI	461,71	301
0,5165	100	517	417	0	NO	-	302
0,9193	132	417	285	0	NO	-	303
0,7069	112	285	173	0	SI	343,95	304
0,5496	102	517	415	0	NO	-	305
0,1439	74	415	342	0	NO	-	306
0,5812	104	342	238	0	NO	-	307

APÉNDICE C

Fotos de Sociabilización de las Medidas de Control



Explicación a la Jefa de farmacia, acerca de las medidas de control.



Explicación al Gerente del Hospital, acerca de las medidas de control.

APÉNDICE D

Instructivo visual y Formato de registro de pedidos

Manera Correcta de Calcular la cantidad a pedir de Cloruros de Sodio de 1000 ml

LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

Realizar pedidos
lunes y jueves a
las **9 am**



Revisar la
cantidad de
cloruros en el
sistema



Pedir la cantidad
que necesito para
tener **517 cloruros**

