



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

"Diseño de políticas de reabastecimiento conjunto para múltiples productos  
usando modelos VMI / CRP"

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

Kevin Adrián Celi Orrala

Alvaro Ricardo Romero Cueva

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fuerza, guiarme y llenarme de bendiciones.

A mis padres y hermanos por su apoyo, comprensión y confianza que me han brindado en estos años de carrera estudiantil.

Agradezco a todos los profesores por su enseñanza y permitirme cumplir esta nueva meta en mi vida, y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo.

***Kevin Celi Orrala***

A Dios por guiarme durante mi carrera universitaria.

A mis padres y hermano por su apoyo permanente.

A mi novia por sus consejos y motivación.

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación académica, y a mis amigos que han sido un apoyo incondicional.

***Alvaro Romero Cueva***

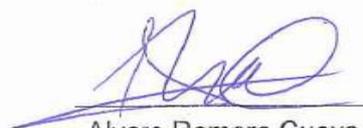
## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOLE 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".



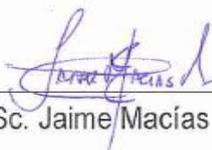
Kevin Celi Orrala

AUTOR 1



Alvaro Romero Cueva

AUTOR 2



MSc. Jaime Macías

TUTOR DE MATERIA  
INTEGRADORA

## RESUMEN

El presente proyecto muestra el diseño del proceso de reabastecimiento para 13 productos considerados como clase A-vitales, usando los modelos VMI y CRP en la farmacia del Hospital León Becerra de la ciudad de Guayaquil.

En este contexto, se sigue una metodología que inicia con la recolección de datos, en la cual se analizó la situación actual de la farmacia, donde se identificaron las necesidades del cliente y los procesos de compra, recepción de productos y pago a los proveedores. Una vez conocido el proceso de reabastecimiento, verificamos que el problema se encuentra en la disponibilidad promedio de productos en percha, mediante el uso del indicador "Product Fill Rate".

Posteriormente, se realizó un análisis de datos para la demanda de los productos y costos asociados con el proceso de reabastecimiento actual. En el análisis de causas, se determinó como causa raíz del problema: la falta de una política adecuada de reabastecimiento de inventarios.

Luego, se estableció la propuesta de mejora mediante la simulación en el software Promodel para las estrategias VMI y CRP, donde se obtuvieron los resultados pertinentes al proceso de reabastecimiento en comparación a la situación actual.

Actualmente, la disponibilidad promedio de los productos clase A-vitales en percha en la farmacia es menor a 89%. Los resultados obtenidos en la simulación fueron favorables para ambas estrategias, el "Product Fill Rate" incrementa en un 8% con la estrategia VMI y 10% con la estrategia CRP. Además, el costo en que incurre la farmacia reduce en un 50% con la estrategia VMI y en un 45% con la estrategia CRP. Finalmente, el costo en que incurre el proveedor reduce en un 6% con la estrategia VMI y 1% con la estrategia CRP.

**Palabras claves:** Gestión de inventarios, proveedor, reabastecimiento de productos, estrategia VMI, estrategia CRP, productos clase A-vitales, simulación.

## **ABSTRACT**

*This project shows the design of replenishment process for 13 products considered Class A-vital, using VMI and CRP models in the pharmacy Leon Becerra Hospital of Guayaquil.*

*In this context, we followed a methodology that begins with data collection, which analyzed the current situation of the pharmacy, where we identified the customer needs and processes of purchasing, receipt of products and payments to supplier. Once you know the replenishment process, we verify that the problem is in the average availability of products on shelf, using the indicator "Product Fill Rate".*

*Later, we performed a data analysis for the demand of products and costs associated with current replenishment process. In the analysis of causes, it was determined as the root cause of the problem: the lack of an adequate inventory replenishment policy.*

*Finally, the proposed improvement was established by the simulation with the Promodel software for VMI and CRP strategies, and we obtained relevant results of the replenishment process of vital product class A compared to the current situation.*

*Currently, the average availability of vital products Class A on shelf of the pharmacy is less than 89%. The results obtained in the simulation were favorable for both strategies, the "Product Fill Rate" increased by 8% with the VMI strategy, and 10% with the CRP strategy. In addition, the cost incurred by the pharmacy reduced by 50% with the VMI strategy, and 45% with the CRP strategy. Finally, the cost incurred by the supplier reduced by 6% with the VMI strategy, and 1% with CRP strategy.*

**Keywords:** *Inventory management, supplier, product replenishment, VMI strategy, a strategy CRP, vital products Class A, simulation.*

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DECLARACIÓN EXPRESA .....	iv
RESUMEN .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ABREVIATURAS.....	xi
SIMBOLOGÍA.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO 1 .....	18
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA. ....	18
1.1 Herramienta 5 W + 1 H .....	18
1.2 Necesidades del cliente .....	19
1.3 Análisis ABC .....	19
1.3.1 Clasificación ABC por valor .....	19
1.3.2 Diagrama de Pareto por valor .....	20
1.4 Estratificación de los productos de clase A .....	21
1.5 Tamaño de la muestra .....	22
1.6 Justificación del problema.....	23
1.6.1 Análisis de la data histórica .....	23
1.6.2 Niveles de servicio de los productos vitales de clase A .....	24
1.6.3 Product Fill Rate de los productos vitales de clase A .....	26
1.7 Alcance del Proyecto .....	27
1.8 Objetivos.....	27
1.8.1 Objetivo general .....	27
1.8.2 Objetivos específicos .....	27
1.9 Marco teórico .....	28
1.9.1 Administración de la cadena de suministro .....	28
1.9.2 Modelo VMI .....	28

1.9.3	Modelo CRP .....	29
1.9.4	Modelo matemático de inventarios .....	30
1.9.5	Clasificación ABC por valor .....	31
1.9.6	Tamaño de la muestra .....	32
1.9.7	Definición Product Fill Rate .....	32
1.9.8	Inventario de Seguridad (SS) .....	33
1.9.9	Diagrama de flujo funcional .....	33
1.9.10	Diagrama SIPOC .....	33
1.9.11	Pronóstico .....	34
1.9.12	Simulación de un sistema de inventarios .....	38
CAPÍTULO 2 .....		39
2.	METODOLOGÍA .....	39
2.1	Medición de la situación actual. ....	40
2.1.1	SIPOC .....	40
2.1.2	Análisis de Lead Time de los proveedores .....	44
2.1.3	Análisis de costos .....	44
2.1.4	Análisis de la Demanda .....	49
2.2	Análisis de causas .....	52
2.2.1	Diagrama Ishikawa .....	52
2.2.2	Matriz de priorización de las causas .....	53
2.2.3	Causa Raíz .....	53
2.3	Propuestas de soluciones .....	54
2.3.1	Priorización de soluciones .....	54
2.4	Diseño de mejoras .....	55
2.4.1	Estructura del modelo VMI .....	56
2.4.2	Estructura del modelo CRP .....	57
2.4.3	Factibilidad de los modelos VMI y CRP .....	58
2.4.4	Evaluación de los prerrequisitos de los modelos VMI y CRP ....	59
2.4.5	Pronóstico de la demanda .....	63
2.5	Modelo de simulación de las estrategias VMI y CRP .....	67

2.5.1	Modelo de Simulación de la estrategia VMI.....	67
2.5.2	Modelo de Simulación de la estrategia CRP.....	69
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	74
3.1	Indicadores de evaluación .....	74
3.2	Resultados de la simulación con modelo VMI .....	75
3.3	Resultados de la simulación con modelo CRP.....	76
3.4	Comparación de resultados de modelos VMI y CRP.....	77
3.5	Resumen de resultados de la Situación actual y modelos VMI/CRP .....	80
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	84
	Apéndice A.....	85
	Plan de recolección de datos.....	85
	Resultados Product Fill Rate promedio (%) de los productos vitales de clase A.....	86
	Tamaño de la orden promedio de los productos vitales de clase A.....	87
	Costos ponderados de los productos vitales de clase A .....	88
	Precios ponderados de los productos vitales de clase A .....	89
	Diagrama de flujo: Compra de medicinas .....	90
	Diagrama de flujo: Recepción de pedidos.....	91
	Diagrama de flujo: Aprobación de pago a proveedores .....	92
	Resultados del pronóstico y medidas de errores usando media móvil simple.....	93
	Resultados del pronóstico y medidas de errores usando suavización exponencial..	96
	Cantidades de productos a enviar por mes a la farmacia por parte de los proveedores de acuerdo a los resultados de simulación del modelo VMI.....	98
	Diagramas de cajas de los indicadores evaluados en los modelos VMI y CRP .....	101
	Apéndice B.....	102
	Documentos y sistemas utilizados en farmacia .....	102
	Verificación de causas del problema .....	103
	Apéndice C.....	105
	Fotos tomadas dentro del Hospital León Becerra .....	105
	Fotos tomada con personal del Hospital León Becerra.....	106
	Anexos I .....	107
	Cronograma de actividades.....	107

Anexos II .....	108
Plan de implementación .....	108
Anexos III .....	109
Formato de entrevista a proveedores .....	109
Anexos IV .....	110
Procedimiento para el uso del método de pronóstico Promedio móvil simple .....	110
Anexos v.....	113
Procedimiento para el uso del método de pronóstico Suavización exponencial.....	113
Anexos VI.....	116
Política de inventario y procedimiento de implementación.....	116

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SCM	Supply Chain Management
VMI	Vendor Managed Inventory
CRP	Continuous Replenishment
HLB	Hospital León Becerra
IESS	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
SS	Stock de Seguridad
CV	Coeficiente de variabilidad
MAD	Mean absolute deviation
TS	Tracking Signal

## SIMBOLOGÍA

$N$	Tamaño de la población
$t$	Período de tiempo
$\sigma$	Desviación Estándar de la Demanda
$z$	Valor para un nivel de confianza del 95%
$e$	Límite aceptable de error muestral
$n$	Tamaño de la muestra
$\sigma^2$	Varianza de la demanda
$E_t$	Error del pronóstico en período $t$
$F_t$	Valor pronosticado para el período siguiente
$D_t$	Demanda real en el período $t$
$n$	Número de períodos promediados
$\alpha$	Constante suavizante de suavización exponencial
$H_0$	Hipótesis Nula
$H_1$	Hipótesis Alternativa
$IC_i$	Intervalo de confianza inferior
$IC_s$	Intervalo de confianza superior
$e$	Porcentaje de error
$\bar{x}$	Promedio de resultados de la demanda diaria en la prueba piloto

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Herramienta 5W + 1H.....	18
Figura 1.2: Diagrama de Pareto por valor de los productos.....	20
Figura 1.3: Esquema de porcentajes de la estratificación de productos de clase A.....	21
Figura 1.4: Gráfica De Total de unidades compradas vs Total de unidades requeridas.....	24
Figura 1.5: Esquema de porcentajes “Product Fill Rate” promedio de los productos vitales de clase A.....	26
Figura 2.1: Esquema de la metodología utilizada en el diseño de los modelos VMI/CRP.....	39
Figura 2.2: Significado de la sigla SIPOC.....	40
Figura 2.3: Diagrama Ishikawa (Causa – Efecto).....	52
Figura 2.4: Matriz de priorización de causas.....	53
Figura 2.5: Gestión de abastecimiento de productos mediante estrategia VMI.....	56
Figura 2.6: Gestión de abastecimiento de productos mediante estrategia CRP.....	57
Figura 2.7: Diseño de evaluación de los modelos VMI y CRP.....	58
Figura 2.8: Comportamiento de la demanda mensual de los productos vitales de clase A durante período comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016.....	63
Figura 2.9: Medicamentos cuya demanda puede ser pronosticado usando método de medias móviles.....	66
Figura 2.10: Medicamentos cuya demanda puede ser pronosticado usando método de suavización exponencial.....	66
Figura 2.11: Diagrama de flujo del procedimiento de simulación de la estrategia VMI.....	67
Figura 2.12: Diagrama de flujo del procedimiento de simulación de la estrategia CRP.....	70
Figura 2.13: Esquema de la distribución de la simulación en el software Promodel.....	71
Figura 3.1: Indicadores de evaluación.....	74
Figura 3.2: Prueba de hipótesis para diferencia de medias de la variable Product Fill Rate.....	77
Figura 3.3: Prueba de hipótesis para diferencia de medias de la variable Costo total en que incurre la farmacia.....	78
Figura 3.4: Prueba de hipótesis para diferencia de medias de la variable Costo total en que incurre la farmacia.....	79
Figura 4.1: Diagrama de flujo para el subproceso: Compra de medicinas.....	90
Figura 4.2: Diagrama de flujo para el subproceso: Recepción de pedidos.....	91
Figura 4.3: Diagrama de flujo para el subproceso: Aprobación de pago a proveedores.....	92
Figura 4.4: Gráfica de promedio móvil de IMIPENEM.....	93
Figura 4.5: Gráfica de promedio móvil de LACTATO RINGER.....	93
Figura 4.6: Gráfica de promedio móvil de MERONEPEM.....	94
Figura 4.7: Gráfica de promedio móvil de OCTREOTIDA.....	94
Figura 4.8: Gráfica de promedio móvil de PIPERACILINA.....	95
Figura 4.9: Gráfica de promedio móvil de PROPOFOL.....	95
Figura 4.10: Product Fill Rate VMI vs Product Fill Rate CRP.....	101
Figura 4.11: Costo de transporte VMI vs Costo de transporte CRP.....	101
Figura 4.12: Costo total de Farmacia VMI vs Costo total de Farmacia CRP.....	101
Figura 4.13: Sistema para documentos de proveedores.....	102
Figura 4.14: Factura impresa.....	102

Figura 4.15: Sistema para ingreso de productos .....	102
Figura 4.16: Cuaderno 1 .....	102
Figura 4. 17: Cuaderno 2 .....	102
Figura 4.18: Nivel De inventario de Emulsiones G.L. ....	103
Figura 4.19: Tamaño de la orden de compra de Emulsiones G.L. ....	103
Figura 4.20: Comportamiento de la demanda Imipenen .....	103
Figura 4.21: Comportamiento de la demanda Meronepem .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterio de clasificación ABC.....	20
Tabla 2: Resumen de la clasificación ABC de los medicamentos.....	20
Tabla 3: Datos de clasificación Vital, Esencial, Deseable para productos de clase A.....	21
Tabla 4: Lista de los productos vitales de clase A.....	22
Tabla 5: Datos utilizados para el tamaño de la muestra.....	22
Tabla 6: Comparación por mes del Total de unidades compradas al proveedor vs Total de unidades requeridas por el cliente.....	23
Tabla 7: Product Fill Rate promedio de los productos vitales de clase A.....	26
Tabla 8: SIPOC del proceso: Abastecimiento de productos.....	41
Tabla 9: SIPOC del subproceso: Compra de productos.....	42
Tabla 10: SIPOC del subproceso: Recepción de productos.....	42
Tabla 11: SIPOC del subproceso: Aprobación de pago proveedores.....	43
Tabla 12: Lista de proveedores con los lead times mínimos y máximos.....	44
Tabla 13: Costos de productos vitales de clase A por proveedor.....	45
Tabla 14: Promedio del tamaño de la orden de los productos vitales de clase A.....	45
Tabla 15: Costos ponderados de los productos vitales de clase A.....	46
Tabla 16: Precios ponderados de los productos vitales de clase A.....	47
Tabla 17: Costo de venta pérdida de los productos vitales de clase A.....	47
Tabla 18: Costo de mantener inventario de los productos.....	48
Tabla 19: Costo total de transporte de los productos vitales de clase A.....	48
Tabla 20: Pasos y fórmulas para identificación de regularidad de demanda.....	49
Tabla 21: Criterio para regularidad de la demanda (Peterson, R. and Silver, E. (1979)).....	50
Tabla 22: Coeficiente cuadrático de variabilidad de la demanda diaria de los productos vitales clase A.....	50
Tabla 23: Distribución de probabilidad de la demanda diaria de los productos vitales de clase A.....	51
Tabla 24: Causa raíz del problema definido.....	54
Tabla 25: Niveles de prioridad.....	55
Tabla 26: Matriz de priorización de soluciones.....	55
Tabla 27: Tabla de la evaluación de los prerrequisitos en farmacia HLB.....	61
Tabla 28: Demanda mensual de los productos vitales de clase A durante período comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016.....	63
Tabla 29: Inventario inicial en percha con modelo VMI.....	69
Tabla 30: Inventario inicial en percha con modelo CRP.....	71
Tabla 31: Cálculo del número de réplicas.....	73
Tabla 32: Resultados de indicadores con modelo VMI.....	75
Tabla 33: Resultados de los indicadores con modelo CRP.....	76
Tabla 34: Resumen de resultados de la Situación actual y modelos VMI/CRP.....	80
Tabla 35: Plan de recolección de Datos.....	85
Tabla 36: Cálculo del Product Fill Rate (%) por mes de los productos vitales de clase A.....	86
Tabla 37: Cálculo del tamaño de la orden promedio de los productos vitales clase A.....	87
Tabla 38: Cálculo de los costos ponderados de los productos vitales de clase A.....	88
Tabla 39: Cálculo de los precios ponderados de los productos vitales de clase A.....	89
Tabla 40: Pronóstico y medidas de error IMIPENEM.....	93

Tabla 41: Pronóstico y medidas de error LACTATO RINGER .....	93
Tabla 42: Pronóstico y medidas de error MEROPENEM .....	94
Tabla 43: Pronóstico y medidas de error OCTEOTRIDA .....	94
Tabla 44: Pronóstico y medidas de error PIPERACILINA .....	95
Tabla 45: Pronóstico y medidas de error PROPOFOL .....	95
Tabla 46: Pronóstico y medidas de error AMINOACIDOS .....	96
Tabla 47: Pronóstico y medidas de error DOBUTAMINA .....	96
Tabla 48: Pronóstico y medidas de error MIDAZOLAM-DORMICUN .....	96
Tabla 49: Pronóstico y medidas de error EMULSIONES G.L. ....	96
Tabla 52: Pronóstico y medidas de error EXOXAPARINA .....	97
Tabla 50: Pronóstico y medidas de error IPRATROPIO .....	97
Tabla 51: Pronóstico y medidas de error COLISTINA .....	97
Tabla 53: Cantidad de envío a farmacia AMINOACIDOS .....	98
Tabla 54: Cantidad de envío a farmacia DOBUTAMINA .....	98
Tabla 55: Cantidad de envío a farmacia COLISTINA .....	98
Tabla 56: Cantidad de envío a farmacia EMULSIONES G.L. ....	98
Tabla 57: Cantidad de envío a farmacia LACTATO RINGER .....	99
Tabla 58: Cantidad de envío a farmacia MIDAZOLAM .....	99
Tabla 59: Cantidad de envío a farmacia IMINEPEN .....	99
Tabla 60: Cantidad de envío a farmacia MERONEPEM .....	99
Tabla 61: Cantidad de envío a farmacia IPRATROPIO .....	99
Tabla 62: Cantidad de envío a farmacia ENOXAPARINA .....	99
Tabla 63: Cantidad de envío a farmacia OCTREOTIDA .....	100
Tabla 64: Cantidad de envío a farmacia PIPERACILINA .....	100
Tabla 65: Cantidad de envío a farmacia PROPOFOL .....	100

## INTRODUCCIÓN

El Hospital León Becerra, se encuentra ubicado en la ciudad de Guayaquil, es una entidad pública que cuenta con una gran variedad de medicamentos de diversas propiedades para su uso en los pacientes, se manejan un total de 610 medicamentos dentro de la farmacia HLB que tiene como fin de prevenir, aliviar o mejorar el estado de salud o para modificar estados fisiológicos de los pacientes.

Mediante un análisis de Pareto (ABC) de los medicamentos comercializados por la farmacia HLB durante el año 2015, fue factible identificar aquellos productos de clase “A” que concentraron la mayor parte del capital de trabajo (consumo monetario) de la farmacia durante dicho período. El consumo monetario valor se define como el producto entre el costo unitario del producto y su uso anual (cantidad consumida o vendida).

Actualmente, el reabastecimiento de los productos de la farmacia, se lleva a cabo por el personal de la misma, quienes se encargan de realizar el pedido de medicamentos en cantidades y frecuencias no establecidas técnicamente, es decir, no se contempla un estudio del consumo y los costos asociados a los productos, provocando un escenario de exceso de inventario y altos costos, o en su defecto, agotamiento de inventario y pérdidas en las ventas.

El proveedor también se ve afectado debido a que los pedidos por parte de la farmacia son variables, por lo tanto, van a existir periodos donde el proveedor sobre produce medicamentos y otros en los que producirá de menos y generará escasez de los productos.

A través de este proyecto se obtendrá la experiencia del diseño de un sistema de control de inventario basado en las estrategias: Vendor managed inventory (VMI) y Continuous replenishment process (CRP), que son dos estrategias que buscan establecer una apropiada coordinación entre los eslabones de cadena de suministro a fin de reducir los costos de inventario y mejorar el nivel de servicio al cliente, y mediante el uso de la simulación poder explorar las ventajas y desventajas de la aplicación de estas estrategias logísticas en una situación real.

# CAPÍTULO 1

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

El problema que se identificó fue el siguiente:

El indicador de disponibilidad promedio en percha "Product Fill Rate" de los medicamentos vitales de clase A en la farmacia del Hospital León Becerra durante el período comprendido entre febrero del 2015 y marzo del 2016 fue menor a 89%, pero el nivel deseado por el departamento de coordinación de proyectos es de 95% para dicho indicador.

### 1.1 Herramienta 5 W + 1 H

Para apreciar de una manera más amplia el problema identificado en la farmacia del Hospital León Becerra, se hace uso de la herramienta 5W+1H como se muestra a continuación en la Figura 1.1:

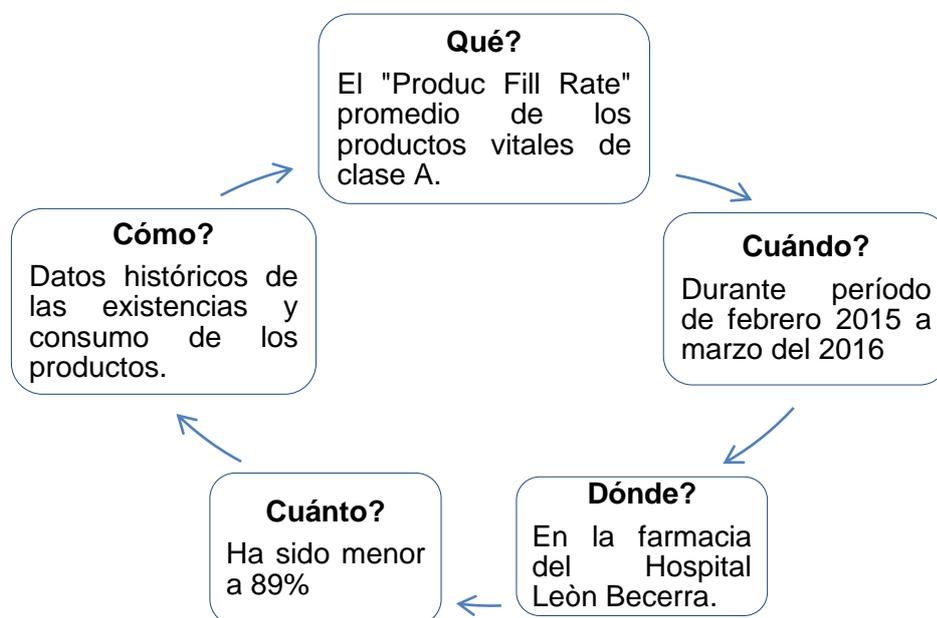


Figura 1.1: Herramienta 5W + 1H

## 1.2 Necesidades del cliente

A continuación, se detalla las necesidades del cliente, estos argumentos fueron utilizados para la identificación y definición del problema:

- Protegerse contra el incumplimiento por parte de los proveedores tanto en fechas de entrega como en cantidades.
- Disponer de un sistema formal de control de inventario.
- Pronosticar la demanda mensual de los productos de manera más precisa.

Para qué:

- Aumentar el nivel de servicio del paciente.
- Disminuir costos de mantener inventario.

## 1.3 Análisis ABC

En esta sección se muestra el análisis ABC por valor para los productos en la farmacia del Hospital León Becerra durante el año 2015. Es importante mencionar que el valor de cada producto se define como la multiplicación entre el costo unitario del producto (incluyendo transporte) y la demanda anual del mismo. El criterio de clasificación ABC se muestra en la Tabla 1.

### 1.3.1 Clasificación ABC por valor

Utilizando el criterio de costo por valor, se calculó el peso relativo de cada producto comparado con el total de productos, luego se ordenaron los productos de mayor a menor, se calculó el peso acumulado y se clasificó a los productos como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 1: Criterio de clasificación ABC**

Tipo de Producto	Criterio
A	80% del valor total
B	15% del valor total
C	5% del valor total

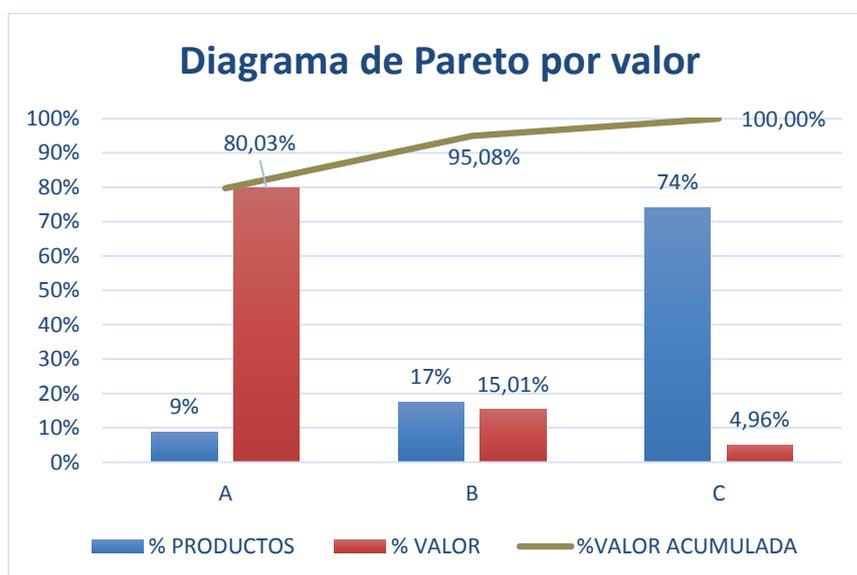
**Tabla 2: Resumen de la clasificación ABC de los medicamentos**

Tipo de producto	N° Productos	% Productos	% Demanda* Costo
A	53	9%	80,03%
B	106	17%	15,01%
C	451	74%	4,96%
<b>TOTAL</b>	<b>610</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

En un total de 610 que maneja la farmacia, 53 de esos productos están en el rango de clasificación A, los demás productos son considerados de clase B y C.

### 1.3.2 Diagrama de Pareto por valor

En la figura 1.2 se presenta el diagrama de Pareto por valor de los productos que se manejan en la farmacia, en el cual se verifica que el 9% de los productos de clase A representan el 79,68% de la demanda y costos totales.



**Figura 1.2: Diagrama de Pareto por valor de los productos**

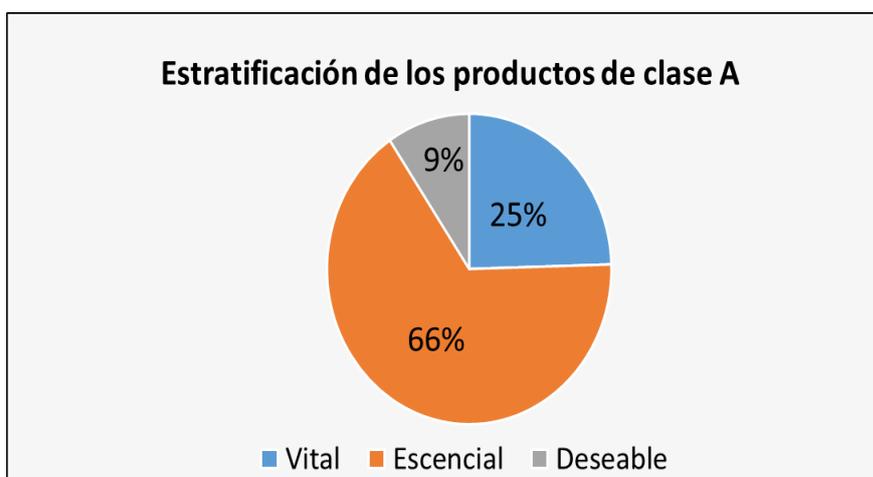
#### 1.4 Estratificación de los productos de clase A

Para establecer una clasificación más específica de los productos de clase A se los valoró por su criticidad. Esta valoración está expresada de mayor a menor en el nivel de criticidad con la siguiente estratificación: Vital, Esencial y Deseable.

**Tabla 3: Datos de clasificación Vital, Esencial, Deseable para productos de clase A**

Clase	Número de Productos	% Productos	Acumulada
Vital	13	25%	25%
Esencial	35	66%	91%
Deseable	5	9%	100%
TOTAL	53	100%	

Dando como resultado que dentro de los medicamentos clase A con mayor grado de criticidad (A-Vital) existen 13 medicamentos.



**Figura 1.3: Esquema de porcentajes de la estratificación de productos de clase A**

A continuación, se presenta la lista de los 13 medicamentos que forman parte de los productos vitales de clase A:

**Tabla 4: Lista de los productos vitales de clase A**

Ítems	Medicamentos
1	MEROPENEM 1000G POLVO PARA INYECCION
2	OCTREOTIDA 0.1 MG/ML SOLUCION INYECTABLE
3	IMIPENEM+CILASTATINA 500+500 POLVO PARA INYECCION
4	MIDAZOLAM 50MG AMPOLLAS + DORMICUN 50MG AMPX5
5	AMINOACIDOS 15% SOLUCION INYECTABLE FRASCO FUNDA/500ML
6	EMULSIONES GRASAS lipidos 20% EMULSION PARA INFUSION FCO 500ML
7	COLISTINA 100MG AMPOLLAS
8	PIPERACILINA + TAZOBACTAM 4 G + 0.5 G POLVO PARA INYECCION
9	IPRATROPIO BROMURO 0.25 MG/ML SOLUCION PARA INHALACION
10	LACTATO RINGER 1000CC
11	ENOXAPARINA 4000 UI (40 MG) SOLUCION INYECTABLE
12	DOBUTAMINA 50MG/ML SOLUCION INYECTABLE 5ML
13	PROPOFOL 20 mg/ml EMULSION INYECTABLE

### 1.5 Tamaño de la muestra

Para determinar el número de datos que se deben analizar para la definición del problema, se calcula el tamaño de la muestra utilizando como tamaño de la población 383 días que fueron los datos proporcionados en el área de sistemas del Hospital León Becerra. Estos datos corresponden al período comprendido desde febrero 2015 hasta marzo del 2016.

La fórmula utilizada para calcular el tamaño de muestra es la siguiente:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

**Tabla 5: Datos utilizados para el tamaño de la muestra**

Simbología	Descripción	Valor
$N$	Tamaño de la población, número de días desde el mes de enero del 2015 a marzo del 2016	383
$\sigma$	Desviación estándar de la población	0,5
$Z$	Valor para un nivel de confianza del 96%	1,96
$e$	Límite aceptable de error muestral	4%
$n$	Tamaño de la muestra	234

El nivel de confianza seleccionado depende del error que están dispuestos a aceptar los analistas, los valores utilizados con más frecuencia para el cálculo del tamaño de una muestra van del 90% al 99%, siendo el 95% (5% de límite de error muestral) el valor más utilizado [10].

Para este análisis utilizamos un límite de error aceptable del 4%, por lo cual el nivel de confianza es del 96%. El tamaño de la muestra calculado mediante la fórmula es de 234, lo cual indica que son aproximadamente 8 meses que se deben analizar. Se procede a escoger como período de análisis el comprendido entre agosto del 2015 a marzo del 2016.

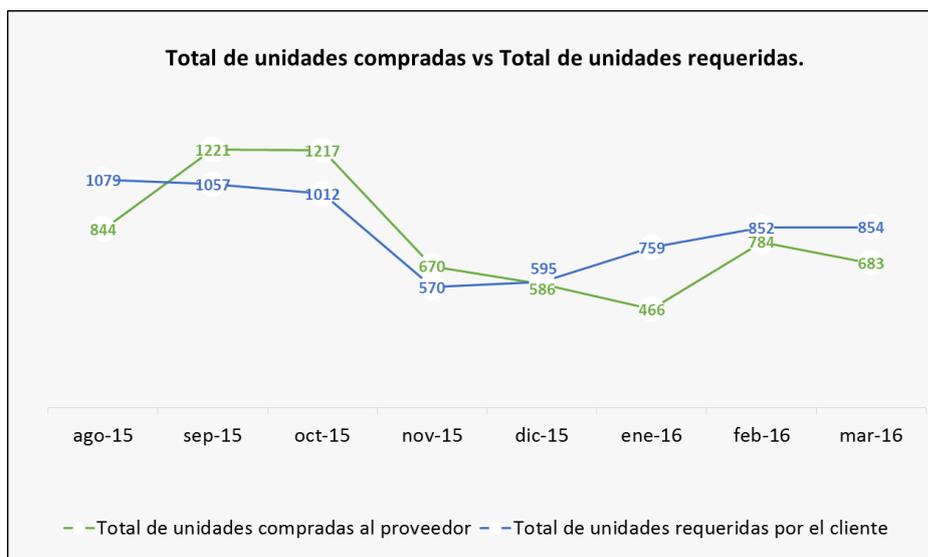
## 1.6 Justificación del problema.

### 1.6.1 Análisis de la data histórica

En la tabla 6 se muestra los datos históricos de las unidades compradas por farmacia a los proveedores y las unidades requeridas por los clientes, estos valores se lo observa de mejor manera mediante representación gráfica (ver Figura 1.4) donde se aprecia un comportamiento de excesos y faltantes de los productos vitales de clase A, en el cual se trata de minimizar los problemas de abastecimiento de los productos durante ese período de tiempo, para de esta manera reducir costos en inventarios y aumentar el nivel del servicio al cliente.

**Tabla 6: Comparación por mes del Total de unidades compradas al proveedor vs Total de unidades requeridas por el cliente**

Mes	Total de unidades compradas a proveedor	Cantidad de unidades requeridas por convenio	Cantidad de Ventas en efectivo	Total de unidades requeridas por clientes
ago-15	844	1064	15	1079
sep-15	1221	1036	21	1057
oct-15	1217	1002	10	1012
nov-15	670	557	13	570
dic-15	586	578	17	595
ene-16	466	734	25	759
feb-16	784	825	27	852
mar-16	683	854	0	854



**Figura 1.4: Gráfica De Total de unidades compradas vs Total de unidades requeridas**

Para obtener el total de unidades requeridas que se muestra en la Tabla 6, se toma en cuenta la demanda de dos tipos de clientes de la farmacia del Hospital León Becerra, estos son: clientes por convenio y las ventas en efectivo. Los clientes por convenio se refieren a las personas que con receta realizan su pedido de medicamentos a la farmacia, el valor a pagar les cubre el seguro, ya que tienen convenio con una Aseguradora, tales como el IESS. En cambio, las ventas en efectivo se refieren a los clientes particulares que realizan su compra de medicamentos con la receta, el valor a pagar debe ser cancelado en efectivo por dichos clientes.

### 1.6.2 Niveles de servicio de los productos vitales de clase A

Existen diferentes razones por la que se generan excedentes y faltantes de inventarios en la farmacia del Hospital León Becerra. En primer lugar, se puede apreciar que no se está llevando a cabo un abastecimiento óptimo en el área de almacenamiento de productos. Es importante tomar en cuenta los pronósticos de la demanda de los productos de alta rotación para poder estimar el número de productos que se debe pedir a los proveedores.

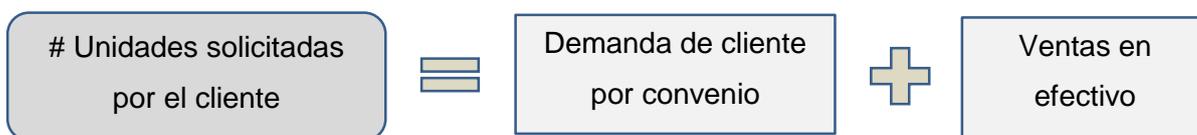
En este contexto nos enfocamos en los ingresos y egresos de productos dentro de la cadena de suministro de la farmacia. El indicador de Nivel de Servicio que se utilizará es el “Product Fill Rate”, que es equivalente a la probabilidad de que la demanda de un producto sea atendida con el inventario disponible.

El “Product Fill Rate” mide la relación entre lo solicitado y lo realmente entregado al cliente directamente desde percha.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\text{Product Fill Rate} = \frac{\# \text{ de unidades entregadas al cliente desde percha}}{\# \text{ de unidades solicitadas por el cliente}}$$

Donde:



También se toma en consideración dos términos que se utilizan en el análisis de niveles de inventario en la farmacia:

- **Excedente:** Cantidad de inventario excesivo, debido a que se compran muchas más unidades de productos de las que realmente se venden en farmacia.
- **Faltante:** Cantidad de inventario escaso, debido a que se requieren muchos más pedidos de unidades de productos de las que realmente se mantiene en farmacia.

Los datos correspondientes a las compras y ventas de productos de la farmacia fueron obtenidos en el Área de Sistemas del Hospital León Becerra, durante el período comprendido entre el mes de febrero del 2015 a abril del 2016.

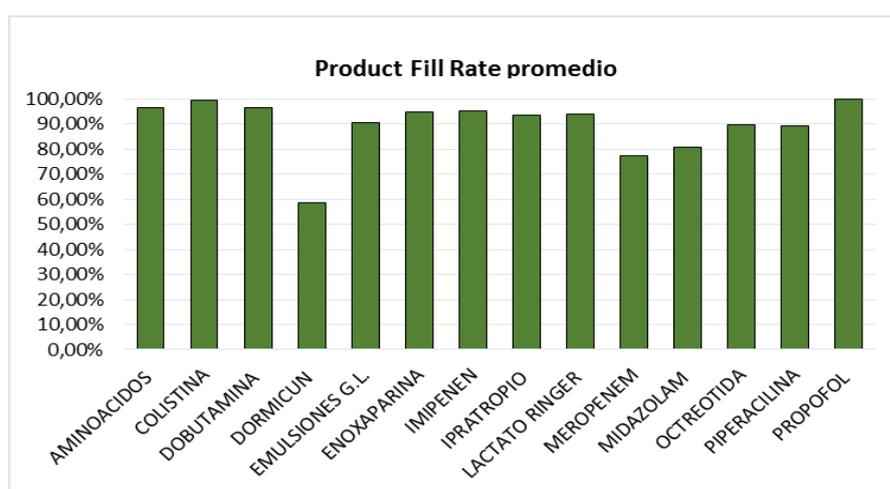
### 1.6.3 Product Fill Rate de los productos vitales de clase A

En la tabla 7, se presenta el valor en porcentaje del indicador de disponibilidad promedio en percha “Product Fill Rate” de los productos vitales de clase A, a partir del mes de febrero del 2015 a marzo del 2016, con lo cual se obtiene un promedio general de 89% de este indicador.

Los cálculos realizados se los puede ver en Apéndice A.

**Tabla 7: Product Fill Rate promedio de los productos vitales de clase A**

Nombre de productos	Product Fill Rate promedio
AMINOACIDOS	96,40%
COLISTINA	99,36%
DOBUTAMINA	96,75%
DORMICUN	58,82%
EMULSIONES G.L.	90,77%
ENOXAPARINA	94,76%
IMPENEN	95,17%
IPRATROPIO	93,60%
LACTATO RINGER	93,89%
MEROPENEM	77,57%
MIDAZOLAM	80,76%
OCTREOTIDA	89,93%
PIPERACILINA	89,40%
PROPOFOL	100,00%



**Figura 1.5: Esquema de porcentajes “Product Fill Rate” promedio de los productos vitales de clase A**

## **1.7 Alcance del Proyecto**

Este proyecto abarca el proceso de reabastecimiento de los medicamentos vitales de clase A almacenados en farmacia del Hospital León Becerra mediante el uso de las estrategias VMI/CRP, durante el período comprendido entre el mes de junio a septiembre del 2016.

## **1.8 Objetivos**

### **1.8.1 Objetivo general**

Diseñar una política de reabastecimiento de inventario que permita al Hospital León Becerra incrementar en un 6% el indicador de disponibilidad promedio en percha "Product Fill Rate" de los productos vitales de clase A almacenados en la farmacia.

### **1.8.2 Objetivos específicos**

1. Determinar un modelo de pronóstico de la demanda para predecir el consumo de los productos de clase A.
2. Diseñar un plan de implementación de la estrategia VMI o CRP para el reabastecimiento de ítems tipo A.
3. Desarrollar los modelos de simulación de inventarios para comparar modelos VMI y CRP.

## **1.9 Marco teórico**

### **1.9.1 Administración de la cadena de suministro**

La administración de la cadena de suministro (conocido en inglés como *Supply chain management, SCM*) es el proceso de planificación, puesta en ejecución y control de las operaciones de la red de suministro con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente con tanta eficacia como sea posible.

Esta atraviesa todo el movimiento y almacenaje de materias primas, el correspondiente inventario que resulta del proceso, y las mercancías acabadas desde el punto de origen al punto de consumo. La correcta administración de la cadena de suministro debe considerar todos los acontecimientos y factores posibles que puedan causar una interrupción [5].

### **1.9.2 Modelo VMI**

El inventario administrado por el proveedor (conocido en inglés como Vendor-Managed Inventory o por sus siglas VMI) es una familia de modelos de negocios en la cual el minorista de cierto producto suministra información sobre ventas e inventarios al proveedor.

El proveedor por su parte suele asumir la responsabilidad sobre la administración de los inventarios y toma las decisiones sobre los tamaños de los pedidos y las fechas de despacho. Posee un mayor conocimiento de la demanda y un contacto más directo con sus clientes, mientras que el distribuidor minorista reduce el riesgo y los costos de mantener inventario [1].

La información entre ambos agentes de la cadena de suministro generalmente fluye a través de un sistema de intercambio electrónico de datos u otra red electrónica, de manera que está actualizada permanentemente.

### 1.9.2.1 Ventajas y desventajas del modelo CRP

#### *Ventajas:*

- Permite reducir la cantidad de elementos requeridos en los almacenes.
- Aumenta los niveles de cumplimiento en los pedidos de clientes externos e internos.
- Disminuye stockout.
- Reduce costos de transporte y tiempos de entrega [1].

#### *Desventajas:*

- Aceptación: Debemos cerciorarnos de que todos los implicados en el proceso entiendan y acepten completamente esta nueva manera de trabajar.
- Implantación de sistemas informáticos: la implantación de sistemas de Intercambio Electrónico de Datos conlleva una automatización de procesos que debe ser vigilada de cerca para no crear incongruencias entre las bases de datos de las dos partes, y con frecuencia unos costes nada despreciables.
- Imprevistos: En la negociación inicial se analizará la dinámica de funcionamiento para encontrar un sistema que convenga a ambas partes. Sin embargo, el día a día suele no ser tan sencillo, y aparecen imprevistos y necesidades que en un principio no se habían tenido en cuenta.
- Tiempo: Ambas partes implicadas deben entender que existe un proceso de aprendizaje [9].

### 1.9.3 Modelo CRP

Este es un método de reposición de productos en tiempo real como sea necesario solamente para la cantidad vendida. El Programa de reabastecimiento continuo es una base compatible con la estrategia de Respuesta Eficiente al Consumidor (ECR), que es famoso por la cadena de suministro (SCM) de los alimentos procesados [9].

A diferencia de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP), no existen intervalos de tiempo para la creación de un calendario para ciertos períodos de tiempo.

### 1.9.3.1 Ventajas y desventajas del modelo CRP

#### *Ventajas:*

- Permiten dar una respuesta eficiente al consumidor, manteniendo un stock permanente y ajustado a las pautas de consumo en el punto de venta.
- Menores inventarios de producto y materias primas.
- Optimización de recursos.
- Incremento de las ventas.
- Reducción de costos, ya que todas las mejoras detalladas derivan en una importante reducción de los costes directos [9].

#### *Desventajas:*

- No se realizan pronósticos de la demanda.
- Implementación de software para intercambio de información.
- El pedido ya no es consignado por parte del proveedor [9].

### 1.9.4 Modelo matemático de inventarios

La naturaleza del problema de inventarios consiste en colocar y recibir en forma repetida pedidos de determinados tamaños a intervalos de tiempo establecidos [4]. Una política de inventario contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Cuánto pedir?
2. ¿Cuándo pedir?

En estos modelos, y siempre que se pueda, se toman los datos históricos como referencia para establecer la distribución de probabilidad de la demanda.

Hay que considerar fluctuaciones aleatorias en la demanda y cómo afecta a la gestión del inventario, estimando las variables de decisión para limitar los riesgos en la toma de decisiones. En concreto, se debe analizar y estudiar el sistema de inventario para establecer el periodo de gestión del inventario y la cantidad a reponer en el siguiente pedido [4].

#### 1.9.4.1 Ventajas y desventajas de modelos matemáticos

##### *Ventajas:*

- Reduce los niveles de inventarios.
- Reduce el costo de mantener inventario.
- Reduce costos por faltantes.
- Es de fácil implementación.

##### *Desventajas:*

- Es sensible al error de pronósticos de demanda.
- Se pueden producir excesos y faltantes de inventarios cuando los productos tienen demandas de alta variabilidad.
- Los modelos matemáticos se los realiza en base a varios supuestos [4].

#### 1.9.5 Clasificación ABC por valor

Es un método utilizado para la categorización del inventario que consiste en dividir los artículos en 3 categorías según el valor del consumo del producto. Valor de consumo es la multiplicación entre la demanda del producto en un periodo de tiempo y el costo del producto por unidad.

- *Productos tipo A:* Productos cuyo valor de consumo es el más elevado. Generalmente representan entre el 10% al 20% del total de los productos.
- *Productos tipo B:* Productos con valor de consumo es medio, representan del 20% al 30% de los artículos totales.
- *Producto tipo C:* Productos con valor de consumo es bajo, representan entre el 70% al 80% del total de los productos.

Esta categorización se sustenta en el principio de Pareto, el cual establece que el 80% del valor del consumo total se basa sobre el 20% de los productos totales.

### **1.9.6 Tamaño de la muestra**

En estadística el tamaño de la muestra es el número de sujetos que componen la muestra extraída de una población, necesarios para que los datos obtenidos sean representativos de la población [10].

#### **1.9.6.1 Margen de error**

Es el intervalo en el cuál espero encontrar el dato que quiero medir de mi universo. El dato puede ser en general de dos tipos: una media o una proporción.

#### **1.9.6.2 Nivel de confianza**

Expresa la certeza de que realmente el dato que buscamos esté dentro del margen de error, es decir, representa el porcentaje de intervalos que incluirían el parámetro de población si usted tomara muestras de la misma población una y otra vez.

#### **1.9.6.3 Relación entre el error y tamaño de muestra**

Si se quiere obtener un margen de error y un nivel de confianza determinado (por ejemplo, error del 5% con confianza 95%) necesitaré un tamaño de muestra mínimo correspondiente.

Modificar cualquiera de los 3 parámetros, altera los restantes:

1. Reducir el margen de error obliga a aumentar el tamaño de la muestra.
2. Aumentar el nivel de confianza obliga a aumentar el tamaño de la muestra.
3. Si aumenta el tamaño de mi muestra, puedo reducir el margen de error o incrementar el nivel de confianza.

### **1.9.7 Definición Product Fill Rate**

Es la fracción de la demanda de un producto que es satisfecha con las cantidades que están actualmente en inventario.

Es equivalente a la probabilidad de que la demanda de un producto sea atendida con el inventario disponible [6].

### 1.9.8 Inventario de Seguridad (SS)

Describe el nivel extra de stock que se mantiene en almacén para hacer frente a eventuales roturas de stock, dicho de otra manera, se genera para reducir las incertidumbres que se producen en la oferta y la demanda.

### 1.9.9 Diagrama de flujo funcional

El diagrama de flujo funcional es el tipo de diagrama de flujo, que muestra el movimiento entre diferentes unidades de trabajo, una dimensión adicional que resulta ser especialmente valiosa cuando el tiempo total del ciclo constituye un problema; puede utilizar símbolos estándares o de bloque.

Un diagrama de flujo funcional identifica cómo los departamentos funcionales, verticalmente orientados, afectan un proceso que fluye horizontalmente a través de una organización.

### 1.9.10 Diagrama SIPOC

El Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés significa: Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión [3].

Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

- *Proveedor* (supplier): persona que aporta recursos al proceso.
- *Entradas* (inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- *Proceso* (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- *Salidas* (outputs): es el producto o servicio del resultado de cada actividad.
- *Cliente* (customer): la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente.

### **1.9.11 Pronóstico**

Proceso de predecir un evento futuro basado en datos históricos.

#### **1.9.11.1 Objetivo del pronóstico**

Reducir la incertidumbre acerca de lo que puede acontecer en el futuro proporcionando información cercana a la realidad que permita tomar decisiones sobre los cursos de acción a tomar tanto en el presente como en el futuro [7].

#### **1.9.11.2 Componentes de la serie de tiempos**

- Tendencia, es la componente de largo plazo que representa el crecimiento o disminución de una serie histórica sobre un amplio periodo.
- Cíclico, es la fluctuación en forma de onda alrededor de la tendencia.
- Estacionalidad, se refiere a un patrón de cambio, regularmente recurrente a través del tiempo.
- Aleatoriedad, este comportamiento irregular está compuesto por fluctuaciones causadas por sucesos impredecibles o no periódicos [7].

#### **1.9.11.3 Modelos de series de tiempos**

Los modelos de series de tiempo significan que extendemos los valores históricos al futuro, donde aún no hay mediciones disponibles.

##### **1.9.11.2.1 Promedio móvil simple**

El método de promedio móvil simple se utiliza cuando se quiere dar más importancia a conjuntos de datos más recientes para obtener la previsión.

Cada punto de una media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el número de puntos es elegido de tal manera que los efectos estacionales y / o irregulares sean eliminados [7].

Se utilizó un promedio móvil simple de longitudes 3 y 4 para los datos de demanda mensual de los productos vitales que preceden al que se desea pronosticar.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$F_t = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

Donde:

$F_t$  = Valor pronosticado para el período siguiente.

$D_t$  = Demanda real en período t.

n = número de períodos promediados.

#### 1.9.11.2.2 Suavización exponencial simple

El método de suavización exponencial simple es apropiado cuando la demanda no tiene tendencia observable o estacionalidad. Esta técnica se basa en la atenuación de los valores de la serie de tiempo, obteniendo el promedio de estos de manera exponencial; es decir, los datos se ponderan dando un mayor peso a las observaciones más recientes y uno menor a las más antiguas.

Con este modelo consideraremos que los datos más recientes de la demanda mensual tienen el más alto valor predictivo [7].

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - F_{t-1})$$

Donde:

$F_t$  = Valor pronosticado para el período siguiente.

$D_t$  = Demanda real en período t.

$\alpha$  = constante suavizante.

El valor de  $\alpha$  depende del énfasis que se desee darle a los datos más recientes, el rango va de 0 a 1. El aumento de  $\alpha$  hace que el pronóstico sea más sensible a los datos recientes, para efectos de obtención de resultados apropiados en el pronóstico con menores errores, el valor de  $\alpha$  escogido fue de 0,6.

#### 1.9.11.4 Error del pronóstico

Nos señala la desviación o diferencia que existe en un tiempo determinado entre el valor real y el valor pronosticado [8].

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$E_t = D_t - F_t$$

Donde:

$D_t$  = Demanda real en período t.

$F_t$  = Valor pronosticado en el periodo t.

Un buen pronóstico tiene un error pequeño, es decir, un pronóstico es ideal cuando el error se aproxima a 0.

#### 1.9.11.5 Medidas de error del pronóstico

Existen dos fuentes de error en pronósticos: sesgados y aleatorios. Los errores sesgados, también llamado sistemático es ocasionado por un error constante, son el resultado de ignorar o no estimar correctamente los patrones de la demanda como

tendencia o estacionalidad. Mientras que el error aleatorio, son resultados de errores impredecibles que obligan al pronóstico a desviarse de la demanda real [8].

El error del pronóstico se mide como la diferencia entre el pronóstico y la demanda real ambos durante el mismo periodo de tiempo. Existe un gran número de indicadores de error del pronóstico, dentro de los que se destacan:

**MAD:** Desviación absoluta media, mide la dispersión de error de pronóstico, es decir, es la medición del tamaño del error en unidades. Se calcula mediante el valor absoluto de la diferencia entre la demanda real y el pronóstico, dividido sobre el número de periodos. Esta medida expresa la exactitud en las mismas unidades que los datos, lo cual ayuda a conceptualizar la cantidad de error [8].

La fórmula a utilizar es la siguiente:

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

Dónde:

$D_t$  = Demanda real en período t.

$F_t$  = Valor pronosticado en el período t.

n = número de períodos.

**TS:** Señal de seguimiento, este indicador mide la variación del pronóstico respecto a la variación de la demanda y es utilizada para la misma finalidad que una carta de control y sus límites [8].

Una regla empírica para la señal de seguimiento es que si la señal esta por fuera de los límites 6 y -6 el método de pronostico no es efectivo.

Esta medida de desempeño nos permite medir la desviación del pronóstico respecto a variaciones en la demanda.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$TS = \frac{\sum_t (D_t - F_t)}{MAD}$$

Dónde:

$D_t$  = Demanda real en período t.

$F_t$  = Valor pronosticado en período.

MAD= Mean Absolute Deviation.

Una regla empírica para la señal de seguimiento es que si la señal esta por fuera de los limites 6 y -6 el método de pronostico no es efectivo, entonces una buena señal de seguimiento tiene valores bajos.

### 1.9.12 Simulación de un sistema de inventarios

La simulación es simplemente una técnica que se dedica a construir modelos de una situación real que recrean la realidad. Para un sistema de inventarios, la simulación funciona como una herramienta valiosa para toda organización, debido a que permite explorar los aspectos operativos [2].

Un ejemplo de esto es cuando se analiza la relación el inventario de seguridad, las demoras en los pedidos y los niveles de servicio en diferentes puntos de la cadena de abastecimiento, que se ven afectados por los cambios en los patrones de la demanda y los pedidos no siempre corresponden al mismo tamaño y dependen de un pronóstico de ventas. Estas características pueden incorporarse a un modelo de simulación, que incorpore los pronósticos de la demanda para la administración y la definición de la política de inventarios a través de los experimentos realizados con el modelo de simulación y debido a su capacidad para emular los sistemas complejos, el uso de la simulación sería una herramienta eficaz para esta situación.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta las diferentes fases que tiene el proyecto iniciando con el análisis del proceso de abastecimiento de productos en la farmacia del Hospital León Becerra. Para el desarrollo del proyecto se utilizó la siguiente metodología como se muestra en la Figura 2.1:

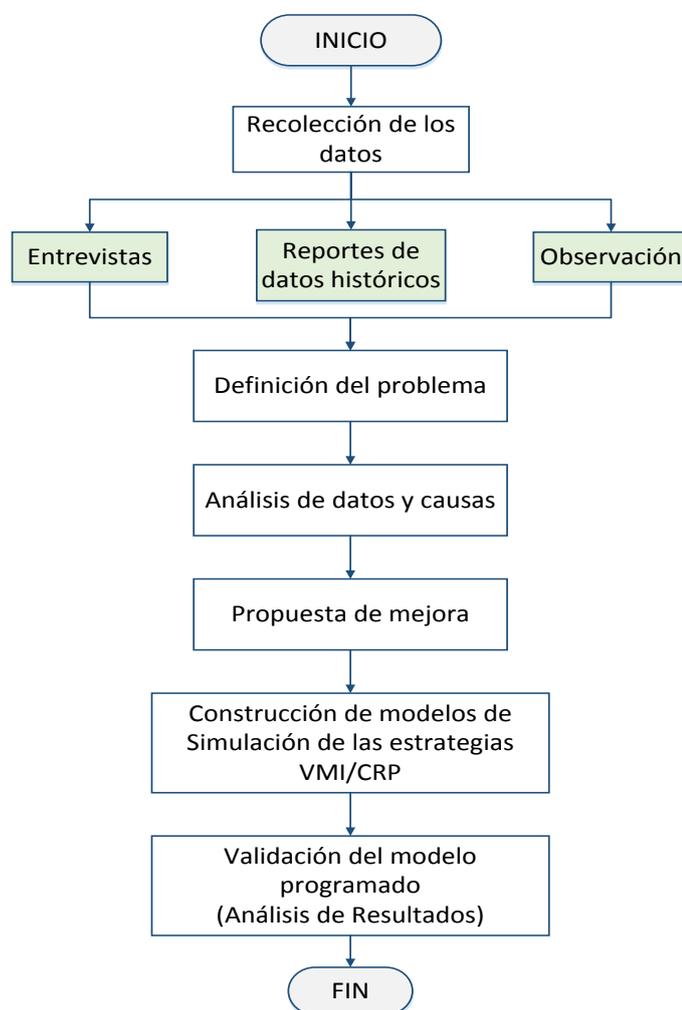


Figura 2.1: Esquema de la metodología utilizada en el diseño de los modelos VMI/CRP

## 2.1 Medición de la situación actual.

En esta sección se detalla la información y los datos de la situación actual de la compra, recepción y aprobación de pagos de los productos vitales de clase A por parte de la farmacia del Hospital León Becerra; además del análisis de la demanda que presenta los productos dentro del lead time de los proveedores, con ello poder definir la tendencia que tiene la demanda en el lead time establecido para cada producto asociados con la gestión de inventarios que se maneja en la farmacia del Hospital León Becerra.

### 2.1.1 SIPOC

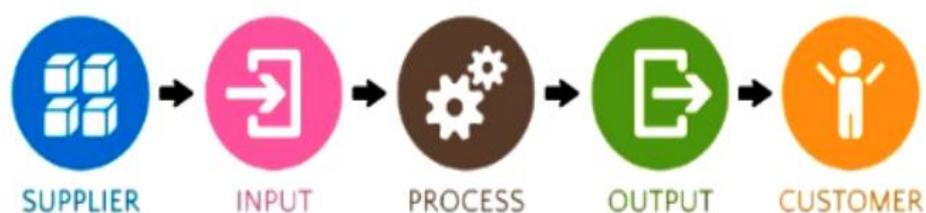


Figura 2.2: Significado de la sigla SIPOC

Para entender el proceso actual de la farmacia con respecto a la compra, recepción y pago de los productos vitales de clase A, realizamos el levantamiento de procesos con la información obtenida en la farmacia del Hospital León Becerra mediante el uso de diagramas SIPOC, para poder identificar de manera sencilla el proceso de reabastecimiento de productos y establecer las partes involucradas en cada una de las actividades del mismo, esto también implica analizar los subprocesos mediante esta herramienta.

Tabla 8: SIPOC del proceso: Abastecimiento de productos

FICHA DE LEVANTAMIENTO DE PROCESOS				
<b>Analistas de Procesos</b>	Kevin Celi- Alvaro Romero		<b>Módulo</b>	No se usa
<b>Fecha de anotaciones:</b>	31/05/2016		<b>Horarios</b>	10:00 AM
<b>Nombre del Proceso</b>	Abastecimiento de Fármacos			
<b>Objetivo</b>	Lograr que la farmacia tenga todos los fármacos en la cantidad necesaria en el tiempo adecuado para el soporte y medicación en la atención al paciente			
<b>Usuarios</b>	Cajero		<b>Periodicidad</b>	Variable
	Jefe de Farmacia			
	Contabilidad			
<b>Dueño</b>	Recursos Humanos		<b>Fin</b>	Aprobación de pago a proveedores
<b>Inicio</b>	Jefe de Farmacia			
<b>Requisitos</b>	Existencia de faltantes de fármacos			
<b>Indicadores</b>	Políticas de inventario de ciertos productos.			
<b>Anexos</b>	No existe			
<b>Anexos</b>	No existe			
Proveedor	Entradas	Subproceso	Salida	Usuario
Cajero - Software de inventario - Requerrimiento de pacientes	Nivel de inventario de los fármacos	Ejecución de pedidos	Solicitud de compra vía telefónica	Laboratorios - Distribuidores de laboratorios
Laboratorios- Distribuidores de fármacos	Solicitud de compra vía telefónica	Recepción de pedidos	Check list del Medicamento pedido vs Medicamento recibido	Jefe de farmacia
Contabilidad	Copia de Factura electrónica		Software alimentado con los fármacos recibidos y sus valores correspondiente	
Jefe de farmacia	Guía de remisión y Facturas	Aprobación de pago a proveedor	Documentos firmados para aprobación	Gerencia administrativa

Tabla 9: SIPOC del subproceso: Compra de productos

FICHA DE LEVANTAMIENTO DE SUBPROCESOS				
<b>Analista de Procesos</b>	Kevin Celi- Alvaro Romero		<b>Módulo</b>	No se usa
<b>Fecha de anotaciones:</b>	31/05/2016		<b>Horarios</b>	10:00 AM
<b>Nombre Subproceso</b>	<b>Ejecución de pedidos.</b>			
<b>Objetivo</b>	Comunicar los requerimientos al proveedor en base a los niveles de inventario de los fármacos.			
<b>Usuarios</b>	Proveedores	<b>Periodicidad</b>	Variable	<b>Fin</b>
	Jefe de farmacia			
	Cajero			
<b>Dueño</b>	Jefe de Gestión de Talento	Emisión de pedido		
<b>Inicio</b>	Jefe de Farmacia			
<b>Requisitos</b>	Políticas de inventario en pocos productos			
<b>Indicadores</b>	No existe			
<b>Anexos</b>	No existe			
<b>Proveedor</b>	<b>Entrada</b>	<b>Actividad</b>	<b>Salida</b>	<b>Usuario</b>
Paciente	Desabastecimiento por venta de fármacos a pacientes	Registrar los faltantes en la farmacia	Lista de niveles de inventario de los diferentes fármacos	Cajero
Cajero- Software de inventario	Lista de niveles de inventario de fármacos	Recolectar la información de faltantes	Orden a pedir al proveedor	Jefe de farmacia
Jefe de farmacia	Orden del pedido	Emisión de pedido	Solicitud de compra	Proveedores

Tabla 10: SIPOC del subproceso: Recepción de productos

FICHA DE LEVANTAMIENTO DE SUBPROCESOS				
<b>Analista de Procesos</b>	Kevin Celi- Alvaro Romero		<b>Módulo</b>	No se usa
<b>Fecha de anotaciones:</b>	31/04/2016		<b>Horarios</b>	10:00 AM
<b>Nombre Subproceso</b>	<b>Recepción de productos.</b>			
<b>Objetivo</b>	Verificar que el pedido llegue completo e ingresar al software de inventario el pedido con los valores correspondientes.			
<b>Usuarios</b>	Proveedores	<b>Periodicidad</b>	Variable	<b>Fin</b>
	Jefe de farmacia			
	Contabilidad			
<b>Dueño</b>	Jefe de Farmacia	Entrega de documentos a contabilidad		
<b>Inicio</b>	Solicitud de compra			
<b>Requisitos</b>	No existe			
<b>Indicadores</b>	No existe			
<b>Anexos</b>	No existe			
<b>Proveedor</b>	<b>Entrada</b>	<b>Actividad</b>	<b>Salida</b>	<b>Usuario</b>
Distribuidores o laboratorios	Productos que fueron pedidos	Verificación del pedido	Check list de los productos pedidos	Jefe de farmacia
Jefe de farmacia	Factura y guía de remisión	Ingreso al sistema los productos recibidos	Aumento de los niveles de inventario al sistema	Cajero
Jefe de farmacia	Datos de factura y guía de remisión	Entrega de documentos formalizados	Factura y guía de remisión con códigos	Contabilidad-SRI

Tabla 11: SIPOC del subproceso: Aprobación de pago proveedores

FICHA DE LEVANTAMIENTO DE SUBPROCESOS				
<b>Analista de Procesos</b>	Kevin Celi- Alvaro Romero		<b>Módulo</b>	No se usa
<b>Fecha de anotaciones:</b>	31/04/2016		<b>Horarios</b>	10:00 AM
<b>Nombre Subproceso</b>	Aprobación de pago a proveedor			
<b>Objetivo</b>	Lograr que exista una gestión confiable, con varios documentos que sirvan de constancia para realizar el pago a los proveedores.			
<b>Usuarios</b>	Contabilidad		<b>Periodicidad</b>	Variable
	Jefe de farmacia			
	Gerencia administrativa			
	Recursos Humanos			
<b>Dueño</b>	Jefe de Farmacia		<b>Fin</b>	Aprobación de pago
<b>Inicio</b>	Entrega de factura y guía de remisión			
<b>Requisitos</b>	No existe			
<b>Indicadores</b>	No existe			
<b>Anexos</b>	No existe			
<b>Proveedor</b>	<b>Entrada</b>	<b>Actividad</b>	<b>Salida</b>	<b>Usuario</b>
Contabilidad	Guía de Remisión y factura con código	Realizar la retención a la fuente y el registro de los asientos contables	Guía de Remisión, factura interna, retención a la fuente y registro de asientos contables	Jefe de farmacia
Jefe de farmacia - Recursos Humanos	Cuaderno 1 y documentos para firma de aprobación	Aprobación de los documentos de pago de compras en farmacia	Cuaderno 1 y documentos firmados para aprobación	Gerencia Administrativa
Jefe de farmacia - Recursos Humanos	Cuaderno 1 y documentos firmados por gerencia administrativa	Realización de registro manual en el Cuaderno 2	Cuaderno 2, código, proveedor y precio total	Contabilidad

### 2.1.2 Análisis de Lead Time de los proveedores

Se ha definido una lista de los proveedores principales dentro del período de tiempo establecido por el tamaño de muestra para los productos vitales de clase A. El lead time indica el tiempo que le lleva a un proveedor entregar las mercaderías una vez que se realiza una orden en la farmacia, es decir, se refiere al tiempo de entrega de los productos.

En la Tabla 12 se presenta la lista de los proveedores de los productos vitales junto con los lead time mínimos y máximos respecto a los pedidos que realiza la farmacia:

**Tabla 12: Lista de proveedores con los lead times mínimos y máximos**

Ítems	Lista de proveedores	LT Mín (días)	LT Máx (días)
1	CIMMED	1	2
2	CORPORACION FARMACEUTICA MEDISUMI S.A.	1	7
3	DIFARE S.A.	1	5
4	GENECOM CIA LTDA	7	10
5	GILBERT GLOBAL BUSINESS S.A.	0,5	1
6	PARDOMER S.A.	0,5	1
7	PHARMEDIC S.A.	5	7

### 2.1.3 Análisis de costos

En esta sección se detalla el análisis de los costos asociados a la farmacia HLB que están relacionados al proceso de reabastecimiento de los productos, tales como costos de productos, con el cual se puede obtener un promedio del tamaño de la orden por cada producto.

**Tabla 13: Costos de productos vitales de clase A por proveedor**

Ítems	Proveedores		CORPORACION FARMACEUTICA MEDISUMI S.A.	DIFARE S.A.	GENECOM CIA LTDA	GILBERT GLOBAL BUSINESS S.A.	PARDOMER S.A.	PHARMEDIC S.A.
	Productos	CIMMED						
1	AMINOACIDOS		\$ 13,00	\$ 11,78		\$ 13,00		
2	COLISTINA				\$ 17,00			
3	DOBUTAMINA			\$ 5,09				\$ 6,22
4	EMULSIONES G.L.		\$ 14,00	\$ 15,96		\$ 16,75		
5	ENOXAPARINA			\$ 8,60		\$ 8,00		
6	IMIPENEM					\$ 7,99		
7	IPRATROPIO	\$ 10,75		\$ 10,69		\$ 11,00		
8	LACTATO RINGER			\$ 1,69			\$ 1,39	
9	MEROPENEM	\$ 20,00				\$ 20,00		
10	MIDAZOLAM							\$ 6,80
11	OCTREOTIDA			\$ 20,65				
12	PIPERACILINA			\$ 8,03		\$ 5,97		
13	PROPOFOL	\$ 9,07	\$ 12,50	\$ 9,89				

En la Tabla 13 se muestra los costos de los productos vitales de clase A por cada proveedor que puede suministrar dichos productos. Se aprecia una pequeña variación entre los costos de productos con diferentes proveedores, para ello es importante tomar en cuenta los lead times para tomar una decisión respecto a que proveedor es más conveniente seleccionar para realizar los pedidos.

**Tabla 14: Promedio del tamaño de la orden de los productos vitales de clase A**

Ítems	Nombre de Productos	Promedio del tamaño de la orden
1	AMINOACIDOS	345
2	COLISTINA	339
3	DOBUTAMINA	380
4	EMULSIONES G.L.	230
5	ENOXAPARINA	280
6	IMIPENEM	880
7	IPRATROPIO	413
8	LACTATO RINGER	1460
9	MEROPENEM	667
10	MIDAZOLAM	300
11	OCTREOTIDA	350
12	PIPERACILINA	390
13	PROPOFOL	89

En la tabla 14 se aprecia el tamaño de la orden promedio de cada uno de los 13 productos vitales de clase A durante el período comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016.

Estos datos se utilizarán para calcular los costos ponderados de los productos mediante la multiplicación en los costos de productos y el tamaño de la orden de dicho período.

**Tabla 15: Costos ponderados de los productos vitales de clase A**

Items	Nombre de productos	Costos ponderados
1	AMINOACIDOS	\$ 12,95
2	COLISTINA	\$ 17,00
3	DOBUTAMINA	\$ 5,39
4	EMULSIONES GRASAS	\$ 14,58
5	ENOXAPARINA	\$ 8,47
6	IMIPENEN	\$ 7,99
7	IPRATROPIO	\$ 10,71
8	LACTATO RINGER	\$ 1,65
9	MEROPENEM	\$ 20,00
10	MIDAZOLAM + DORMICUN	\$ 6,80
11	OCTREOTIDA	\$ 20,65
12	PIPERACILINA	\$ 6,71
13	PROPOFOL	\$ 10,69

La Tabla 15 muestra la ponderación de los costos de compra de los productos vitales de clase A por parte de la farmacia, estos costos fueron ponderados debido a que la farmacia realiza compras a varios proveedores, por lo tanto, se determinaron costos de acuerdo a la cantidad que le compra a cada proveedor y sus respectivos costos.

Posteriormente, estos resultados de costos ponderados de los productos vitales de clase A se lo consideran para determinar los costos de venta pérdida y costo de mantener inventario que incurren en la farmacia HLB, y también para determinar los costos de transporte del proveedor.

**Tabla 16: Precios ponderados de los productos vitales de clase A**

Nombre de productos	Total de unidades vendidas	Precios ponderados
AMINOACIDOS	525	\$ 14,33
COLISTINA	352	\$ 18,76
DOBUTAMINA	540	\$ 5,98
EMULSIONES G.L.	363	\$ 16,36
ENOXAPARINA	493	\$ 9,98
IMIPENEM	1062	\$ 9,15
IPRATROPIO	609	\$ 13,48
LACTATO RINGER	2993	\$ 2,02
MEROPENEM	2092	\$ 22,56
MIDAZOLAM	866	\$ 8,13
OCTREOTIDA	738	\$ 22,72
PIPERACILINA	806	\$ 7,56
PROPOFOL	223	\$ 11,83

En la farmacia se realiza ventas a dos tipos de clientes: los clientes con convenios al IEISS, y clientes sin convenio; debido a esto se determina los precios ponderados (ver Tabla 16) para su posterior uso en la obtención de los costos de ventas perdidas y porcentaje de utilidad de los productos vitales de clase A.

**Tabla 17: Costo de venta pérdida de los productos vitales de clase A**

Nombre de productos	Total de faltantes	Costo de productos	Precio de venta al público	Utilidad de ganancia	Costo de venta perdida
AMINOACIDOS	18	\$ 12,95	\$ 14,33	1,39	\$ 24,98
COLISTINA	5	\$ 17,00	\$ 18,76	1,76	\$ 8,79
DOBUTAMINA	31	\$ 5,39	\$ 5,98	0,59	\$ 18,29
EMULSIONES GRASAS	24	\$ 14,58	\$ 16,36	1,78	\$ 42,64
ENOXAPARINA	7	\$ 8,47	\$ 9,98	1,51	\$ 10,59
IMIPENEM	6	\$ 7,99	\$ 9,15	1,16	\$ 6,98
IPRATROPIO	21	\$ 10,71	\$ 13,48	2,77	\$ 58,17
LACTATO RINGER	167	\$ 1,65	\$ 2,02	0,37	\$ 61,40
MEROPENEM	470	\$ 20,00	\$ 22,56	2,56	\$ 1.200,86
MIDAZOLAM + DORMICUN	63	\$ 6,80	\$ 8,13	1,33	\$ 83,85
OCTREOTIDA	82	\$ 20,65	\$ 22,72	2,07	\$ 169,33
PIPERACILINA	122	\$ 6,71	\$ 7,56	0,85	\$ 103,94
PROPOFOL	0	\$ 10,69	\$ 11,83	1,14	\$ -
					\$ 1.789,82

En la Tabla 17 se muestra los costos de ventas del periodo comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016, el cual se lo determinó con el total de unidades faltantes en dicho periodo por la utilidad de ganancia de cada producto.

**Tabla 18: Costo de mantener inventario de los productos**

Nombre de productos	Inventario promedio	Costo de productos	Porcentaje de costo de oportunidad	Costo de mantener inventario
AMINOACIDOS	31	\$ 12,95	15%	\$ 454,57
COLISTINA	36	\$ 17,00	15%	\$ 706,63
DOBUTAMINA	54	\$ 5,39	15%	\$ 336,69
EMULSIONES GRASAS	29	\$ 14,58	15%	\$ 485,65
ENOXAPARINA	45	\$ 8,47	15%	\$ 440,75
IMIPENEN	39	\$ 7,99	15%	\$ 357,79
IPRATROPIO	37	\$ 10,71	15%	\$ 450,30
LACTATO RINGER	105	\$ 1,65	15%	\$ 198,55
MEROPENEM	40	\$ 20,00	15%	\$ 919,71
MIDAZOLAM + DORMICUN	48	\$ 6,80	15%	\$ 378,04
OCTREOTIDA	61	\$ 20,65	15%	\$ 1.446,79
PIPERACILINA	38	\$ 6,71	15%	\$ 291,29
PROPOFOL	21	\$ 10,69	15%	\$ 261,08
				<b>6.727,83</b>

En la tabla 18 se muestra el costo de mantener inventario, este se lo calcula con el costo de oportunidad que es igual al 15% para todos los productos multiplicado por el costo de producto y por el inventario promedio en la farmacia.

**Tabla 19: Costo total de transporte de los productos vitales de clase A**

Nombre de productos	Total de unidades transportadas a farmacia	Costo de productos	Costo de transporte	Costo total de transporte
AMINOACIDOS	440	\$ 12,95	\$ 3,88	1.709,00
COLISTINA	315	\$ 17,00	\$ 5,10	1.606,50
DOBUTAMINA	400	\$ 5,39	\$ 1,62	646,48
MIDAZOLAM + DORMICUN	531	\$ 8,00	\$ 2,40	1.274,40
EMULSIONES GRASAS	325	\$ 14,58	\$ 4,37	1.421,55
ENOXAPARINA	420	\$ 8,47	\$ 2,54	1.067,40
IMIPENEN	1013	\$ 7,99	\$ 2,40	2.428,16
IPRATROPIO	527	\$ 10,71	\$ 3,21	1.693,95
LACTATO RINGER	2520	\$ 1,65	\$ 0,49	1.246,57
MEROPENEM	1457	\$ 20,00	\$ 6,00	8.742,00
MIDAZOLAM	896	\$ 6,80	\$ 2,04	1.827,84
OCTREOTIDA	708	\$ 20,65	\$ 6,20	4.386,06
PIPERACILINA	605	\$ 6,71	\$ 2,01	1.217,77
PROPOFOL	219	\$ 10,69	\$ 3,21	702,13

En la Tabla 19 se muestra el costo total de transporte, este es igual al 30% del costo del producto multiplicado por la cantidad de unidades transportadas en farmacia durante el periodo comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016.

#### 2.1.4 Análisis de la Demanda

Para determinar la demanda en un lapso de tiempo definido, se tiene que identificar el comportamiento que toma la demanda de los productos en los diferentes períodos de reabastecimiento del proveedor, ya que, en ocasiones ese período puede resultar vulnerado para la demanda, por lo cual se toman mediciones en el tiempo que hemos obtenido de la data histórica y a través de esto poder definir una distribución de probabilidad que sigue la demanda de cada producto.

##### 2.1.4.1 Regularidad de la Demanda

Para determinar la regularidad de la demanda de los productos vitales de clase A, se utilizó el análisis propuesto por los autores Peterson, R. and Silver (1979). Este análisis indica 3 pasos que se deben seguir para identificar la regularidad de la demanda, tal y como se describe en la Tabla 20:

**Tabla 20: Pasos y fórmulas para identificación de regularidad de demanda**

ítems	Pasos para identificación de regularidad de la demanda	Fórmula
1	Determinar un estimado para la demanda promedio por periodo.	$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} d_i$
2	Determinar un estimado de la varianza de la demanda por periodo.	$\text{Est. var } \mathbf{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} d_i^2 - \bar{d}^2$
3	Determinar un estimado de la variabilidad relativa de la demanda (coeficiente cuadrático de variabilidad)	$VC = \frac{\text{est. var } \mathbf{D}}{\bar{d}^2}$

En la Tabla 21 se presenta los criterios con los cuales se determina si existe o no variabilidad de la demanda de los productos vitales de clase A.

**Tabla 21: Criterio para regularidad de la demanda (Peterson, R. and Silver, E. (1979))**

Condición	Tipo de demanda
$VC < 0,25$	Constante
$VC > 0.25$	Variable

La fórmula utilizada para el cálculo del coeficiente cuadrático de variabilidad de la demanda diaria se encuentra en el ítem 3 de la Tabla 20.

Se realizaron los cálculos pertinentes del coeficiente cuadrático de variabilidad de cada producto vital de clase A durante el período comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016, en el cual se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 22: Coeficiente cuadrático de variabilidad de la demanda diaria de los productos vitales clase A**

Items	Medicamentos	Media	Varianza	Desviación estándar	Coeficiente cuadrático de variabilidad
1	AMINOACIDOS 15%	1,215	2,568	1,603	<b>1,319</b>
2	COLISTINA100MG	0,815	3,632	1,906	<b>2,339</b>
3	DOBUTAMINA 50MG/ML	1,250	7,743	2,783	<b>2,226</b>
4	DORMICUN 50MG AMPX5+ MIDAZOLAN	3,720	52,18	7,224	<b>1,942</b>
5	EMULSIONES GRASAS lipidos 20%	0,840	1,290	1,136	<b>1,352</b>
6	ENOXAPARINA 4000 UI (40 MG)	1,144	1,627	1,275	<b>1,115</b>
7	IMIPENEN+CILASTATINA 500+500	2,458	8,843	2,974	<b>1,210</b>
8	IPRATROPIO BROMURO 0.25 MG/ML	1,410	1,834	1,354	<b>0,961</b>
9	LACTATO RINGER 1000CC	6,928	40,986	6,402	<b>0,924</b>
10	MEROPENEM 1000G	4,850	3,540	1,881	<b>0,388</b>
11	OCTREOTIDA 0.1 MG/ML	1,708	26,286	5,127	<b>3,001</b>
12	PIPERACILINA + TAZOBACTAM 4 G + 0.5 G	1,860	7,393	2,719	<b>1,462</b>
13	PROPOFOL 20 mg/ml	0,510	6,470	2,544	<b>4,987</b>

Los coeficientes de variabilidad son muy superiores a 0,25, entonces, mediante el uso de los criterios de regularidad de la demanda mostrada anteriormente (ver Tabla 21), se llega a la conclusión de que la demanda de los productos vitales de clase A es altamente variable.

#### 2.1.4.2 Distribución de probabilidad de la demanda

Para determinar la distribución de probabilidad de la demanda diaria para cada uno de los productos vitales de clase A, se utilizó la opción sta-fit del software Promodel, donde se tomaron los valores de la demanda de la data histórica de la farmacia HLB.

En la Tabla 23 se muestra la distribución de probabilidad de la demanda diaria de cada uno de los productos vitales de clase A:

**Tabla 23: Distribución de probabilidad de la demanda diaria de los productos vitales de clase A**

Items	Medicamentos	Distribución de probabilidad de la demanda
1	AMINOACIDOS	<i>Geometrica (0.451)</i>
2	COLISTINA	<i>Empírica</i>
3	DOBUTAMINA	<i>Empírica</i>
4	DORMICUN + MIDAZOLAM	<i>Empírica</i>
5	EMULSIONES G.L.	<i>Geometrica (0.543)</i>
6	ENOXAPARINA	<i>Geometrica (0.467)</i>
7	IMIPENEN	<i>Empírica</i>
8	IPRATROPIO	<i>Poisson(1.41)</i>
9	LACTATO RINGER	<i>Lognormal(-1.19,1.79,0.07)</i>
10	MEROPENEM	<i>Empírica</i>
11	OCTREOTIDA	<i>Empírica</i>
12	PIPERACILINA	<i>Empírica</i>
13	PROPOFOL	<i>Empírica</i>

## 2.2 Análisis de causas

### 2.2.1 Diagrama Ishikawa

Para la identificación de factores que pueden afectar al problema identificado en el proyecto, utilizamos el diagrama causa-efecto (ver Figura 2.3) que es una herramienta útil para el establecimiento de causas potenciales de un problema. Se determinaron distintas causas potenciales en aquellas actividades que forman parte del proceso de abastecimiento de productos en la farmacia del Hospital León Becerra.

Las causas señaladas en el diagrama fueron observadas y analizadas dentro de las instalaciones de la farmacia.

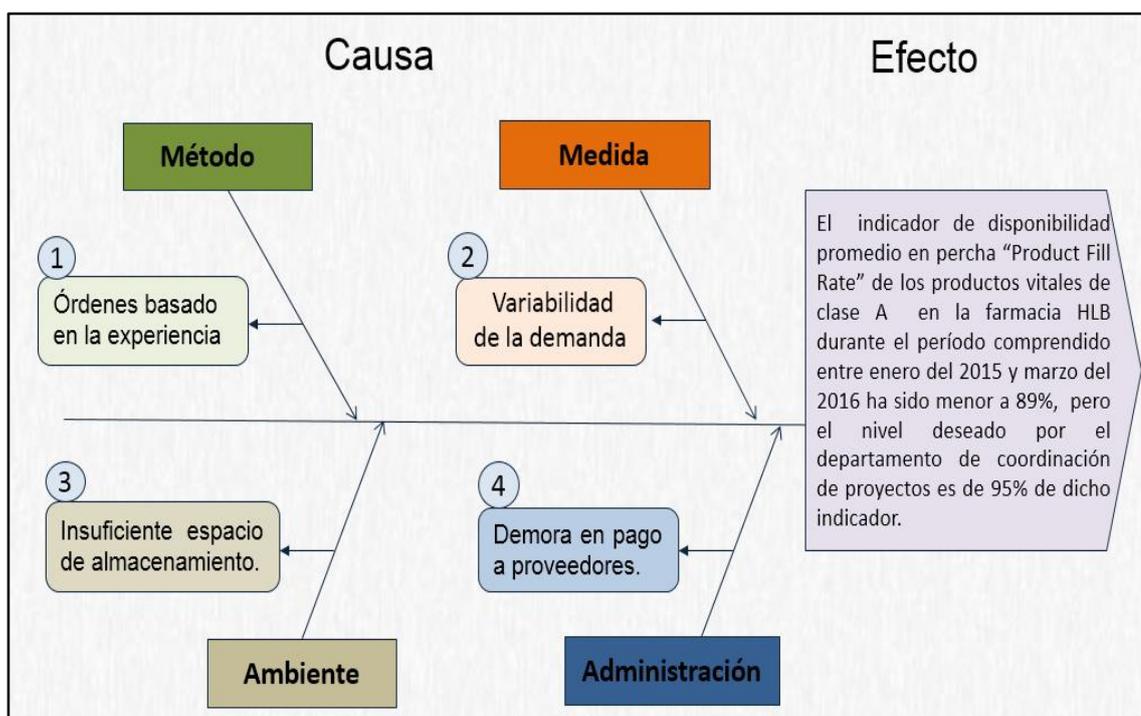


Figura 2.3: Diagrama Ishikawa (Causa – Efecto)

### 2.2.2 Matriz de priorización de las causas

En la siguiente matriz (ver Figura 2.4) se ha seleccionado una causa crítica en base a una ponderación y aplicación de criterios, esta se encuentra dentro del cuadrante verde: fácil de controlar y de alto impacto, debido a que si se implementa una apropiada gestión de las órdenes de compra, esto podría conducir a mejoras en el proceso de control de inventario.

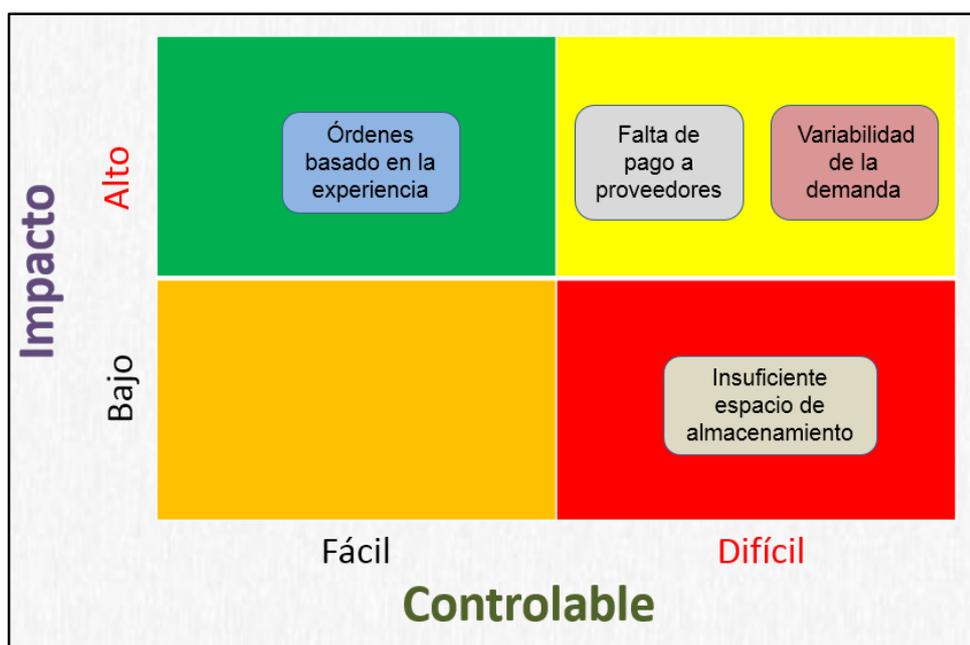


Figura 2.4: Matriz de priorización de causas

### 2.2.3 Causa Raíz

A través del uso de la técnica de los 5 porqués se puede evidenciar diversas razones que afectan significativamente a la causa crítica del problema establecido en el proyecto, en los cuales hemos identificado 2 causas que nos ayudó a determinar la causa raíz, tal y como se muestra a continuación:

**Tabla 24: Causa raíz del problema definido**

	<b>Causa crítica</b>
	Órdenes basado en la experiencia
<b>¿Por qué?</b>	No hay una política de reabastecimiento de inventario
<b>¿Por qué?</b>	No se realizan pronósticos de la demanda
<b>Causa raíz</b>	Falta de estrategias de control de inventario

### 2.3 Propuestas de soluciones

Una vez encontrada la causa raíz del problema, se proponen posibles soluciones, las cuales fueron producto de una lluvia de ideas con el equipo de trabajo.

Las posibles soluciones son:

- Diseño de modelo VMI.
- Diseño de modelo CRP.
- Diseño de modelo matemático para manejar la realización de las órdenes.

Estas fueron descritas en el CAPÍTULO 1 (ver Marco teórico: Sección 1.9.2, Sección 1.9.3 y Sección 1.9.4) con sus respectivas ventajas y desventajas.

#### 2.3.1 Priorización de soluciones

La matriz de priorización de soluciones fue calificada mediante el uso de niveles de prioridad (ver Tabla 25) que van desde no importante hasta muy necesario.

En la Tabla 26 se presenta la matriz de priorización de soluciones para determinar la solución que tiene mayor impacto con respecto a las causas que afectan al problema.

Tabla 25: Niveles de prioridad

Puntaje de prioridad	Descripción
3	Muy necesario
2	Necesario
1	Poco importante
0	Sin importancia

Tabla 26: Matriz de priorización de soluciones

Matriz de priorización de Soluciones			
Soluciones	Diseño de modelo VMI	Diseño de modelo CRP	Diseño de modelo matemático para manejar la realización de las órdenes.
Causas			
Órdenes basado en la experiencia	3	3	3
Variabilidad de la demanda	1	1	1
Insuficiente espacio de almacenamiento	3	3	2
Retraso en pago de proveedores	3	2	1
<b>Impacto</b>	10	9	7
<b>Orden de prioridad</b>	1	2	3

Como resultado de la matriz de priorización de soluciones se obtuvo el siguiente orden de prioridad:

- 1) Diseño de modelo VMI.
- 2) Diseño de modelo CRP.
- 3) Diseño de modelo matemático para manejar la realización de las órdenes.

## 2.4 Diseño de mejoras

En esta sección se detalla el funcionamiento de las estrategias VMI y CRP que utilizaremos en el presente proyecto, para la gestión de abastecimiento de productos en la farmacia del Hospital León Becerra.

### 2.4.1 Estructura del modelo VMI



**Figura 2.5: Gestión de abastecimiento de productos mediante estrategia VMI**

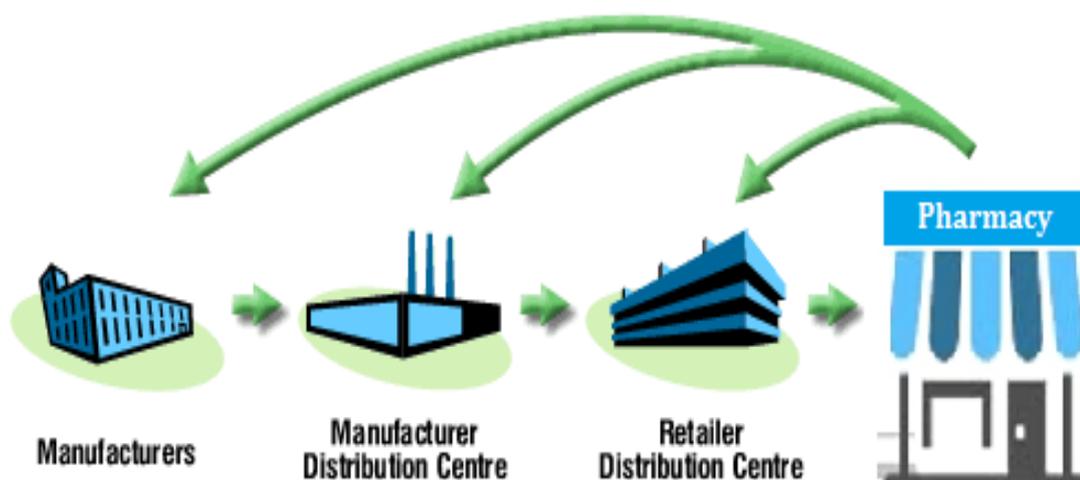
En la figura 2.5 se aprecia la gestión de abastecimiento de la estrategia VMI, que es adaptable para la farmacia, más adelante se demuestra la factibilidad de implementación que tiene este sistema junto con el sistema CRP.

Cuando los pacientes llegan a la farmacia y compran los productos, con la ayuda de sistemas de intercambio de información de datos, el personal responsable de farmacia envía la información de las ventas al proveedor y el nivel de inventario de los productos que se tiene en stock; realizado esto, el proveedor analiza la información y envía los productos que requiere la farmacia en un período determinado.

El vendedor tiene beneficios al obtener la demanda real de la farmacia, ya que pronostica y planifica la producción con base a la venta real y no en las órdenes de farmacia HLB, para de esta forma reducir el efecto látigo en la cadena de suministro.

Esta información intercambiada es sometida a los respectivos análisis matemáticos para estimar una demanda ajustada que permita procesar pedidos adaptados a las necesidades reales del cliente.

### 2.4.2 Estructura del modelo CRP



**Figura 2.6: Gestión de abastecimiento de productos mediante estrategia CRP**

En este modelo, el proveedor de la farmacia realiza la reposición de los productos sólo por la cantidad vendida como sea necesario en tiempo real, y no hay punto de orden específico o una expresión para calcular el tamaño de la orden de la jornada.

La farmacia debe proporcionar al proveedor la información de las ventas realizadas de los productos. Una vez obtenida la información pertinente, el proveedor procesa estos datos para mantener el inventario del cliente a un nivel establecido y en el tiempo necesario.

## 2.4.3 Factibilidad de los modelos VMI y CRP

### 2.4.3.1 Diseño de evaluación de los modelos VMI y CRP

Para determinar la factibilidad de las modelos VMI y CRP, se toman en consideración 2 etapas fundamentales en la evaluación, para ello utilizamos el siguiente diseño de evaluación que se muestra en la figura 2.7:

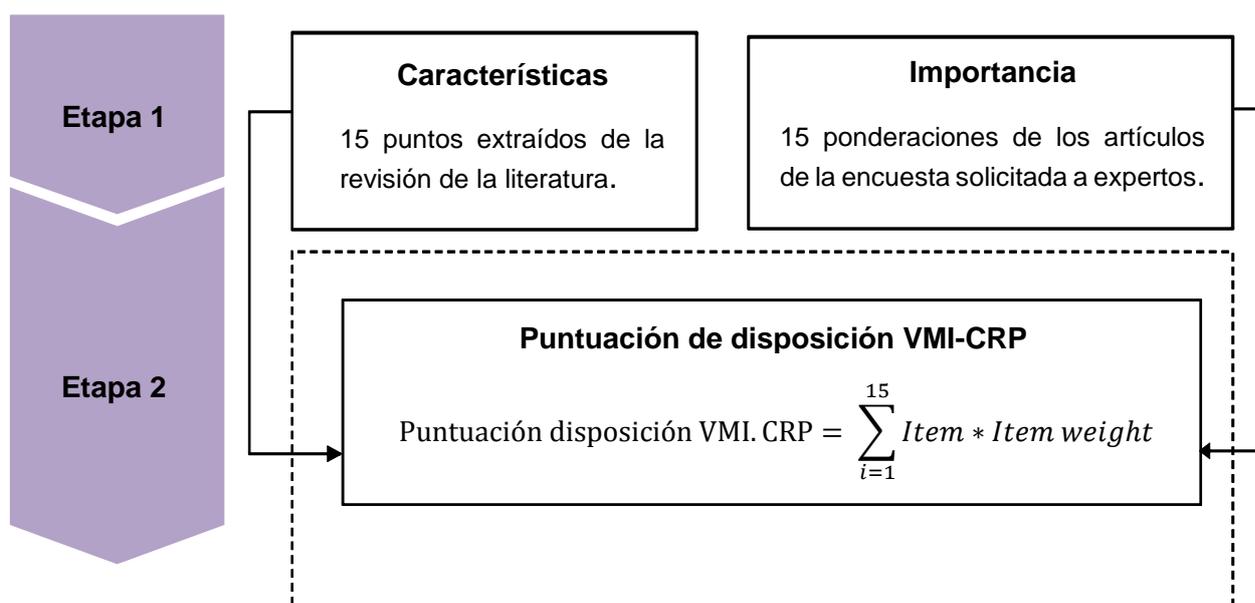


Figura 2.7: Diseño de evaluación de los modelos VMI y CRP

En esta sección se identificaron 15 características que pueden afectar la idoneidad de dichos modelos [1].

Se consideró útil para clasificar las características en función de si eran susceptibles de mejora, a través del esfuerzo de gestión dentro de la farmacia HLB.

Es importante que existan casos en que los modelos VMI y CRP no se utilizan, debido a que exista algún factor que pueda ser desfavorable, es por ello que se realizó una evaluación de los prerrequisitos para justificar la factibilidad que tiene el proyecto en el área de estudio.

### 2.4.3.2 Consideraciones de evaluación de los modelos VMI y CRP

- Se han clasificado las características en una escala que va:

De: 0	('nada importante')
A: 4	("muy importante").

- Los campos marcados con un asterisco (\*) son características controlables/mejorables, mientras que las otras características no lo son.
- Las cifras entre paréntesis junto a los elementos son las ponderaciones de los artículos expresados en porcentaje [1].

#### 2.4.3.2.1 Rangos de decisión

Se utilizan los siguientes rangos de decisión en la evaluación de los prerrequisitos de los modelos VMI y CRP [1], para verificar si la estrategia debe o no debe ser aceptada en el ambiente de la farmacia del Hospital León Becerra.

Los rangos de decisión son los siguientes:

<b>0- 210</b>	La estrategia no es aceptada.
<b>210- 300</b>	<b>La estrategia es aceptada.</b>
<b>&gt; 300</b>	La estrategia no es aceptada.

### 2.4.4 Evaluación de los prerrequisitos de los modelos VMI y CRP

La evaluación de los prerrequisitos de los modelos VMI y CRP en la farmacia HLB se divide en 3 partes (ver Tabla 27).

Primero, se realiza una evaluación en relación a los productos, donde se analiza si estos están estandarizados, si la variabilidad de la demanda es baja, si son identificados dentro de la cadena de suministro, si son productos repetitivos, o si estos pueden ser pronosticados y controlados.

También, se evalúan en relación a la compañía, donde se analiza si la compañía es estable, si los costos de la gestión de reabastecimiento son elevados, o si se cuenta con apropiados sistemas de información.

Por último, se evalúan en relación a los proveedores, donde se analiza si existen relaciones a largo plazo con los proveedores, si están identificados los proveedores claves, si ya existe algún sistema de intercambio de información integrado con los proveedores.

Tabla 27: Tabla de la evaluación de los prerrequisitos en farmacia HLB

Características	Farmaccia HLB
<b>Producto relacionado</b>	
1. Los productos son estandarizados, es decir, la personalización es mínima (7.07)	4
2. Los productos son repetitivos, es decir, son infrecuentes los cambios en las especificaciones del producto por parte del cliente (8.04)	4
3. Los productos tienen un estándar de identificación a lo largo de la cadena de suministro.* (6.75)	4
4. La demanda es de baja variabilidad (4.82)	1
5. La demanda se podría pronosticar y los niveles de existencias se controlan. * (7.40)	3
<b>El marcador relacionado con el producto</b>	<b>114</b>
<b>Empresa relacionada(Hospital León Becerra)</b>	
6. Los ingresos de la compañía se han mantenido estables en los últimos años es decir, ni crecido rápidamente ni caído (3.86)	4
7. Los costos de transacción relacionados con la compra son altos (5.14)	2
8. Sistemas de información y comunicación son buenas * (6.75)	3
9. La empresa podría tener intercambio de inventario / información de los pronósticos con los proveedores * problema (9.97)	3
10. La compra de medicamentos es una competencia central de nuestra organización (7.07)	2
<b>El marcador relacionado con la empresa</b>	<b>90</b>
<b>Proveedor relacionado</b>	
11. Los altos niveles de confianza y relaciones a largo plazo con los proveedores existen * (7.72)	3
12. Los beneficios son evidentes tanto para la empresa como los proveedores (7.07)	3
13. Los proveedores clave constituyen un alto porcentaje de las órdenes de compra * (5.14)	4
14. Los proveedores están dispuestos a cooperar con una iniciativa VMI/CRP (8.68)	3
15. El sistema de información de la compañía está integrado con los proveedores * (4.50)	0
<b>El marcador relacionado con proveedores</b>	<b>78</b>
<b>Puntuación de disposición VMI-CRP</b>	283
<b>Rango de puntuación</b>	210-300
<b>Se decide utilizar estrategia VMI-CRP?</b>	<b>Si</b>

Una vez evaluados los modelos VMI y CRP en el ambiente de la farmacia del Hospital León Becerra, se obtuvo como resultado que ambas estrategias son factibles para ser aplicadas, dado que en la evaluación de los prerequisites de acuerdo al rango de decisión dió un resultado favorable para su implementación.

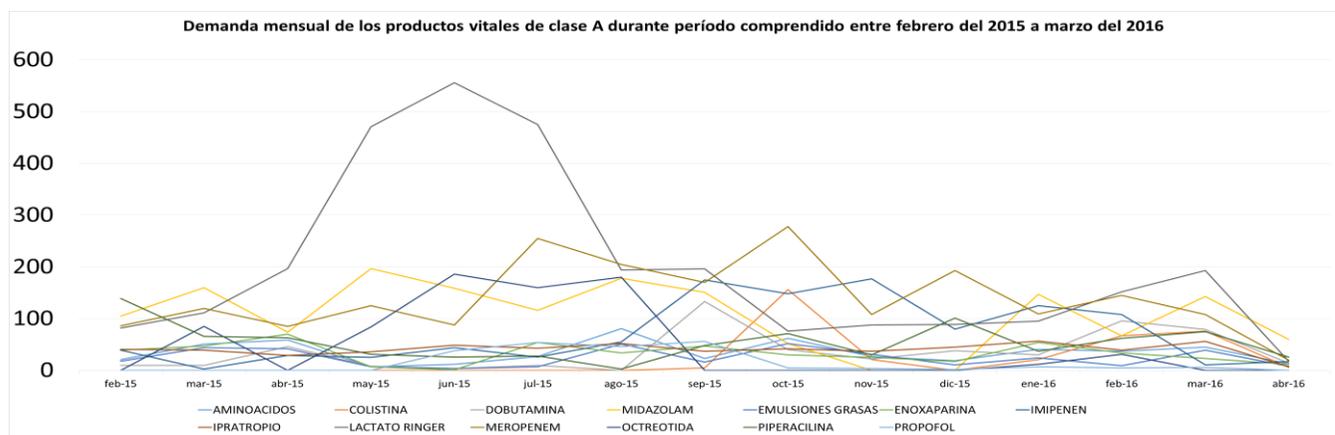
Cabe mencionar que estos prerequisites aplican para los 2 modelos, debido a que se está evaluando en el mismo lugar y por ende se van a considerar las mismas características de los productos, empresa y proveedor; lo que se diferencia en dichos modelos es en las políticas de reabastecimiento de productos que se emplean.

Esta evaluación contiene factores relevantes y precisos para la toma de aceptación de las estrategias VMI y CRP en el ambiente del Hospital León Becerra.

## 2.4.5 Pronóstico de la demanda

**Tabla 28: Demanda mensual de los productos vitales de clase A durante período comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016**

Items	Nombre de productos	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16
1	AMINOACIDOS	21	51	59	7	12	27	81	23	62	27	19	41	37	45	13
2	COLISTINA	0	0	0	0	0	0	0	5	156	21	0	21	67	76	6
3	DOBUTAMINA	10	10	46	8	4	10	0	133	40	22	38	30	96	79	14
4	MIDAZOLAM	105	160	74	197	159	116	178	151	52	0	0	147	67	143	60
5	EMULSIONES GRASAS	18	44	42	7	4	7	51	16	52	31	11	24	9	39	8
6	ENOXAPARINA	39	47	70	7	1	54	34	47	30	25	17	54	34	23	12
7	IMIPENEN	39	3	29	25	44	26	55	175	148	177	80	125	108	11	17
8	IPRATROPIO	41	39	29	36	49	43	52	37	42	37	45	57	39	56	7
9	LACTATO RINGER	82	111	197	471	556	475	194	196	76	88	89	95	152	193	18
10	MEROPENEM	86	120	85	125	88	255	205	170	278	108	193	109	145	108	20
11	OCTREOTIDA	0	85	0	84	186	160	180	0	0	0	0	12	31	0	0
12	PIPERACILINA	139	66	63	31	26	28	3	48	71	30	101	37	62	75	26
13	PROPOFOL	0	0	0	0	38	54	46	56	5	4	2	7	5	6	0



**Figura 2.8: Comportamiento de la demanda mensual de los productos vitales de clase A durante período comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016**

En la tabla mostrada anteriormente (ver Tabla 28) se presenta los datos que serán utilizados para pronosticar la demanda mensual de los productos vitales de clase A.

También, apreciamos el comportamiento que toma la demanda mensual de los productos (ver Figura 2.8), en el cual notamos una cierta variabilidad de los datos, donde existen productos que son más solicitados, y mediante la gráfica se comprueba que no existe una tendencia observable ni estacionalidad en la demanda mensual de los productos vitales de clase A.

Cabe mencionar que los productos vitales de clase A son usados para terapias en el Área de Cuidados Intensivos, dependiendo del estado de gravedad del paciente se utilizan una cantidad específica de medicamentos considerados como vitales de clase A para llevar a cabo su tratamiento.

En la Tabla 28, notamos que algunas demandas de los productos están elevadas, entonces en base a una entrevista con la responsable de farmacia HLB se verificaron las razones por surgen picos altos en la demanda, como es el caso del producto Lactato Ringer que fue altamente usado durante el período de abril a agosto del 2015, debido a que el Hospital León Becerra en dicho período tenía en emergencia a dos pacientes graves con la necesidad de utilizar dicho producto para el tratamiento, esto se lo conoce como una demanda eventual, que también puede suceder con los demás productos vitales de clase A.

Los datos de la demanda diaria de los productos vitales de clase A durante el período comprendido entre febrero del 2015 a marzo del 2016, no sigue una distribución de probabilidad normal, por lo cual se procede a utilizar modelos de series de tiempos para suavizar los datos mediante el modelo de pronóstico adecuado para cada producto.

#### **2.4.5.1 Análisis de series de tiempo**

Con el objetivo de pronosticar la demanda mensual de los productos vitales de clase A, se utilizaron dos modelos de serie de tiempo: Medias móviles y suavización exponencial, y de esta manera seleccionar el modelo de pronóstico con el menor error en los cálculos pertinentes mediante el uso de los indicadores: Mean absolute deviation (MAD) y Tracking Signal (TS).

El pronóstico de la demanda se lo realizará mensualmente, ya que el reabastecimiento se lo realizará cada 30 días.

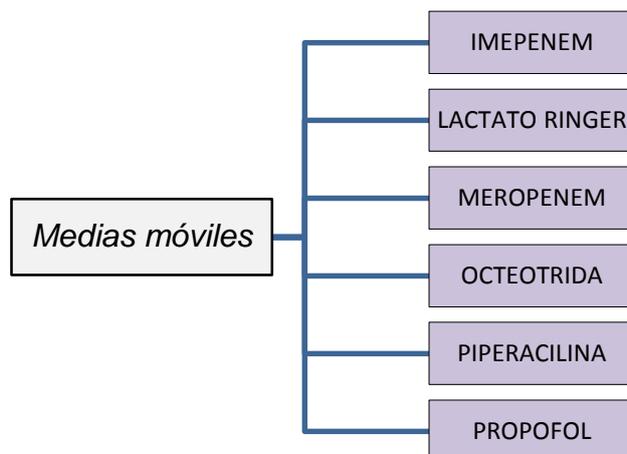
Los datos obtenidos con el modelo de pronóstico a seleccionar, son de total importancia como datos de entrada para la simulación en la estrategia VMI.

#### **2.4.5.2 Pruebas y ajustes del modelo**

Una vez considerado los modelos y las medidas de error de pronóstico, se realizaron las respectivas pruebas de los datos de la demanda mensual de cada uno de los productos vitales de clase A.

A través del análisis de los valores pronosticados y los errores obtenidos en el período comprendido de febrero 2015 a marzo 2016, se seleccionaron para cada producto entre los dos métodos de pronóstico evaluados, el método que tiene el menor error MAD y que esté dentro de los límites permitidos de la señal de seguimiento.

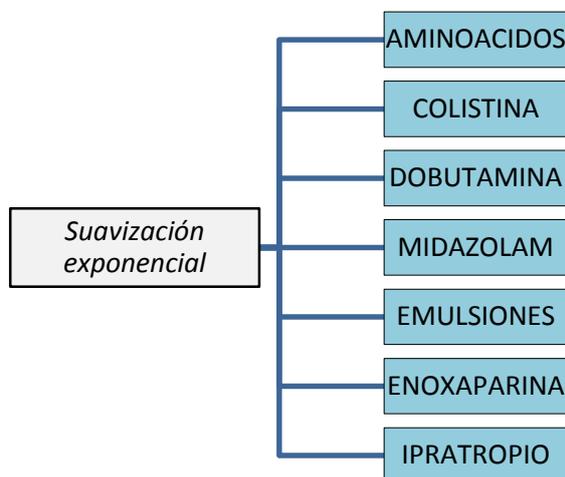
Con el método de medias móviles fueron seleccionados 6 productos, estos fueron los siguientes:



**Figura 2.9: Medicamentos cuya demanda puede ser pronosticado usando método de medias móviles**

Los cálculos pertinentes a los valores de pronóstico y la medición de los errores de los medicamentos cuya demanda puede ser pronosticado usando el método de medias móviles se muestran en el APENDICE A (ver Tablas 40-45).

Con el método de suavización exponencial fueron seleccionados 6 productos, estos fueron los siguientes:



**Figura 2.10: Medicamentos cuya demanda puede ser pronosticado usando método de suavización exponencial**

Los cálculos pertinentes a los valores de pronóstico y la medición de los errores de los medicamentos cuya demanda puede ser pronosticado usando el método de Suavización exponencial se muestran en el APENDICE A (ver Tablas 46-52).

## 2.5 Modelo de simulación de las estrategias VMI y CRP

### 2.5.1 Modelo de Simulación de la estrategia VMI

En el siguiente diagrama (ver Figura 2.11) se muestra la lógica que es utilizada para realizar la programación de la simulación VMI en el programa Promodel, donde se detalla el proceso de arribo de clientes, venta de productos por parte de la farmacia, y reabastecimiento del proveedor.

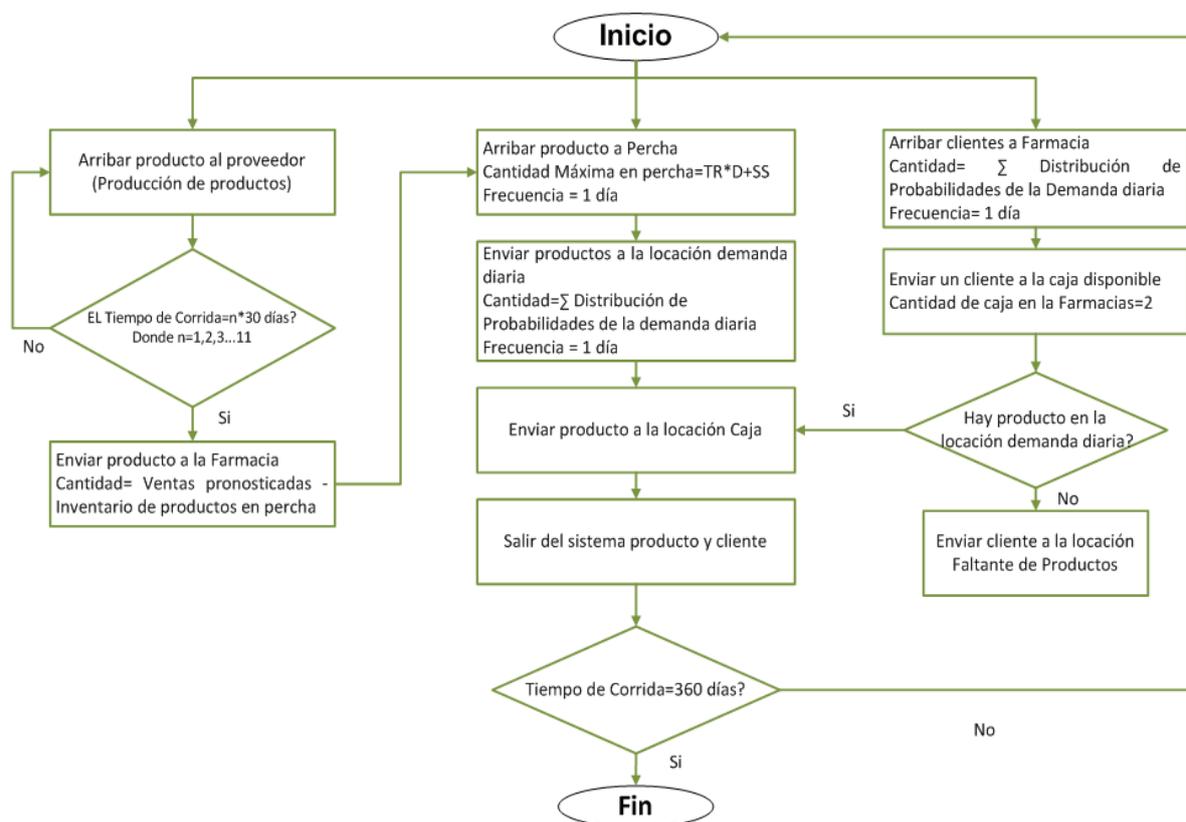


Figura 2.11: Diagrama de flujo del procedimiento de simulación de la estrategia VMI

### 2.5.1.1 Datos de entrada de la Simulación de la estrategia VMI

Uno de los datos de entrada utilizados para realizar la simulación del modelo VMI en el software Promodel, son las distribuciones de probabilidad de la demanda diaria de cada producto vital de clase A (ver Tabla 23 en la Página N<sup>o</sup> 51).

Otros de los datos de entrada utilizados fueron la cantidad disponible de inventario de los productos vitales durante los 30 días establecidos como período de reabastecimiento de producto. A continuación, se presenta las fórmulas utilizadas para determinar cantidad inicial en percha de los productos vitales de clase A.

$$Q_i = \bar{D}_i * TR + SS_i$$

Donde:

$Q_i$  = Cantidad inicial en percha del producto i.

$\bar{D}_i$  = Demanda promedio diaria del producto i.

$SS_i$  = Stock de seguridad del producto i.

$$SS_i = Z_{\alpha/2} * S_d * \sqrt{TR}$$

$Z_{\alpha/2} = 1,96$  con 95% de confianza.

$S_d$  = Desviación estándar de la demanda.

$TR$  = Tiempo de reposición.

En la Tabla 29 se muestra los resultados de la cantidad disponible de inventario de cada producto:

**Tabla 29: Inventario inicial en percha con modelo VMI**

Items	Nombre de productos	Media (Unidad por día )	Desviación estándar	Inventario inicial en percha (Qi)
1	AMINOACIDOS	1,22	1,60	55
2	COLISTINA	0,82	1,91	46
3	DOBUTAMINA	1,25	2,78	69
4	MIDAZOLAM	3,72	7,22	194
5	EMULSIONES G.L.	0,84	1,14	38
6	ENOXAPARINA	1,14	1,28	49
7	IMIPENEN	2,46	2,97	109
8	IPRATROPIO	1,41	1,35	58
9	LACTATO RINGER	6,93	6,40	285
10	MEROPENEM	4,85	1,88	171
11	OCTREOTIDA	1,71	5,13	109
12	PIPERACILINA	1,86	2,72	87
13	PROPOFOL	0,51	2,54	44

Finalmente, otros datos de entrada utilizados fueron la cantidad de producto a enviar mensualmente de cada período de reposición por parte de los proveedores a la farmacia HLB, esta cantidad se la calcula con base en el pronóstico de la demanda que se realizó en la Sección 2.4.5.

La cantidad a enviar en los 12 periodos mensuales establecidos en la simulación se muestra en el APENDICE A (ver Tablas 53-65).

### 2.5.2 Modelo de Simulación de la estrategia CRP

En el siguiente diagrama (ver Figura 2.12) se muestra la lógica que es utilizada para realizar la programación de la simulación de la estrategia CRP en el software Promodel, donde se detalla el proceso de arribo de clientes, venta de productos por parte de la farmacia, y reabastecimiento del proveedor.

La única diferencia con el diagrama VMI, se encuentra en el proceso de reabastecimiento, en este proceso la cantidad a enviar no está basada en pronósticos, sino basada en las ventas reales del periodo anterior.

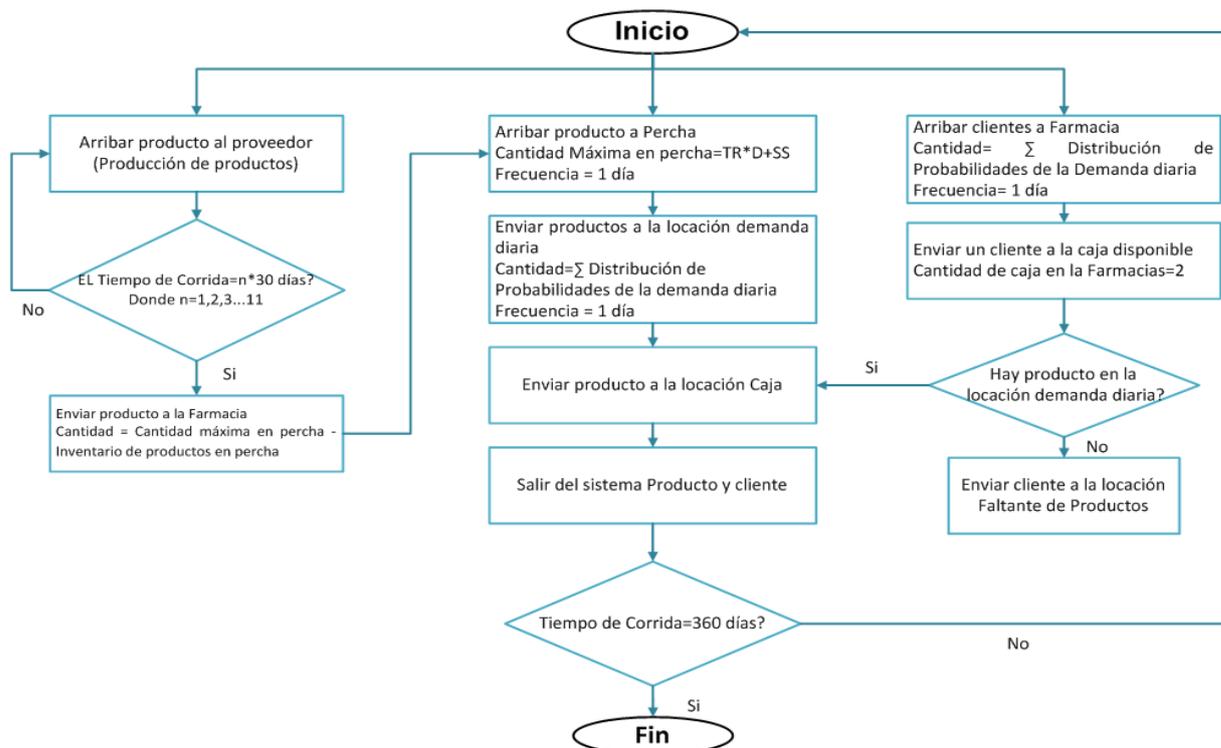


Figura 2.12: Diagrama de flujo del procedimiento de simulación de la estrategia CRP

### 2.5.2.1 Datos de entrada de la Simulación de la estrategia CRP

Uno de los datos de entrada utilizados para realizar la simulación del modelo CRP en el software Promodel, son las distribuciones de probabilidad de la demanda diaria por producto (ver Tabla 23 en la Página No 51).

También, se utiliza como dato de entrada, la cantidad disponible de inventario de los productos vitales durante los 30 días establecidos como período de reabastecimiento de producto. A continuación, se presenta las fórmulas utilizadas para determinar cantidad inicial en percha de los productos vitales de clase A.

Para los cálculos pertinentes en la obtención del inventario inicial en percha ( $Q_i$ ) mediante el modelo CRP, se utilizan las fórmulas mostradas anteriormente en la Sección 2.5.1.1.

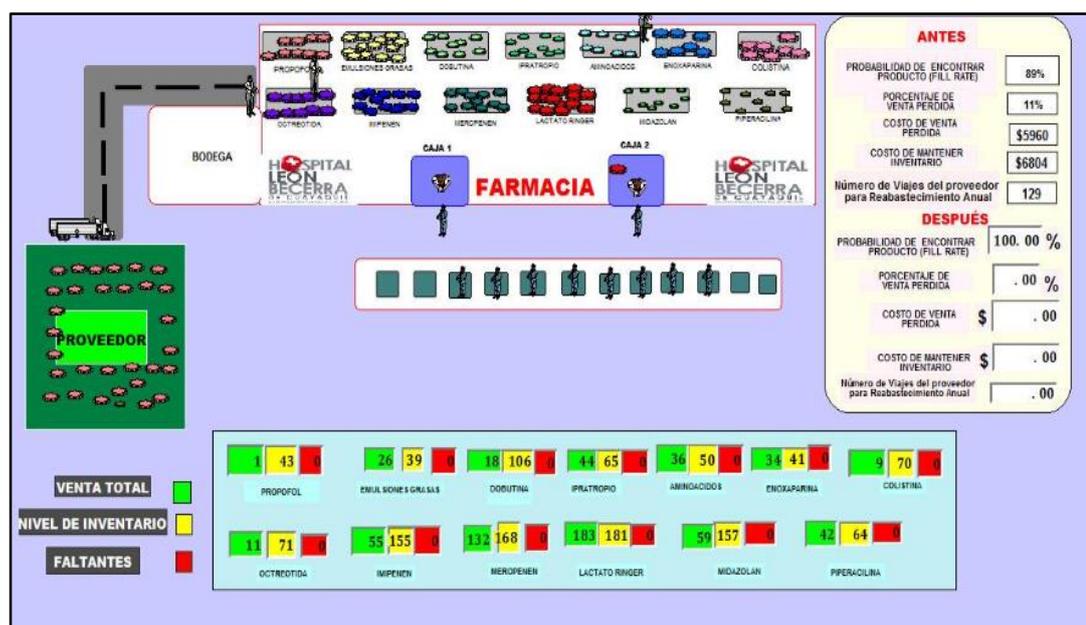
En la Tabla 30 se muestra los resultados de la cantidad disponible de inventario de cada producto:

**Tabla 30: Inventario inicial en percha con modelo CRP**

Items	Nombre de productos	Media (Unidad por día)	Desviación estándar	Inventario inicial en percha (Qi)
1	AMINOACIDOS	1,22	1,60	55
2	COLISTINA	0,82	1,91	46
3	DOBUTAMINA	1,25	2,78	69
4	MIDAZOLAM	3,72	7,22	194
5	EMULSIONES G.L.	0,84	1,14	38
6	ENOXAPARINA	1,14	1,28	49
7	IMIPENEM	2,46	2,97	109
8	IPRATROPIO	1,41	1,35	58
9	LACTATO RINGER	6,93	6,40	285
10	MEROPENEM	4,85	1,88	171
11	OCTREOTIDA	1,71	5,13	109
12	PIPERACILINA	1,86	2,72	87
13	PROPOFOL	0,51	2,54	44

### 2.5.3 Ejecución de la simulación de los modelos VMI y CRP

En el siguiente gráfico (ver figura 2.13) se muestra un esquema de la distribución de la simulación para las estrategias VMI y CRP, donde está representada la farmacia, el proveedor y los indicadores de control que nos generan los resultados pertinentes al proceso de reabastecimiento de los productos.



**Figura 2.13: Esquema de la distribución de la simulación en el software Promodel**

Una vez simuladas las estrategias VMI y CRP en el software Promodel, se procede a ejecutar una prueba piloto con 30 réplicas en un periodo de 360 días, para determinar el número de réplicas necesarias para análisis de resultados.

La fórmula y términos a utilizar para el cálculo de número de réplicas se muestran a continuación:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma}{\left(\frac{e}{1+e}\right) * \bar{X}} \right)^2$$

Donde:

$$Z_{\alpha/2} = 1.96 \quad \bar{e} = 5\%$$

$\bar{X}$  = Promedio de resultados de la demanda diaria en la prueba piloto.

$e$  = Porcentaje de error.

$Z_{\alpha/2} = 1,96$ .

Estas fórmulas mostradas en la parte superior, sirven para resultados que siguen una distribución normal.

En la Tabla 31 se muestra el valor P de la prueba de normalidad de los resultados, que se obtuvo en la prueba piloto, donde se puede apreciar que todos los valores P son mayores a 0,05; por lo tanto, no hay suficiente evidencia estadística para decir que los resultados de la prueba piloto no siguen una distribución normal.

Luego, se procede a realizar el cálculo respectivo del número de réplicas con las fórmulas descritas para cada de uno de los productos vitales de clase A.

**Tabla 31: Cálculo del número de réplicas**

Items	Nombre de Productos	Media	Desviación estándar	Valor P	Número de réplicas (n)
1	AMINOACIDOS	1,19	0,0986	0,63	3
2	COLISTINA	0,83	0,0941	0,63	5
3	DOBUTAMINA	1,34	0,1779	0,33	7
4	MIDAZOLAM	0,83	0,0767	0,91	3
5	EMULSIONES G.L.	1,13	0,0880	0,41	2
6	ENOXAPARINA	2,49	0,1377	0,31	1
7	IMIPENEN	1,40	0,0830	0,88	1
8	IPRATROPIO	6,74	0,3560	0,34	1
9	LACTATO RINGER	4,98	0,1640	0,34	0
10	MEROPENEM	3,80	0,4060	0,58	4
11	OCTREOTIDA	1,69	0,2608	0,24	9
12	PIPERACILINA	1,84	0,4063	0,58	19
13	PROPOFOL	0,51	0,1158	0,86	20

Una vez realizado el cálculo del número de réplicas para cada uno de los productos vitales de clase A, mostrada en la Tabla 31, se comprueba que todos los valores n son menores a 30, por lo tanto, para realizar el análisis de resultados se toma como número de réplicas 30 unidades, que fueron realizadas en la prueba piloto.

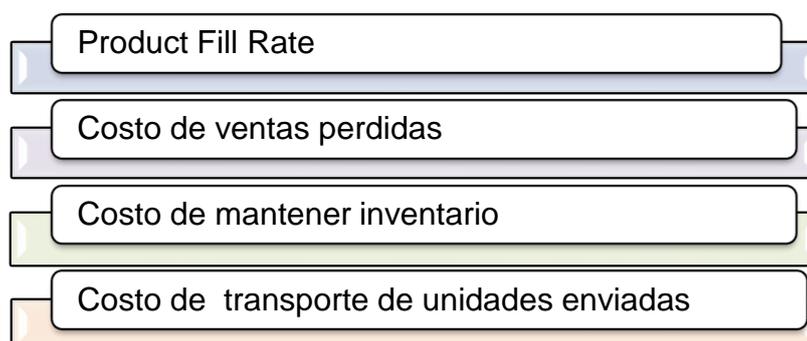
# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la simulación realizada para las estrategias VMI y CRP, donde se escogen varios indicadores a ser evaluados. Con los resultados se realiza un análisis comparativo entre la situación actual de la empresa y los resultados obtenidos mediante la simulación de las estrategias VMI/CRP.

### 3.1 Indicadores de evaluación

A continuación, se mostrarán los indicadores que serán evaluados y comparados entre la situación actual y los modelos propuestos:



**Figura 3.1: Indicadores de evaluación**

Las fórmulas a utilizar para obtener el intervalo de confianza tanto inferior como superior de los indicadores a evaluar con un 95% de confianza son las siguientes:

$$ICi = Media - \frac{Desviación\ Estandar}{\sqrt{number\ de\ replicas * nivel\ de\ rechazo}}$$

$$ICs = Media + \frac{Desviación\ Estandar}{\sqrt{Número\ de\ replicas * nivel\ de\ rechazo}}$$

Donde:

*ICi* = Intervalo de confianza inferior.

*ICs* = Intervalo de confianza superior.

### 3.2 Resultados de la simulación con modelo VMI

A continuación, en la Tabla 32 se muestran los resultados del modelo VMI respecto a los indicadores evaluados:

**Tabla 32: Resultados de indicadores con modelo VMI**

Indicadores	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
Product Fill Rate	97,50%	1,51	95,95%	98,97%
Porcentaje de venta perdida	2,52%	1,51	1%	4,03%
Costo de venta perdida	\$ 259,36	140,32	\$ 119,03	\$ 399,68
Costo de mantener inventario	\$ 3.939,52	534,27	\$ 3.405,25	\$ 4.473,80
Costo de transporte	\$ 28.048,84	1523,68	\$ 26.525,15	\$ 29.572,52

Estos resultados fueron obtenidos para el modelo VMI con un 95 % de confianza y 5% de nivel de rechazo, donde también se detalla la media y la desviación estándar de cada uno de los indicadores evaluados.

### 3.3 Resultados de la simulación con modelo CRP

A continuación, en la Tabla 33 se muestran los resultados del modelo CRP respecto a los indicadores evaluados:

**Tabla 33: Resultados de los indicadores con modelo CRP**

Indicadores	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
Product Fill Rate	99,50%	0,42	99,09%	99,93%
Porcentaje de venta perdida	0,50%	0,42	0,64%	0,91%
Costo de venta perdida	\$ 90,46	66,55	\$ 23,91	\$ 157,01
Costo de mantener inventario	\$ 4.511,23	474,44	\$ 4.036,79	\$ 4.985,68
Costo de transporte	\$ 29.575,51	1835,02	\$ 29.274,81	\$ 29.876,22

Estos resultados fueron obtenidos para el modelo CRP con un 95 % de confianza y 5% de nivel de rechazo, donde también se detalla la media y la desviación estándar de cada uno de los indicadores evaluados.

### 3.4 Comparación de resultados de modelos VMI y CRP

➤ **Prueba de Hipótesis para determinar diferencias entre medias del Product Fill Rate**

Variable: Product Fill Rate.

<b>IC y Prueba T pareada: FILL RATE CRP; FILL RATE VMI</b>				
T pareada para FILL RATE CRP - FILL RATE VMI				
				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
FILL RATE CRP	20	99,509	0,424	0,095
FILL RATE VMI	20	97,464	1,511	0,338
Diferencia	20	2,045	1,428	0,319
IC de 95% para la diferencia media:: (1,377; 2,713)				
Prueba t de diferencia media = 0 (vs. no = 0): Valor T = 6,41 Valor P = 0,000				

**Figura 3.2: Prueba de hipótesis para diferencia de medias de la variable Product Fill Rate**

<b>H<sub>0</sub>: <math>\mu_{CRP} = \mu_{VMI}</math></b>	La media del Product Fill Rate usando el modelo CRP ( $\mu_{CRP}$ ) es igual a la media del Product Fill Rate usando el modelo VMI ( $\mu_{VMI}$ ).
<b>H<sub>1</sub>: <math>\mu_{CRP} &gt; \mu_{VMI}</math></b>	La media del Product Fill Rate usando el modelo CRP ( $\mu_{CRP}$ ) es mayor a la media del Product Fill Rate usando el modelo VMI ( $\mu_{VMI}$ ).
<b>Conclusión</b>	El valor P=0; por lo tanto no existe suficiente evidencia estadística para decir que la media de ambos modelos son iguales, es decir, hay diferencias significativas entre las medias Product Fill Rate.  El intervalo para diferencia de medias es positivo, por lo tanto, se concluye que la media del Product Fill Rate usando el modelo CRP es mayor que la media del Product Fill Rate usando el modelo VMI.

➤ **Prueba de Hipótesis para determinar diferencias entre medias de Costo total en farmacia**

Variable: Costo total en que incurre la farmacia = Costo de venta perdida + Costo por mantener inventario.

<b>IC y Prueba T pareada: COSTO TOTAL FARMACIA CRP; COSTO TOTAL FARMACIA VMI</b>				
T pareada para COSTO TOTAL FARMACIA CRP - COSTO TOTAL FARMACIA VMI				
	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
COSTO TOTAL FARMACIA CRP	20	4602	449	100
COSTO TOTAL FARMACIA VMI	20	4199	496	111
Diferencia	20	402,8	244,9	54,8

IC de 95% para la diferencia media:: (288,2; 517,4)  
 Prueba t de diferencia media = 0 (vs. no = 0): Valor T = 7,36 Valor P = 0,000

**Figura 3.3: Prueba de hipótesis para diferencia de medias de la variable Costo total en que incurre la farmacia**

<b>H<sub>0</sub>: <math>\mu_{CRP} = \mu_{VMI}</math></b>	La media del costo total usando el modelo CRP ( $\mu_{CRP}$ ) es igual a la media del costo de total usando el modelo VMI ( $\mu_{VMI}$ ).
<b>H<sub>1</sub>: <math>\mu_{CRP} &gt; \mu_{VMI}</math></b>	La media del costo de total utilizando el modelo CRP ( $\mu_{CRP}$ ) es mayor a la media del costo de total usando el modelo VMI ( $\mu_{VMI}$ ).
<b>Conclusión</b>	El valor P=0; por lo tanto no existe suficiente evidencia estadística para decir que la media de ambos modelos son iguales, es decir, hay diferencias significativas entre las medias del costo total.  El intervalo para diferencia de medias es positivo, por lo tanto, se concluye que la media del costo total usando el modelo CRP es mayor que la media del costo total usando el modelo VMI.

➤ **Prueba de Hipótesis para determinar diferencias entre medias de Costo de transporte**

Variable: Costo de transporte.

IC y Prueba T pareada: COSTO DE TRANSPORTE CRP; COSTO DE TRANSPORTE VMI				
T pareada para COSTO DE TRANSPORTE CRP - COSTO DE TRANSPORTE VMI				
				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
COSTO DE TRANSPORTE CRP	20	29576	1835	410
COSTO DE TRANSPORTE VMI	20	28049	1524	341
Diferencia	20	1527	472	106
IC de 95% para la diferencia media:: (1306; 1747)				
Prueba t de diferencia media = 0 (vs. no = 0): Valor T = 14,47 Valor P = 0,000				

**Figura 3.4: Prueba de hipótesis para diferencia de medias de la variable Costo total en que incurre la farmacia**

<b>H<sub>0</sub>: <math>\mu_{CRP} = \mu_{VMI}</math></b>	La media del costo de transporte usando el modelo CRP ( $\mu_{CRP}$ ) es igual a la media del costo de transporte usando el modelo VMI ( $\mu_{VMI}$ ).
<b>H<sub>1</sub>: <math>\mu_{CRP} &gt; \mu_{VMI}</math></b>	La media del costo de transporte usando el modelo CRP ( $\mu_{CRP}$ ) es mayor a la media del costo de transporte usando el modelo VMI ( $\mu_{VMI}$ ).
<b>Conclusión</b>	<p>El valor P=0; por lo tanto no existe suficiente evidencia estadística para decir que la media de ambos modelos son iguales, es decir, hay diferencias significativas entre las medias del costo de transporte.</p> <p>El intervalo para diferencia de medias es positivo, por lo tanto, se concluye que la media del costo de transporte usando el modelo CRP es mayor que la media del costo de transporte usando el modelo VMI.</p>

### 3.5 Resumen de resultados de la Situación actual y modelos VMI/CRP

En la Tabla 34 se muestran los resultados obtenidos mediante la simulación en el programa Promodel, donde se detalla una comparación de los resultados entre la situación actual de la farmacia HLB y los modelos VMI y CRP.

**Tabla 34: Resumen de resultados de la Situación actual y modelos VMI/CRP**

Indicadores	Situación actual	Modelo CRP	Modelo VMI
Product Fill Rate(%)	89%	99,08% ≤ 99,5% ≤ 99,93%	95,95% ≤ 97,46% ≤ 98,97%
Porcentaje de venta perdida (%)	11%	0,064% ≤ 0,48% ≤ 0,91%	1,51% ≤ 2,52% ≤ 4,03%
Costo de Venta Perdida (\$)	\$ 1.789,00	\$23,91 ≤ \$90,46 ≤ \$157	\$119 ≤ \$259 ≤ \$399
Costo de mantener inventario (\$)	\$ 6.641,00	\$ 4.036 ≤ \$4.511 ≤ \$4.985	\$3.405 ≤ \$3.939 ≤ \$4.473
Costo de transporte (\$)	\$ 29.969,00	\$29,274 ≤ \$29575 ≤ \$29876	\$26.525 ≤ \$28.048 ≤ \$29.572

Los modelos VMI y CRP mejoran los indicadores evaluados en comparación con los resultados de la situación actual que atraviesa la farmacia del Hospital León Becerra.

El indicador de disponibilidad promedio en percha “Product Fill Rate” aumenta mediante la implementación de las estrategias VMI y CRP, superando el objetivo general planteado, por otro lado, el porcentaje de ventas perdidas y los costos que incurren en farmacia disminuyen significativamente acorde a los valores de la situación actual.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Actualmente, en la farmacia HLB no existe una administración formal para el manejo de inventarios, este manejo empírico para el abastecimiento de los medicamentos produce excesos y faltantes.
2. A través de la clasificación de productos de mayor costo, demanda y uso, se identificaron 13 productos (de 610 productos que existen actualmente en farmacia) los cuales fueron denominados como productos vitales de "Clase A".
3. Actualmente, el indicador de disponibilidad promedio en percha "Product Fill Rate" o también conocido como la probabilidad de que un cliente encuentre los productos requeridos en la farmacia HLB es menor a 89% para los medicamentos vitales de clase A.
4. Se determinaron modelos adecuados de pronóstico mensual de la demanda para cada uno de los productos vitales de clase A, con el uso de los métodos de series de tiempo tales como: promedio móvil simple y suavización exponencial; estos pronósticos se utilizaron para la simulación del modelo VMI.
5. El método adecuado de pronóstico de cada producto vital de clase A, fue elegido a través de los resultados de la evaluación del error de pronóstico usando las medidas de errores: MAD y Tracking Signal.
6. Se modelaron dos estrategias logísticas para el proceso de reabastecimiento de inventarios en farmacia: Reabastecimiento Continuo (CRP) e inventario administrado por el proveedor (VMI).
7. A través de la evaluación de los prerrequisitos se pudo comprobar la factibilidad de aplicación de las estrategias VMI y CRP en la farmacia HLB.

8. Con el modelo VMI la probabilidad de que un paciente encuentre los productos vitales de clase A (Product Fill Rate) en la farmacia HLB aumenta a 97%, es decir, aumentó en un 8% al "Product Fill Rate" actual; mientras que con el modelo CRP aumenta 99%, es decir, aumentó 10% al "Product Fill Rate" actual.
9. Con el modelo VMI los costos totales de gestión de inventarios en que incurre la farmacia disminuyen en un 50%, mientras que con el modelo CRP disminuyeron en un 45%.
10. Con el Modelo CRP los costos de transporte en los cuales incurren el proveedor disminuyen en un 1%, mientras con el modelo VMI disminuyeron en un 6%.
11. Mediante los resultados de indicadores de control de la simulación en el software Promodel, se verificó que las estrategias VMI y CRP son absolutamente viables para la farmacia HLB.

## Recomendaciones

1. Seleccionar adecuadamente al proveedor que garantice un abastecimiento confiable (On time- In full) y establecer relaciones ganar-ganar con el proveedor seleccionado.
2. Es necesario que exista en farmacia un sistema de intercambio de información electrónico de datos (EDI) con el proveedor, puesto que para implementar las estrategias se debe realizar el análisis de los datos de las ventas para poder suministrar productos en cantidades necesarias y frecuencias establecidas.
3. Se debe asignar una cantidad necesaria de presupuesto al área de farmacia, debido a que posee muchos retrasos en pago a los proveedores, esto permitiría realizar sin problemas las compras de los medicamentos y evitar pérdidas de las ventas por desabastecimiento.
4. Realizar manuales de procedimiento donde se defina los procesos de las estrategias, esto en caso de ser implementado.
5. Agilizar los procedimientos administrativos de pago a proveedores para evitar desabastecimiento de medicamentos.
6. Realizar auditorías frecuentes de inventario de los productos Clase A-Vitales para prevenir “descuadres” entre información en sistema y en físico.
7. Definir políticas de reabastecimiento de inventarios de los medicamentos esenciales y deseables de tipo A que se venden en la farmacia, ya que al igual que los medicamentos vitales, estos también concentran un alto capital de trabajo (Valor).

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tarikere T. Niranjana, Stephan M. Wagner & Stephanie M. Nguyen, Prerequisites to Vendor-Managed Inventory. International Journal of Production Research, 2011.
- [2] Guillaume Marques, Caroline Thierry, Jacques Lamothe & Didier Gourc. A review of Vendor-Managed Inventory (VMI): From Concept to Process. France: Toulouse University, 2010.
- [3] Claudio Coello, “<http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>”, España, 2013.
- [4] Hamdy, A. Taaha, Modelos de inventarios, Investigación de Operaciones 9na Edición, México 2012.
- [5] Zenjiro Imaoka, Comprender Gestión de la cadena de suministro, Japón, 2008
- [6] R a S. Peterson, Decision System for Inventory Management and Production Planning: Wiley, 1979.
- [7] S. Chopra y M. Peter, Componentes de un pronóstico y métodos para pronosticar: Administración de la cadena de suministro, México, Pearson Educación, 2008, p 190.
- [8] Diego Betancourt, “<http://ingenioempresa.com/medicion-error-pronostico/>”, Medición del error de pronóstico de la demanda, Marzo 2016.
- [9] Raj Kamalapur, David Lyth y Azim Houshyar, Benefits of CPFR and VMI Collaboration Strategies: a Simulation Study, EEUU, 2013.
- [10] C. Ochoa, ¿Qué tamaño de muestra necesito?, Blog de Netquest, España, 2013.

# APÉNDICE A

## PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 35: Plan de recolección de Datos

Plan de Recolección de Datos										
Nombre del Proyecto: Diseño de política de abastecimiento conjunto para múltiples productos usando modelos VMI/CRP						Encargados: Kevin Celi - Alvaro Romero				
						Lugar del proyecto: Farmacia del Hospital León Becerra				
Items	Qué medir?				Cómo medir?	Plan de muestreo				
	Medida	Tipo de medida	Unidad de medida	Definición	Método de Recolección de datos	Quién?	Dónde?	Cuánto	Cuando?	Porqué?
1	Demanda de los productos	Discreto	Unidades de producto	Cantidad de productos que los clientes compran o solicitan a la farmacia	* Levantamiento de información *Datos históricos	Encargados del proyecto con responsable de farmacia	Farmacia	432 días	Enero 2015 a Marzo 2016	Obtener pronósticos de la demanda
2	Tamaño de la orden	Discreto	Unidades de producto	Cantidad de productos que pide la farmacia al proveedor	* Levantamiento de información *Datos históricos	Encargados del proyecto con responsable de farmacia	Farmacia	432 días	Enero 2015 a Marzo 2016	Establecer tamaño de la orden para abastecimiento apropiado de productos en farmacia
3	Período de reposición	Continuo	(Minutos, Horas, Días)	Tiempo de entrega de productos que le toma a un proveedor a la farmacia una vez que se realiza el pedido	* Entrevista con la responsable de farmacia *Toma de tiempos	Encargados del proyecto con proveedores	*Farmacia *Proveedor requerido	432 días	Enero 2015 a Marzo 2016	Obtener tiempos de entrega óptimos de proveedores
4	Costo de Productos	Continuo	\$/unidades de producto	Valor que le cobra el proveedor a la farmacia por cada pedido de productos	* Entrevista con la responsable de farmacia *Datos históricos	Encargados del proyecto con proveedores	*Farmacia *Proveedor requerido	432 días	Enero 2015 a Marzo 2016	Establecer un modelo de costos de los productos por proveedor requerido

## RESULTADOS PRODUCT FILL RATE PROMEDIO (%) DE LOS PRODUCTOS VITALES DE CLASE A

**Tabla 36: Cálculo del Product Fill Rate (%) por mes de los productos vitales de clase A**

Nombre de productos	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	Product Fill Rate promedio
AMINOACIDOS	100%	96%	81%	100%	95%	99%	100%	87%	97%	98%	100%	100%	100%	96,40%
COLISTINA	–	–	–	–	–	–	–	100%	97%	100%	–	100%	100%	99,36%
DOBUTAMINA	100%	100%	80%	100%	100%	100%	–	91%	100%	100%	100%	100%	90%	96,75%
DORMICUN	100%	90%	90%	82%	–	–	–	0%	0%	–	–	100%	8%	58,82%
EMULSIONES G.L.	100%	100%	90%	100%	100%	57%	69%	94%	90%	100%	100%	90%	90%	90,77%
ENOXAPARINA	100%	90%	100%	90%	100%	100%	100%	94%	90%	100%	90%	90%	88%	94,76%
IMPENEN	90%	90%	95%	100%	95%	100%	95%	98%	100%	99%	95%	90%	90%	95,17%
IPRATROPIO	90%	100%	100%	90%	100%	86%	100%	95%	90%	100%	78%	98%	90%	93,60%
LACTATO RINGER	100%	100%	96%	94%	98%	82%	100%	83%	90%	90%	90%	100%	97%	93,89%
MEROPENEM	100%	100%	90%	90%	90%	93%	27%	35%	76%	100%	98%	72%	37%	77,57%
MIDAZOLAM	–	–	–	100%	100%	95%	95%	5%	–	–	–	–	90%	80,76%
OCTREOTIDA	–	94%	–	100%	92%	82%	81%	–	–	–	–	–	90%	89,93%
PIPERACILINA	60%	95%	48%	100%	100%	100%	100%	100%	69%	100%	93%	97%	100%	89,40%
PROPOFOL	–	–	–	–	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
														<b>89%</b>

## TAMAÑO DE LA ORDEN PROMEDIO DE LOS PRODUCTOS VITALES DE CLASE A

Tabla 37: Cálculo del tamaño de la orden promedio de los productos vitales clase A

Items	Proveedores		CORPORACION FARMACEUTICA MEDISUMI S.A.	DIFARE S.A.	GENECOM CIA LTDA	GILBERT GLOBAL BUSINESS S.A.	PARDOMER S.A.	PHARMEDIC S.A.	Tamaño de la orden promedio
	Productos	CIMMED							
1	AMINOACIDOS		230	15		100			345
2	COLISTINA				339				339
3	DOBUTAMINA			280				100	380
4	EMULSIONES G.L.		170	40		20			230
5	ENOXAPARINA			220		60			280
6	IMIPENEN					880			880
7	IPRATROPIO	13		370		30			413
8	LACTATO RINGER			1260			200		1460
9	MEROPENEM	247				420			667
10	MIDAZOLAM							300	300
11	OCTREOTIDA			350					350
12	PIPERACILINA			140		250			390
13	PROPOFOL	9	30	50					89

## COSTOS PONDERADOS DE LOS PRODUCTOS VITALES DE CLASE A

Tabla 38: Cálculo de los costos ponderados de los productos vitales de clase A

Items	Proveedores		CORPORACION FARMACEUTICA MEDISUMI S.A.	DIFARE S.A.	GENECOM CIA LTDA	GILBERT GLOBAL BUSINESS S.A.	PARDOMER S.A.	PHARMEDIC S.A.	SUM Costos por proveedor	Costos ponderados
	CIMMED	Productos								
1		AMINOACIDOS	\$ 2.990,00	\$ 176,70		\$ 1.300,00			\$ 4.466,70	\$ 12,95
2		COLISTINA			\$ 5.763,00				\$ 5.763,00	\$ 17,00
3		DOBUTAMINA		\$ 1.425,20				\$ 622,00	\$ 2.047,20	\$ 5,39
4		EMULSIONES GRASAS	\$ 2.380,00	\$ 638,40		\$ 335,00			\$ 3.353,40	\$ 14,58
5		ENOXAPARINA		\$ 1.892,00		\$ 480,00			\$ 2.372,00	\$ 8,47
6		IMIPENEN				\$ 7.031,20			\$ 7.031,20	\$ 7,99
7		IPRATROPIO	\$ 139,75	\$ 3.955,30		\$ 330,00			\$ 4.425,05	\$ 10,71
8		LACTATO RINGER		\$ 2.129,40			\$ 278,00		\$ 2.407,40	\$ 1,65
9		MEROPENEM	\$ 4.940,00			\$ 8.400,00			\$ 13.340,00	\$ 20,00
10		MIDAZOLAM + DORMICUN						\$ 2.040,00	\$ 2.040,00	\$ 6,80
11		OCTREOTIDA		\$ 7.227,50					\$ 7.227,50	\$ 20,65
12		PIPERACILINA		\$ 1.124,20		\$ 1.492,50			\$ 2.616,70	\$ 6,71
13		PROPOFOL	\$ 81,63	\$ 375,00	\$ 494,50	\$ -			\$ 951,13	\$ 10,69

## PRECIOS PONDERADOS DE LOS PRODUCTOS VITALES DE CLASE A

Tabla 39: Cálculo de los precios ponderados de los productos vitales de clase A

Nombre de productos	Precio (Paciente sin convenio)	Precio (Paciente IESS)	Unidades vendidas (Paciente sin convenio)	Unidades vendidas (Paciente IESS)	Total de unidades vendidas	Precios ponderados
AMINOACIDOS	\$ 16,24	\$ 14,24	3	522	525	\$ 14,33
COLISTINA	\$ 20,40	\$ 18,70	1	351	352	\$ 18,76
DOBUTAMINA	\$ 6,86	\$ 5,93	4	536	540	\$ 5,98
EMULSIONES G.L.	\$ 22,81	\$ 16,04	5	358	363	\$ 16,36
ENOXAPARINA	\$ 10,66	\$ 9,32	29	464	493	\$ 9,98
IMIPENEM	\$ 10,10	\$ 8,79	37	1025	1062	\$ 9,15
IPRATROPIO	\$ 12,87	\$ 11,79	71	538	609	\$ 13,48
LACTATO RINGER	\$ 2,38	\$ 1,81	235	2758	2993	\$ 2,02
MEROPENEM	\$ 30,00	\$ 22,00	38	2054	2092	\$ 22,56
MIDAZOLAM	\$ 9,24	\$ 7,48	57	809	866	\$ 8,13
OCTREOTIDA	\$ 24,78	\$ 22,72	0	738	738	\$ 22,72
PIPERACILINA	\$ 8,40	\$ 7,38	17	789	806	\$ 7,56
PROPOFOL	\$ 16,00	\$ 11,76	1	222	223	\$ 11,83

## DIAGRAMA DE FLUJO: COMPRA DE MEDICINAS

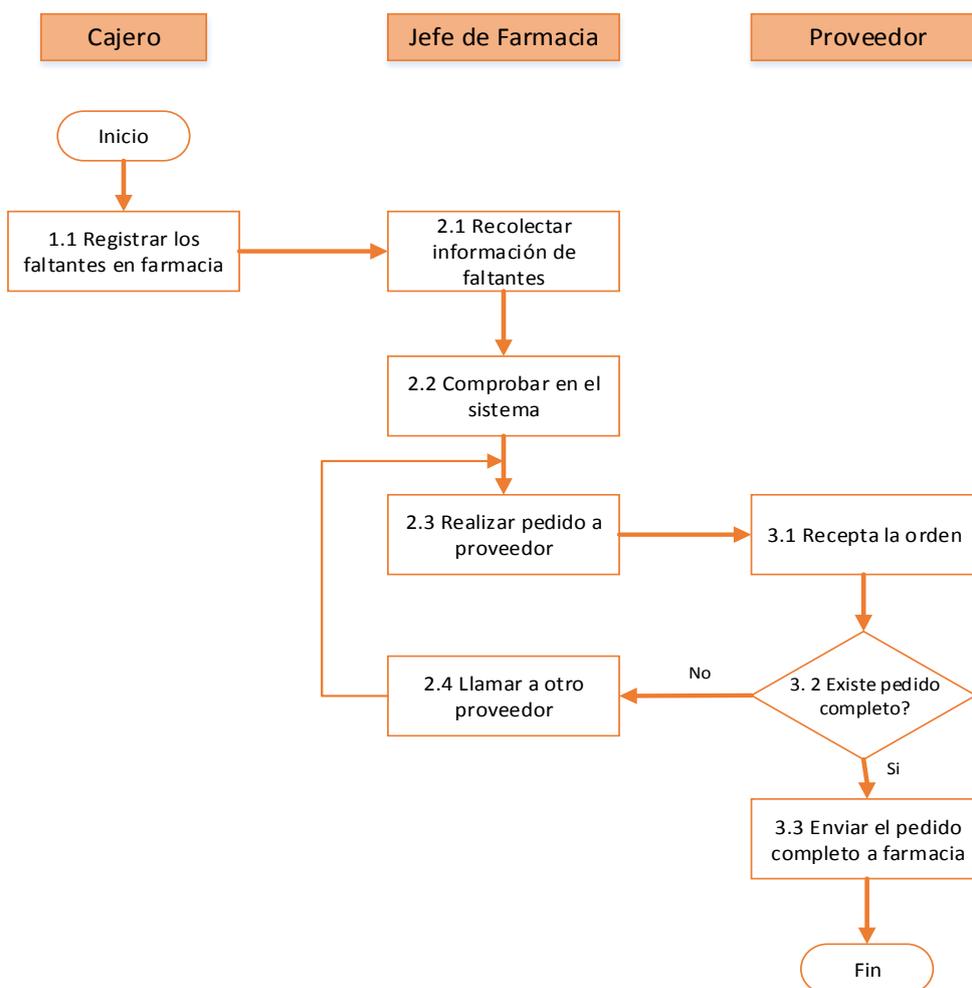
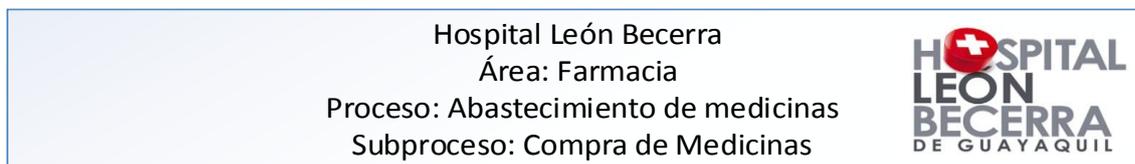


Figura 4.1: Diagrama de flujo para el subproceso: Compra de medicinas

## DIAGRAMA DE FLUJO: RECEPCIÓN DE PEDIDOS

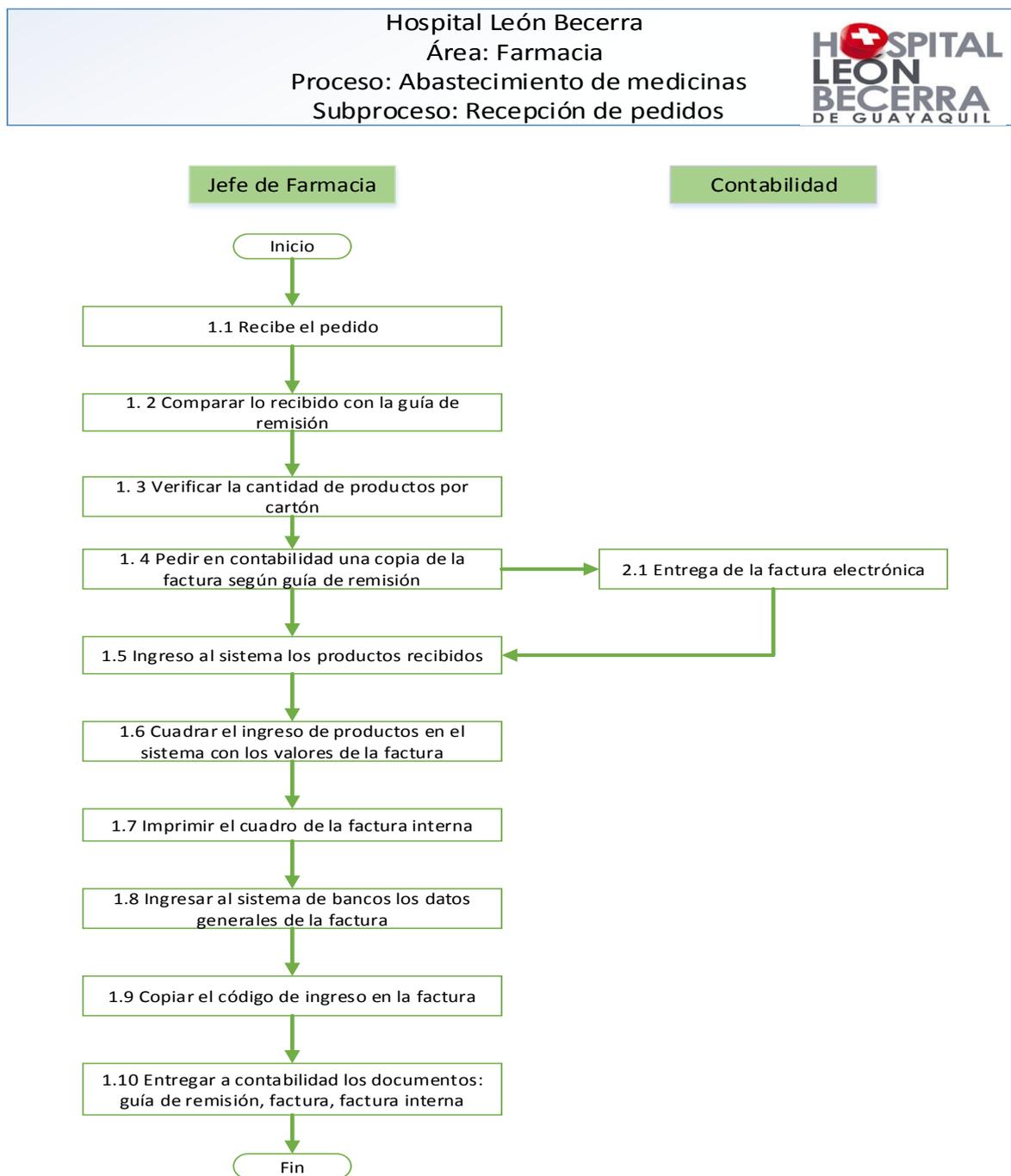


Figura 4.2: Diagrama de flujo para el subproceso: Recepción de pedidos

## DIAGRAMA DE FLUJO: APROBACIÓN DE PAGO A PROVEEDORES

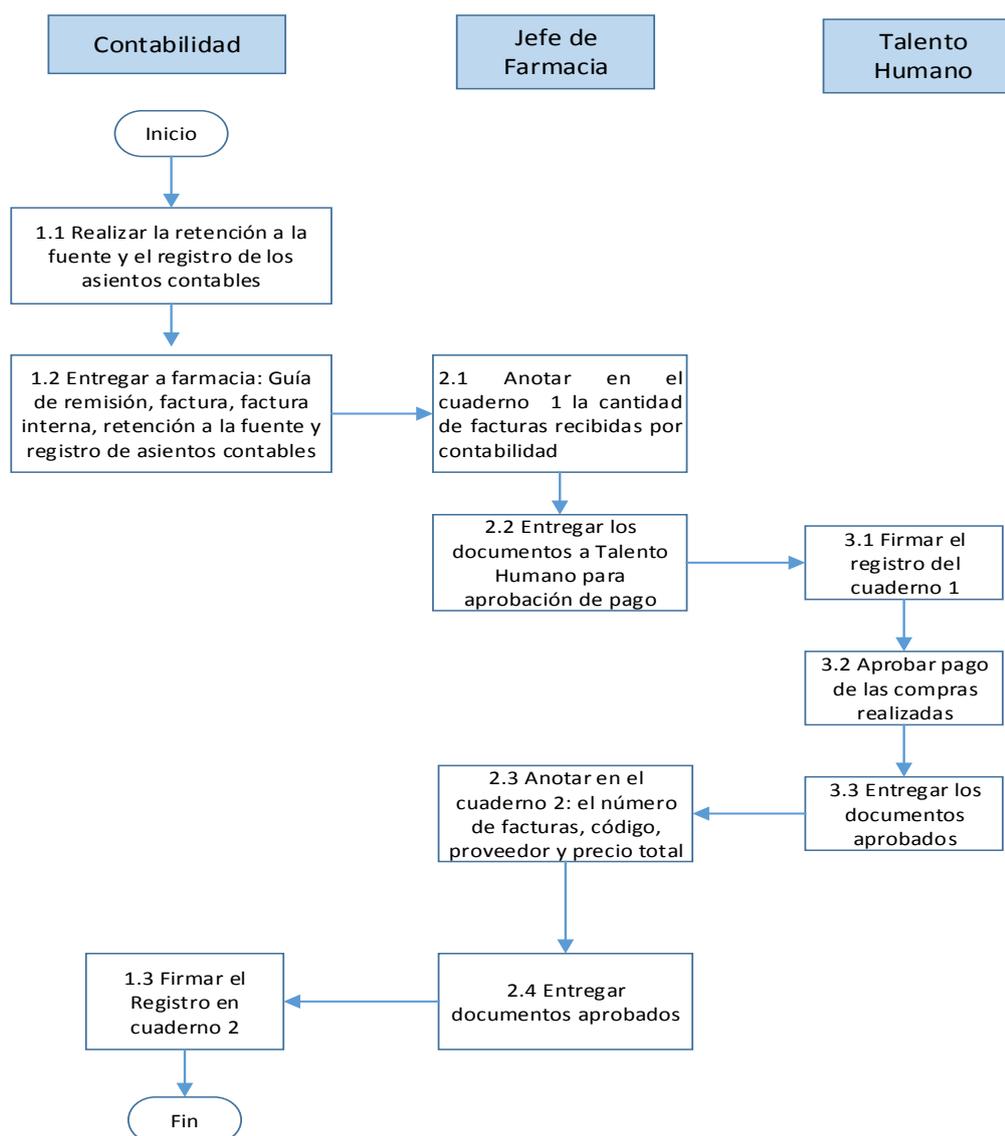
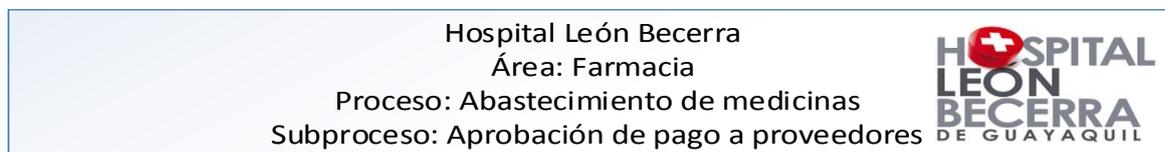
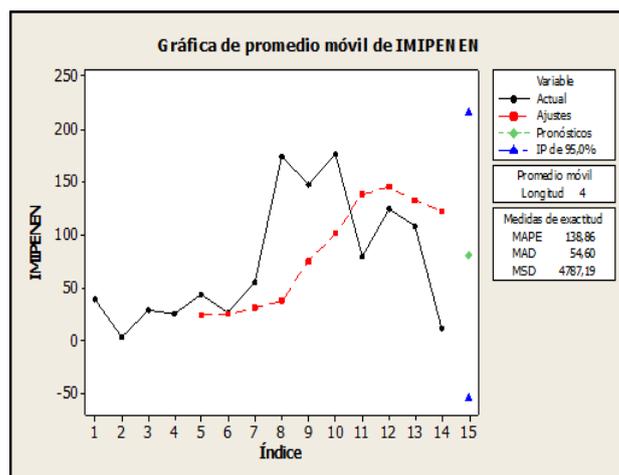


Figura 4.3: Diagrama de flujo para el subproceso: Aprobación de pago a proveedores

## RESULTADOS DEL PRONÓSTICO Y MEDIDAS DE ERRORES USANDO MEDIA MOVIL SIMPLE

**Tabla 40: Pronóstico y medidas de error IMIPENEM**

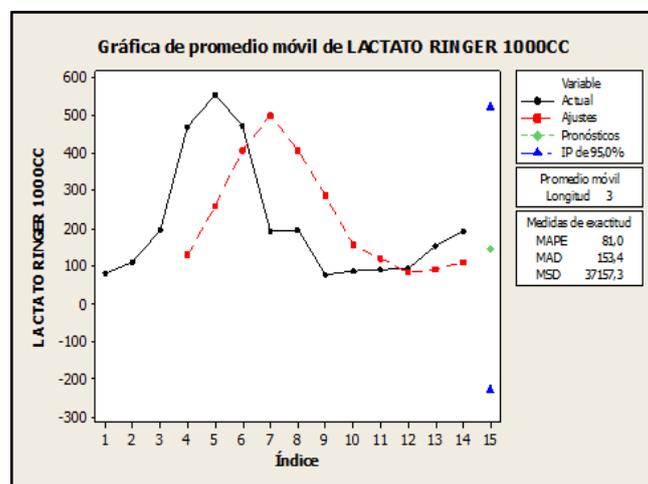
IMIPENEM							
t	Meses	Demanda Real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	ABS (Et)	MAD	TS
1	jun-15	44	24	20	20	20,00	1,00
2	jul-15	26	26	0	0	10,00	0,00
3	ago-15	55	31	24	24	14,67	1,64
4	sep-15	175	38	137	137	45,25	3,03
5	oct-15	148	75	73	73	50,80	1,44
6	nov-15	177	101	76	76	55,00	1,38
7	dic-15	80	139	-59	59	55,57	-1,06
8	ene-16	125	145	-20	20	51,13	-0,39
9	feb-16	108	133	-25	25	48,22	-0,52
10	mar-16	11	123	-112	112	54,60	-2,05
11	abr-16	-	81				



**Figura 4.4: Gráfica de promedio móvil de IMIPENEM**

**Tabla 41: Pronóstico y medidas de error LACTATO RINGER**

LACTATO RINGER							
t	Meses	Demanda Real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	ABS (Et)	MAD	TS
1	may-15	471	130	341	341	341,00	1,00
2	jun-15	556	260	296	296	318,50	2,00
3	jul-15	475	408	67	67	234,67	3,00
4	ago-15	194	501	-307	307	252,75	1,57
5	sep-15	196	409	-213	213	244,80	0,75
6	oct-15	76	289	-213	213	239,50	-0,12
7	nov-15	88	156	-68	68	215,00	-0,45
8	dic-15	89	120	-31	31	192,00	-0,67
9	ene-16	95	85	10	10	171,78	-0,69
10	feb-16	152	91	61	61	160,70	-0,35
11	mar-16	193	112	81	81	143,40	0,17
12	abr-16	-	147				



**Figura 4.5: Gráfica de promedio móvil de LACTATO RINGER**

Tabla 42: Pronóstico y medidas de error MEROPENEM

MEROPENEM							
t	Meses	Demanda Real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	ABS (Et)	MAD	TS
1	may-15	125	97	28	28	28,00	1,00
2	jun-15	88	110	-22	22	25,00	0,24
3	jul-15	255	100	155	155	68,33	2,36
4	ago-15	205	156	49	49	63,50	3,31
5	sep-15	170	183	-13	13	53,40	3,69
6	oct-15	278	210	68	68	55,83	4,75
7	nov-15	108	218	-110	110	63,57	2,44
8	dic-15	193	186	7	7	56,50	2,87
9	ene-16	109	193	-84	84	59,56	1,31
10	feb-16	145	137	8	8	54,40	1,58
11	mar-16	108	149	-41	41	53,27	0,84
12	abr-16	-	121				

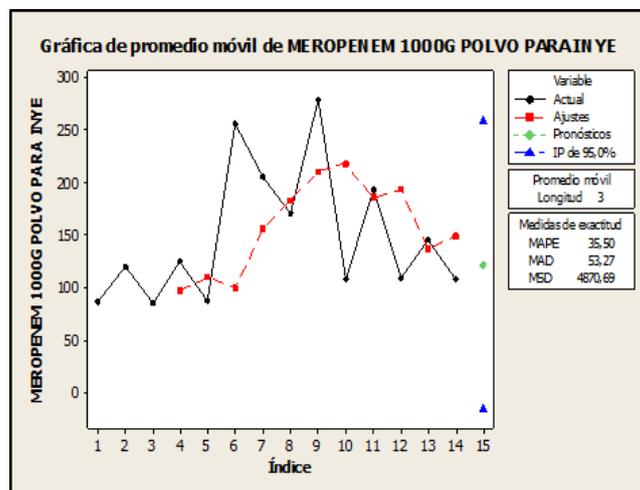


Figura 4.6: Gráfica de promedio móvil de MERONEPEM

Tabla 43: Pronóstico y medidas de error OCTEOTRIDA

OCTEOTRIDA							
t	Meses	Demanda Real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	ABS (Et)	MAD	TS
1	may-15	84	29	55	55	55,00	1,00
2	jun-15	186	57	129	129	92,00	2,00
3	jul-15	160	90	70	70	84,67	3,00
4	ago-15	180	144	36	36	72,50	4,00
5	sep-15	0	176	-176	176	93,20	1,22
6	oct-15	0	114	-114	114	96,67	0,00
7	nov-15	0	60	-60	60	91,43	-0,66
8	dic-15	0	0	0	0	80,00	-0,75
9	ene-16	12	0	12	12	72,44	-0,66
10	feb-16	31	4	27	27	67,90	-0,31
11	mar-16	0	15	-15	15	63,09	-0,57
12	abr-16	-	15				

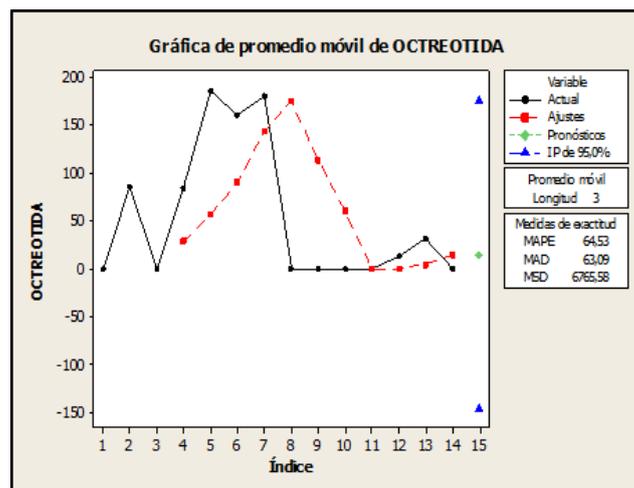


Figura 4.7: Gráfica de promedio móvil de OCTREOTIDA

Tabla 44: Pronóstico y medidas de error PIPERACILINA

PIPERACILINA							
t	Meses	Demanda Real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	ABS (Et)	MAD	TS
1	may-15	31	90	-59	59	59,00	-1,00
2	jun-15	26	54	-28	28	43,50	-2,00
3	jul-15	28	40	-12	12	33,00	-3,00
4	ago-15	3	29	-26	26	31,25	-4,00
5	sep-15	48	19	29	29	30,80	-3,12
6	oct-15	71	27	44	44	33,00	-1,58
7	nov-15	30	41	-11	11	29,86	-2,11
8	dic-15	101	50	51	51	32,50	-0,37
9	ene-16	37	68	-31	31	32,33	-1,33
10	feb-16	62	56	6	6	29,70	-1,25
11	mar-16	75	67	8	8	27,58	-1,05
12	abr-16	-	58	-	-	-	-

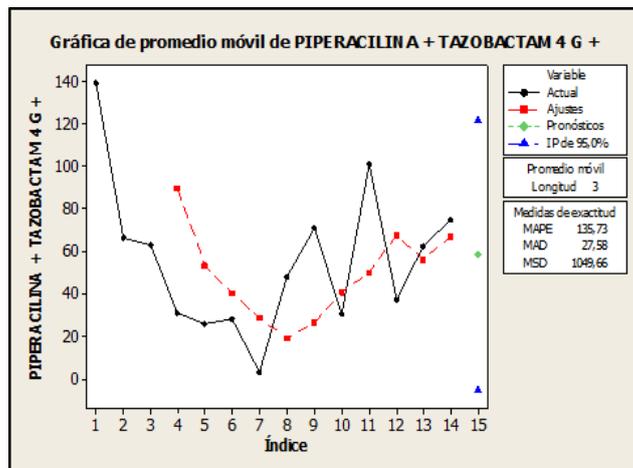


Figura 4.8: Gráfica de promedio móvil de PIPERACILINA

Tabla 45: Pronóstico y medidas de error PROPOFOL

PROPOFOL							
t	Meses	Demanda Real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	ABS (Et)	MAD	TS
1	jun-15	38	0	38	38	38,00	1,00
2	jul-15	54	10	44	44	41,00	1,07
3	ago-15	46	23	23	23	35,00	0,66
4	sep-15	56	35	21	21	31,50	0,67
5	oct-15	5	49	-44	44	34,00	-1,29
6	nov-15	4	41	-37	37	34,50	-1,07
7	dic-15	2	28	-26	26	33,29	-0,78
8	ene-16	7	17	-10	10	30,38	-0,33
9	feb-16	5	5	0	0	27,00	0,00
10	mar-16	6	5	1	1	24,43	0,04
11	abr-16	-	5	-	-	-	-

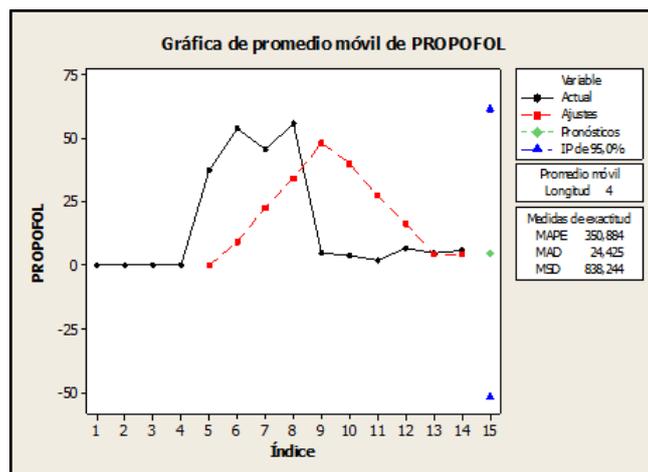


Figura 4.9: Gráfica de promedio móvil de PROPOFOL

## RESULTADOS DEL PRONÓSTICO Y MEDIDAS DE ERRORES USANDO SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

**Tabla 46: Pronóstico y medidas de error  
AMINOACIDOS**

AMINOACIDOS							
t	Meses	Demanda real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Abs (Error)	MAD	TS
0	feb-15	21	37				
1	mar-15	51	27	24	24	23,77	1,00
2	abr-15	59	41	18	18	20,64	2,00
3	may-15	7	52	-45	45	28,76	-0,13
4	jun-15	12	25	-13	13	24,82	-0,67
5	jul-15	27	17	10	10	21,82	-0,32
6	ago-15	81	23	58	58	27,83	1,83
7	sep-15	23	58	-35	35	28,83	0,56
8	oct-15	62	37	25	25	28,36	1,45
9	nov-15	27	52	-25	25	27,99	0,58
10	dic-15	19	37	-18	18	26,99	-0,06
11	ene-16	41	26	15	15	25,88	0,51
12	feb-16	37	35	2	2	23,88	0,63
13	mar-16	45	36	9	9	22,72	1,05
14	abr-16	-	41				

**Tabla 47: Pronóstico y medidas de error  
DOBUTAMINA**

DOBUTAMINA							
t	Meses	Demanda real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Abs (Error)	MAD	TS
0	feb-15	10	38				
1	mar-15	10	21	-11	11	11,03	-1,00
2	abr-15	46	14	32	32	21,31	0,96
3	may-15	8	33	-25	25	22,66	-0,21
4	jun-15	4	18	-14	14	20,53	-0,92
5	jul-15	10	10	0	0	16,49	-1,13
6	ago-15	0	10	-10	10	15,39	-1,85
7	sep-15	133	4	129	129	31,63	3,18
8	oct-15	40	81	-41	41	32,85	1,80
9	nov-15	22	57	-35	35	33,04	0,75
10	dic-15	38	36	2	2	29,95	0,90
11	ene-16	30	37	-7	7	27,87	0,71
12	feb-16	96	33	63	63	30,81	2,69
13	mar-16	79	71	8	8	29,08	3,13
14	abr-16	-	76				

**Tabla 48: Pronóstico y medidas de error  
MIDAZOLAM-DORMICUN**

MIDAZOLAM - DORMICUN							
t	Meses	Demanda real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Abs (Error)	MAD	TS
0	feb-15	105	111				
1	mar-15	160	107	53	53	52,74	1,00
2	abr-15	74	139	-65	65	58,82	-0,21
3	may-15	197	100	97	97	71,56	1,19
4	jun-15	159	158	1	1	53,88	1,59
5	jul-15	116	159	-43	43	51,63	0,83
6	ago-15	178	133	45	45	50,52	1,74
7	sep-15	151	160	-9	9	44,59	1,77
8	oct-15	52	155	-103	103	51,84	-0,46
9	nov-15	0	93	-93	93	56,42	-2,07
10	dic-15	0	37	-37	37	54,50	-2,82
11	ene-16	147	15	132	132	61,56	-0,35
12	feb-16	67	94	-27	27	58,69	-0,83
13	mar-16	143	78	65	65	59,19	0,27
14	abr-16	-	117				

**Tabla 49: Pronóstico y medidas de error  
EMULSIONES G.L.**

EMULSIONES GRASAS LIPIDOS							
t	Meses	Demanda real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Abs (Error)	MAD	TS
0	feb-15	18	25				
1	mar-15	44	21	23	23	23,06	1,00
2	abr-15	42	35	7	7	15,14	2,00
3	may-15	7	39	-32	32	20,80	-0,09
4	jun-15	4	20	-16	16	19,56	-0,90
5	jul-15	7	10	-3	3	16,31	-1,29
6	ago-15	51	8	43	43	20,71	1,05
7	sep-15	16	34	-18	18	20,31	0,18
8	oct-15	52	23	29	29	21,37	1,52
9	nov-15	31	40	-9	9	20,05	1,15
10	dic-15	11	35	-24	24	20,43	-0,03
11	ene-16	24	21	3	3	18,89	0,15
12	feb-16	9	23	-14	14	18,45	-0,59
13	mar-16	39	14	25	25	18,92	0,73
14	abr-16	-	29				

**Tabla 46: Pronóstico y medidas de error  
ENOXAPARINA**

ENOXAPARINA							
t	Meses	Demanda real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Abs (Error)	MAD	TS
0	feb-15	39	34				
1	mar-15	47	37	10	10	9,83	1,00
2	abr-15	70	43	27	27	18,38	2,00
3	may-15	7	59	-52	52	29,66	-0,52
4	jun-15	1	28	-27	27	28,97	-1,46
5	jul-15	54	12	42	42	31,62	0,00
6	ago-15	34	37	-3	3	26,87	-0,12
7	sep-15	47	35	12	12	24,71	0,35
8	oct-15	30	42	-12	12	23,16	-0,16
9	nov-15	25	35	-10	10	21,69	-0,63
10	dic-15	17	29	-12	12	20,72	-1,24
11	ene-16	54	22	32	32	21,76	0,30
12	feb-16	34	41	-7	7	20,54	-0,03
13	mar-16	23	37	-14	14	20,03	-0,72
14	abr-16		29				

**Tabla 48: Pronóstico y medidas de error  
IPRATROPIO**

IPRATROPIO							
t	Meses	Demanda real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Abs (Error)	MAD	TS
0	feb-15	41	43				
1	mar-15	39	42	-3	3	2,80	-1,00
2	abr-15	29	40	-11	11	6,96	-2,00
3	may-15	36	33	3	3	5,49	-2,07
4	jun-15	49	35	14	14	7,62	0,35
5	jul-15	43	43	0	0	6,18	0,37
6	ago-15	52	43	9	9	6,62	1,68
7	sep-15	37	48	-11	11	7,31	-0,05
8	oct-15	42	42	0	0	6,45	0,01
9	nov-15	37	42	-5	5	6,27	-0,76
10	dic-15	45	39	6	6	6,25	0,21
11	ene-16	57	43	14	14	6,99	2,25
12	feb-16	39	51	-12	12	7,43	0,47
13	mar-16	56	44	12	12	7,79	2,00
14	abr-16		51				

**Tabla 47: Pronóstico y medidas de error  
COLISTINA**

COLISTINA							
t	Meses	Demanda real (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Abs (Error)	MAD	TS
0	sep-15	5	49				
1	oct-15	156	23	133	133	133,23	1,00
2	nov-15	21	103	-82	82	107,47	0,48
3	dic-15	0	54	-54	54	89,54	-0,02
4	ene-16	21	21	0	0	67,27	-0,04
5	feb-16	67	21	46	46	62,98	0,69
6	mar-16	76	49	27	27	57,04	1,24
7	abr-16		65				

**CANTIDADES DE PRODUCTOS A ENVIAR POR MES A LA FARMACIA  
POR PARTE DE LOS PROVEEDORES DE ACUERDO A LOS  
RESULTADOS DE SIMULACIÓN DEL MODELO VMI**

**Tabla 49: Cantidad de envío a farmacia  
AMINOACIDOS**

<i>AMINOACIDOS</i>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	36	36	17	53
60	may-16	32	36	17	53
90	jun-16	48	34	17	51
120	jul-16	27	42	17	59
150	ago-16	32	33	17	50
180	sep-16	28	32	17	49
210	oct-16	43	30	17	47
240	nov-16	24	38	17	55
270	dic-16	30	29	17	46
300	ene-17	38	30	17	47
330	feb-17	32	35	17	52
360	mar-17	–	33	17	50

**Tabla 50: Cantidad de envío a farmacia  
DOBUTAMINA**

<i>DOBUTAMINA</i>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	18	76	30	106
60	may-16	60	41	30	71
90	jun-16	21	52	30	82
120	jul-16	64	34	30	64
150	ago-16	24	52	30	82
180	sep-16	28	35	30	65
210	oct-16	23	31	30	61
240	nov-16	97	26	30	56
270	dic-16	33	69	30	99
300	ene-17	40	47	30	77
330	feb-17	37	43	30	73
360	mar-17	–	39	30	69

**Tabla 55: Cantidad de envío a farmacia  
COLISTINA**

<i>COLISTINA</i>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	9	49	21	70
60	may-16	38	25	21	46
90	jun-16	16	33	21	54
120	jul-16	42	23	21	44
150	ago-16	17	34	21	55
180	sep-16	18	24	21	45
210	oct-16	16	20	21	41
240	nov-16	48	18	21	39
270	dic-16	17	36	21	57
300	ene-17	24	25	21	46
330	feb-17	22	24	21	45
360	mar-17	–	23	21	44

**Tabla 56: Cantidad de envío a farmacia  
EMULSIONES G.L.**

<i>EMULSIONES G.L.</i>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	26	29	12	41
60	may-16	24	27	12	39
90	jun-16	36	25	12	37
120	jul-16	19	32	12	44
150	ago-16	20	24	12	36
180	sep-16	18	22	12	34
210	oct-16	32	19	12	31
240	nov-16	18	27	12	39
270	dic-16	17	22	12	34
300	ene-17	24	19	12	31
330	feb-17	20	22	12	34
360	mar-17	–	21	12	33

**Tabla 57: Cantidad de envío a farmacia  
LACTATO RINGER**

<b>LACTATO RINGER</b>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	184	112	70	182
60	may-16	191	144	70	214
90	jun-16	159	176	70	246
120	jul-16	217	178	70	248
150	ago-16	230	189	70	259
180	sep-16	178	202	70	272
210	oct-16	199	209	70	279
240	nov-16	190	203	70	273
270	dic-16	225	189	70	259
300	ene-17	272	205	70	275
330	feb-17	150	229	70	299
360	mar-17	–	216	70	286

**Tabla 58: Cantidad de envío a farmacia  
MIDAZOLAM**

<b>MIDAZOLAM - DORMICUN</b>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	59	78	79	157
60	may-16	153	67	79	146
90	jun-16	75	118	79	197
120	jul-16	171	92	79	171
150	ago-16	74	140	79	219
180	sep-16	81	100	79	179
210	oct-16	72	89	79	168
240	nov-16	189	79	79	158
270	dic-16	86	145	79	224
300	ene-17	119	110	79	189
330	feb-17	109	115	79	194
360	mar-17	–	111	79	190

**Tabla 59: Cantidad de envío a farmacia  
IMIPENEM**

<b>IMIPENEM</b>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	55	123	32	155
60	may-16	89	92	32	124
90	jun-16	58	95	32	127
120	jul-16	88	78	32	110
150	ago-16	72	73	32	105
180	sep-16	77	77	32	109
210	oct-16	59	74	32	106
240	nov-16	108	74	32	106
270	dic-16	68	79	32	111
300	ene-17	79	78	32	110
330	feb-17	79	79	32	111
360	mar-17	–	84	32	116

**Tabla 60: Cantidad de envío a farmacia  
MEROPENEM**

<b>MEROPENEM</b>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	132	149	21	170
60	may-16	165	129	21	150
90	jun-16	123	148	21	169
120	jul-16	176	140	21	161
150	ago-16	147	155	21	176
180	sep-16	154	149	21	170
210	oct-16	125	159	21	180
240	nov-16	192	142	21	163
270	dic-16	150	157	21	178
300	ene-17	151	156	21	177
330	feb-17	159	165	21	186
360	mar-17	–	154	21	175

**Tabla 61: Cantidad de envío a farmacia  
IPRATROPIO**

<b>IPRATROPIO</b>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	44	51	15	66
60	may-16	39	47	15	62
90	jun-16	42	42	15	57
120	jul-16	43	42	15	57
150	ago-16	56	43	15	58
180	sep-16	44	51	15	66
210	oct-16	47	47	15	62
240	nov-16	47	47	15	62
270	dic-16	43	47	15	62
300	ene-17	32	45	15	60
330	feb-17	49	37	15	52
360	mar-17	–	44	15	59

**Tabla 62: Cantidad de envío a farmacia  
ENOXAPARINA**

<b>ENOXAPARINA</b>					
Día	Meses	Demanda Real	Pronóstico	Stock Seguridad	Cantidad a Enviar
30	abr-16	34	29	14	43
60	may-16	32	32	14	46
90	jun-16	45	32	14	46
120	jul-16	25	40	14	54
150	ago-16	30	31	14	45
180	sep-16	25	30	14	44
210	oct-16	41	27	14	41
240	nov-16	23	35	14	49
270	dic-16	27	28	14	42
300	ene-17	32	27	14	41
330	feb-17	29	30	14	44
360	mar-17	–	29	14	43

**Tabla 63: Cantidad de envío a farmacia  
OCTREOTIDA**

<b>OCTREOTIDA</b>					
<b>Día</b>	<b>Meses</b>	<b>Demanda Real</b>	<b>Pronóstico</b>	<b>Stock Seguridad</b>	<b>Cantidad a Enviar</b>
30	abr-16	11	15	56	71
60	may-16	71	18	56	74
90	jun-16	33	38	56	94
120	jul-16	91	39	56	95
150	ago-16	33	65	56	121
180	sep-16	13	53	56	109
210	oct-16	21	46	56	102
240	nov-16	126	23	56	79
270	dic-16	35	54	56	110
300	ene-17	33	61	56	117
330	feb-17	28	65	56	121
360	mar-17	–	32	56	88

**Tabla 64: Cantidad de envío a farmacia  
PIPERACILINA**

<b>PIPERACILINA</b>					
<b>Día</b>	<b>Meses</b>	<b>Demanda Real</b>	<b>Pronóstico</b>	<b>Stock Seguridad</b>	<b>Cantidad a Enviar</b>
30	abr-16	42	67	28	95
60	may-16	63	47	28	75
90	jun-16	42	56	28	84
120	jul-16	81	49	28	77
150	ago-16	52	62	28	90
180	sep-16	62	59	28	87
210	oct-16	41	65	28	93
240	nov-16	92	52	28	80
270	dic-16	49	65	28	93
300	ene-17	56	61	28	89
330	feb-17	58	66	28	94
360	mar-17	–	55	28	83

**Tabla 51: Cantidad de envío a farmacia  
PROPOFOL**

<b>PROPOFOL</b>					
<b>Día</b>	<b>Meses</b>	<b>Demanda Real</b>	<b>Pronóstico</b>	<b>Stock Seguridad</b>	<b>Cantidad a Enviar</b>
30	abr-16	1	5	28	33
60	may-16	28	5	28	33
90	jun-16	3	10	28	38
120	jul-16	32	10	28	38
150	ago-16	8	16	28	44
180	sep-16	1	18	28	46
210	oct-16	1	11	28	39
240	nov-16	49	11	28	39
270	dic-16	17	15	28	43
300	ene-17	3	17	28	45
330	feb-17	10	18	28	46
360	mar-17	–	20	28	48

## DIAGRAMAS DE CAJAS DE LOS INDICADORES EVALUADOS EN LOS MODELOS VMI Y CRP

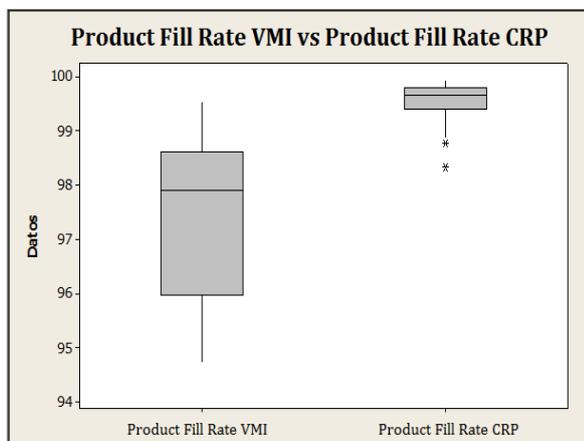


Figura 4.10: Product Fill Rate VMI vs Product Fill Rate CRP

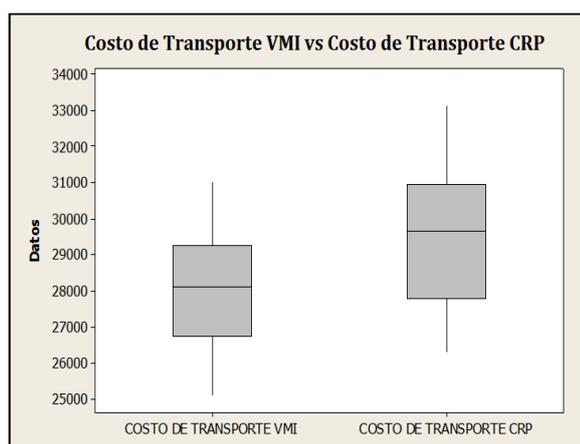


Figura 4.10: Costo de transporte VMI vs Costo de transporte CRP

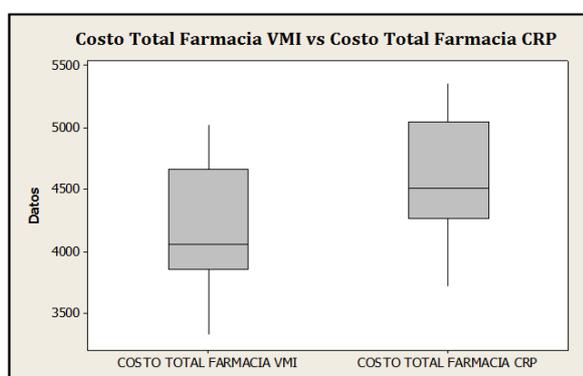


Figura 4.12: Costo total de Farmacia VMI vs Costo total de Farmacia CRP

## APÉNDICE B

### DOCUMENTOS Y SISTEMAS UTILIZADOS EN FARMACIA

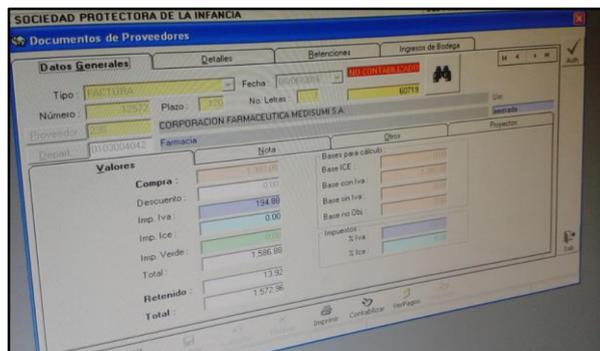


Figura 4.11: Sistema para documentos de proveedores



Figura 4.12: Factura impresa

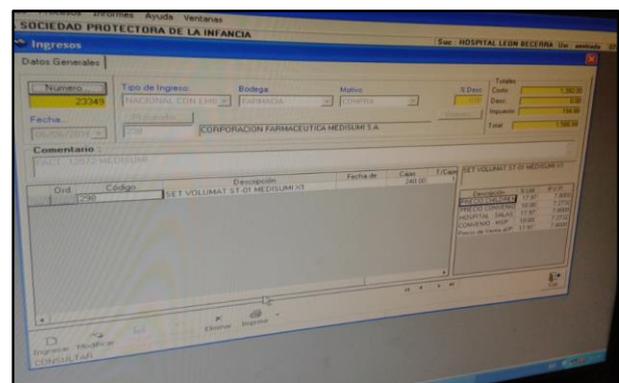


Figura 4.13: Sistema para ingreso de productos

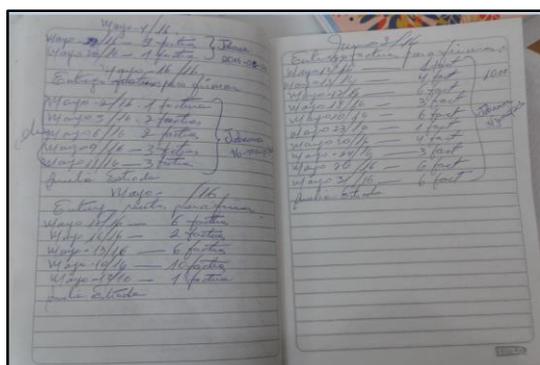


Figura 4.14: Cuaderno 1

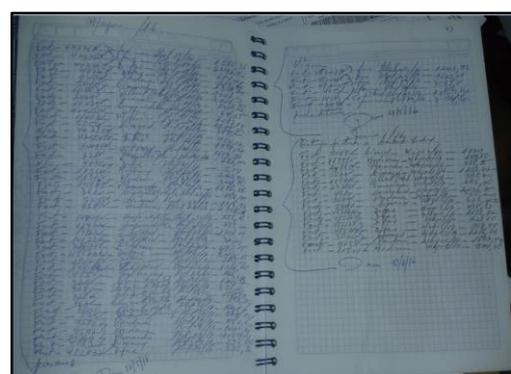


Figura 4. 15: Cuaderno 2

## VERIFICACIÓN DE CAUSAS DEL PROBLEMA

### Órdenes basado en la experiencia

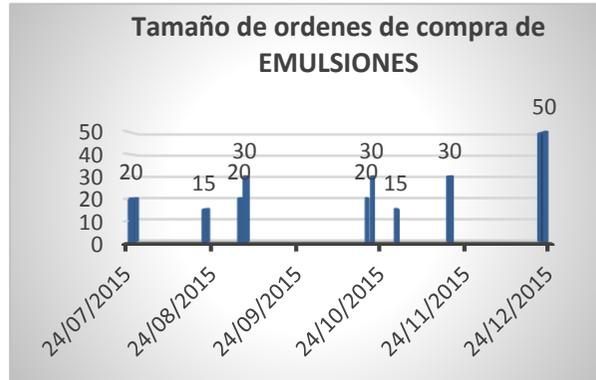


Figura 4.17: Tamaño de la orden de compra de Emulsiones G.L.



Figura 4.16: Nivel De inventario de Emulsiones G.L.

### Variabilidad de la demanda

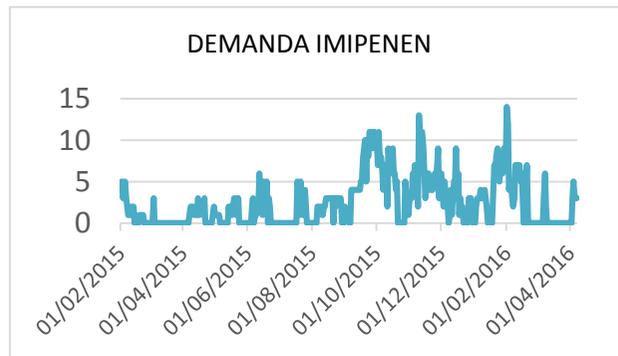


Figura 4.18: Comportamiento de la demanda Imipenen

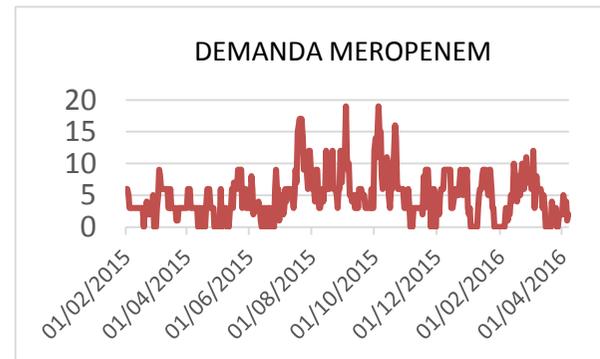


Figura 4.19: Comportamiento de la demanda Meronepem

### Insuficiente espacio de almacenamiento



### Demoras en pago a proveedores

**Pago-Difare**  
 Para 'Kathiuska Quinde'  
 CC vtoral@hospitalleonbecerra.org

**Kathiuska,**  
 Generar nota contable desde la cuenta BG HLB 5230 para pagar facturas vencidas de Difare

DIFARE S.A.

#FACT.	Fecha Inicial	Valor
363382	08/10/2015	1,428.27
363383	08/10/2015	401.97
364643	12/10/2015	2,319.97
364639	12/10/2015	1,666.32
366289	15/10/2015	1,666.32
366291	15/10/2015	3,038.79
366292	15/10/2015	1,274.04
<b>TOTAL</b>		<b>11,795.68</b>

Saludos,  
 Johanna Villarreal  
 Asistente Contable  
 Telef.: 2445757 ext 145

HOSPITAL

## APÉNDICE C

### FOTOS TOMADAS DENTRO DEL HOSPITAL LEÓN BECERRA



**FOTOS TOMADA CON PERSONAL DEL HOSPITAL LEÓN BECERRA**

Entrevista con la jefa de farmacia HLB



Presentación de la Simulación al Jefe de proyectos del HLB

# ANEXOS I

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Ítems	Actividades	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15
1	Identificación del problema y del indicador a mejorar															
2	Recopilación de información: obtención de datos de los productos vitales clase A en la farmacia HLB															
3	Análisis de datos con el objetivo de identificar los factores relevantes con respecto al objetivo de proyecto															
4	Realización de los modelos VMI/CRP															
5	Simulación del modelo para la validación del proyecto															

## ANEXOS II

### PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Plan de implementación						
Items	Actividades	Descripción de la actividad	Objetivo	Responsable	Lugar	Duración
1	Evaluación de la solución	Determinar si es factible la implementación de la estrategia VMI en el entorno del Hospital León Becerra tomando en cuenta los prerequisites del VMI/CRP y realizando la simulación.	Evaluar al Hospital León Becerra para verificar si cumple con los prerequisites para implementación de la estrategias VMI/CRP.	Autores.	Farmacia HLB	1 Semana
2	Definir objetivos y propósitos	Revisar datos históricos y obtener criterios de evaluación para medir la implementación.	Identificar los criterios que van a ser evaluados después de la implementación.	Autores/Jefe de proyecto	Farmacia HLB	1 Semana
3	Seleccionar un grupo de productos	Determinar los productos que son de alto costo y demanda mediante la clasificación ABC de fármacos determinar productos de alto costo y alta demanda, luego ponderar los productos como vitales, desables y esenciales.	Identificar los productos con los que se va a implementar la estrategia VMI.	Autores/Jefe de Proyectos	Farmacia HLB	1 Semana
4	Seleccionar al proveedor adecuado	Usar los criterios de selección de proveedor como por ejemplo precio de productos, niveles de cumplimiento y confiabilidad.	Encontrar proveedores con los que se podría implementar la estrategias VMI/CRP.	Autores /Jefe de Proyectos	Farmacia HLB	1 Mes
5	Establecer relaciones ganar-ganar	Explicar al proveedor las estrategias VMI/CRP y los beneficios que obtendría de la implementación.	Determinar al proveedor con el que se va a implementar las estrategias VMI/CRP.	Gerencia Hospital	Farmacia HLB/ Proveedor	2 Meses
6	Estandarizar los procesos administrativos	Diseñar los nuevos procesos y realizar manuales de procedimiento para un mejor entendimiento para los participantes en la farmacia	Definir los procesos que se van a incluir para la implementación de la estrategia VMI.	Autores/ Jefe de proyecto	Farmacia HLB/ Proveedor	1 Semana
7	Definir la información a compartir	Establecer acuerdos con el proveedor para intercambiar información relevante como las ventas de los productos con sus niveles de inventario	Realizar sistemas de intercambio de información.	Departamento de sistemas de información	Farmacia HLB	1 Semana
8	Realizar el intercambio de información	Diseñar un software para que el proveedor pueda ver la información que se va a compartir.	Realizar sistemas de intercambio de información.	Departamento de sistemas de información	Farmacia HLB/ Proveedor	1-3 Meses
9	Establecer políticas de operación	Establecer el mínimo y máximo inventario que estaría disponible en la farmacia, luego establecer el tiempo de reposición de los productos.	Evitar la existencia de confusiones al momento de la implementación.	Gerencia Hospitalaria y proveedores	Farmacia HLB/ Proveedor	1 Mes
10	Definir las medidas de desempeño	Establecer indicadores para controlar lo implementado, estas medidas deben estar en concordancia con los objetivos y propósitos.	Controlar la implementación de las estrategias VMI/CRP.	Autores/Jefe de proyectos.	Farmacia HLB	1 Semana
11	Establecer reuniones con el proveedor	Establecer un cronograma para las reuniones habituales de colaboración con representantes tanto del cliente como del proveedor	El propósito principal de estas reuniones debe ser la comunicación colaborativa a largo plazo sobre diversos temas, nuevas decisiones y mejoras al proceso.	Gerencia Hospitalaria y proveedores.	Farmacia HLB/ Proveedor	1 Semana

## ANEXOS III

<b>FORMATO DE ENTREVISTA A PROVEEDORES</b>	
<p style="text-align: center;"><b><u>Datos Personales</u></b></p> <p><b>Entrevistador(es):</b> Kevin Celi – Álvaro Romero  <b>Cargo:</b> Estudiantes de Ingeniería y administración de la Producción Industrial en ESPOL.</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Motivo de la entrevista</u></b></p> <p style="text-align: center;">Abastecimiento de medicamentos a clientes</p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Cliente</u></b></p> <p>Farmacia del Hospital León Becerra</p> <div style="text-align: center;">  <p><b>HOSPITAL LEÓN BECERRA</b> DE GUAYAQUIL <small>BENEFICIA SOCIEDAD PROTECTORA DE LA INFANCIA</small></p> </div>
<p style="text-align: center;"><b><u>Datos del proveedor</u></b></p> <p><b>Nombre de la empresa:</b>  <b>Dirección:</b></p> <p style="text-align: center;"><b><u>Datos de persona entrevistada</u></b></p> <p><b>Nombre de persona entrevistada:</b>  <b>Cargo en la empresa:</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b><u>Información acerca del proveedor</u></b></p> <p>Horarios normales de trabajo: _____ Días de la semana: _____</p> <p># de Productos vitales manejados por proveedor: _____</p> <p style="text-align: center;"><b><u>Preguntas</u></b></p> <p>¿Realizan un plan de producción para medicamentos?</p> <p>¿Realizan pronósticos de la demanda de los clientes?</p> <p>¿Cuál es el tiempo de entrega de los medicamentos una vez recibido el pedido del cliente?</p> <p>¿Cómo gestionan los pedidos de los clientes?</p> <p>¿Cuentan con algún sistema de intercambio de información electrónica de los productos con los clientes?</p>	

## ANEXOS IV

### PROCEDIMIENTO PARA EL USO DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO PROMEDIO MÓVIL SIMPLE

<b>Procedimiento para el uso del método de pronóstico de Promedio móvil simple</b>			 <b>BENEMÉRITA SOCIEDAD PROTECTORA DE LA INFANCIA</b>	
Elaborado por:	Aprobado por:		Fecha:	26/01/2016
		Código:	Página <b>110</b> de <b>112</b>	
		Revisión:		

#### 1. Objetivo

Establecer los pasos a seguir para utilizar el método de Promedio Móvil Simple para predecir la demanda de los productos vitales de clase A.

#### 2. Formula del método

$$F_t = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

Donde:

$F_t$  = Valor pronosticado para el período siguiente.

$D_t$  = Demanda real en período t.

n = número de períodos promediados.

#### 3. Procedimiento para el uso del pronóstico de la demanda mensual

##### Paso 1:

Ingresar el valor de la demanda del mes anterior en la celda "Demanda".

##### Paso 2:

Definir un valor de longitud N para los datos que preceden al que se desea pronosticar.

##### Paso 3:

Verificar que la señal de seguimiento se encuentre dentro de los límites 6 y -6.

**Paso 4:**

Si la señal de seguimiento se encuentra dentro de los límites se puede usar el resultado pronosticado obtenido.

		Señal de Seguimiento				
		Menor a -6	0			
		Mayor a 6	0			
		Resultado	MODELO CORRECTO			
N						
Meses (t)	Demanda (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	ABS (Et)	MAD	TS
feb-15	10					
mar-15	10					
abr-15	46					
may-15	8	22	-14	14	14,00	-1,00
jun-15	4	22	-18	18	16,00	-2,00
jul-15	10	20	-10	10	14,00	-3,00
ago-15	0	8	-8	8	12,50	-4,00
sep-15	133	5	128	128	35,60	2,19
oct-15	40	48	-8	8	31,00	2,26
nov-15	22	58	-36	36	31,71	1,07
dic-15	38	65	-27	27	31,13	0,22
ene-16	30	34	-4	4	28,11	0,11
feb-16	96	30	66	66	31,90	2,16
mar-16	79	55	24	24	31,18	2,98
abr-16	-	69				

Si la señal de seguimiento se encuentra fuera de los límites establecidos se debe continuar al paso 5 y 6.

**Paso 5:**

Utilizar un nuevo valor de longitud N para el método de pronóstico.

		Señal de Seguimiento			
		Menor a -6			
		Mayor a 6			
		Resultado			
N					
Meses (t)	Demanda (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	ABS (Et)	
feb-15	10				
mar-15	10				
abr-15	46				
may-15	8	22	-14	14	
jun-15	4	22	-18	18	
jul-15	10	20	-10	10	
ago-15	0	8	-8	8	

**Paso 6:**

Repetir los pasos 3 y 4.

#### 4. Responsables

- **Proveedor:** Controlar el uso adecuado del método de pronóstico descrito.
- **Jefe de farmacia:** Proporcionar los datos de la demanda real al proveedor.

#### 5. CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA (dd/mm/aa)	CAMBIOS

## ANEXOS V

### PROCEDIMIENTO PARA EL USO DEL MÉTODO DE PRONÓSTICO SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

<b>Procedimiento para el uso del método de pronóstico Suavización exponencial</b>			 <b>BENEMÉRITA SOCIEDAD PROTECTORA DE LA INFANCIA</b>	
Elaborado por:	Aprobado por:		Fecha:	26/01/2016
		Código:		
		Revisión:	Página <b>113</b> de <b>115</b>	

#### 1. Objetivo

Establecer los pasos a seguir para utilizar el método de Suavización exponencial para predecir la demanda de los productos vitales de clase A.

#### 2. Formula del método

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1})$$

Donde:

- $F_t$ = nuevo pronóstico.
- $F_{t-1}$ = pronóstico anterior.
- $A_{t-1}$ = demanda real en el periodo anterior.
- $\alpha$ = constante de suavización ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ).

#### 3. Procedimiento para el uso del pronóstico de la demanda mensual

##### Paso 1:

Ingresar el valor de la demanda del mes anterior en la celda "Demanda".

##### Paso 2:

Ingresar un valor alfa para el método de pronóstico.

##### Paso 3:

Verificar que la señal de seguimiento se encuentre dentro de los límites 6 y -6.

**Paso 4:**

Si la señal de seguimiento se encuentra dentro de los límites se puede usar el resultado pronosticado obtenido.

t	Meses	Demanda (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Abs (Et)	MAD	TS
0	feb-15	41	43				
1	mar-15	39	42	-3	3	2,80	-1,00
2	abr-15	29	40	-11	11	6,96	-2,00
3	may-15	36	33	3	3	5,49	-2,07
4	jun-15	49	35	14	14	7,62	0,35
5	jul-15	43	43	0	0	6,18	0,37
6	ago-15	52	43	9	9	6,62	1,68
7	sep-15	37	48	-11	11	7,21	-0,05
8	oct-15	42	42	0	0	6,45	0,01
9	nov-15	37	42	-5	5	6,27	-0,76
10	dic-15	45	39	6	6	6,25	0,21
11	ene-16	57	43	14	14	6,99	2,25
12	feb-16	39	51	-12	12	7,43	0,47
13	mar-16	56	44	12	12	7,79	2,00
14	abr-16		51				

Si la señal de seguimiento se encuentra fuera de los límites establecidos se debe continuar al paso 5 y 6.

**Paso 5:**

Definir un nuevo valor  $\alpha$  para el método de pronóstico.

t	Meses	Demanda (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)
0	feb-15	41	43	
1	mar-15	39	42	-3
2	abr-15	29	40	-11
3	may-15	36	33	3
4	jun-15	49	35	14
5	jul-15	43	43	0

**Paso 6:**

Repetir los pasos 3 y 4.

#### 4. Responsables

- **Proveedor:** Controlar el uso adecuado del método de pronóstico descrito.
- **Jefe de farmacia:** Proporcionar los datos de la demanda real al proveedor.

#### 5. CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA (dd/mm/aa)	CAMBIOS

## ANEXOS VI

### POLÍTICA DE INVENTARIO Y PROCEDIMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN

<b>Política de Inventario y Procedimiento de implementación.</b>		 <b>BENEMÉRITA SOCIEDAD PROTECTORA DE LA INFANCIA</b>	
Elaborado por:	Aprobado por:	Código:	Fecha: 15/09/2016
		Revisión:	Página 116 de 119

#### 1. OBJETIVO

Establecer la política de inventario para los 13 productos Clase A- Vitales y normar el procedimiento de implementación.

#### 2. ALCANCE

Esta política y procedimiento solo es aplicable para los 13 productos Clase A- Vitales.

#### 3. DEFINICIONES

**Política de inventario:** Una política de inventario establece cuando una orden de reabastecimiento debe ser puesta y la cantidad de dicha orden de reabastecimiento.

**Cantidad máxima:** Cantidad máxima estimada de inventario que se debe tener en stock.

#### Modelos VMI

El inventario administrado por el proveedor (conocido en inglés como Vendor-Managed Inventory o por sus siglas VMI) es una familia de modelos de negocios en la cual el minorista de cierto producto suministra información sobre ventas e inventarios al proveedor.

El proveedor por su parte suele asumir la responsabilidad sobre la administración de los inventarios y toma las decisiones sobre los tamaños de los pedidos y las fechas de despacho. Posee un mayor conocimiento de la demanda y un contacto más directo

con sus clientes, mientras que el distribuidor minorista reduce el riesgo y los costos de mantener inventario.

La información entre ambos agentes de la cadena de suministro generalmente fluye a través de un sistema de intercambio electrónico de datos u otra red electrónica, de manera que está actualizada permanentemente.

### **Modelos CRP**

Este es un método de reposición de productos en tiempo real como sea necesario solamente para la cantidad vendida. El Programa de reabastecimiento continuo es una base compatible con la estrategia de Respuesta Eficiente al Consumidor (ECR), que es famoso por la cadena de suministro (SCM) de los alimentos procesados.

A diferencia de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP), no existen intervalos de tiempo para la creación de un calendario para ciertos períodos de tiempo.

### **Inventario de Seguridad (SS)**

Describe el nivel extra de stock que se mantiene en almacén para hacer frente a eventuales roturas de stock, dicho de otra manera, se genera para reducir las incertidumbres que se producen en la oferta y la demanda.

### **Objetivo del pronóstico**

Reducir la incertidumbre acerca de lo que puede acontecer en el futuro proporcionando información cercana a la realidad que permita tomar decisiones sobre los cursos de acción a tomar tanto en el presente como en el futuro.

#### 4. POLÍTICA DE INVENTARIO

- El proceso de reabastecimiento de los productos Clase A- Vitales se realizará con el modelo VMI y modelo CRP.
- La cantidad máxima que se debe mantener en inventario de los productos Clase A- Vitales se muestra en la siguiente tabla:

Ítems	Nombre de los medicamentos	Cantidad máxima en percha
1	AMINOACIDOS 15%	55
2	COLISTINA100MG	46
3	DOBUTAMINA 50MG/ML	69
4	DORMICUN 50MG AMPX5+ MIDAZOLAN	194
5	EMULSIONES GRASAS lípidos 20%	38
6	ENOXAPARINA 4000 UI (40 MG)	49
7	IMIPENEN+CILASTATINA 500+500	109
8	IPRATROPIO BROMURO 0.25 MG/ML	58
9	LACTATO RINGER 1000CC	285
10	MEROPENEM 1000G	171
11	OCTREOTIDA 0.1 MG/ML	109
12	PIPERACILINA + TAZOBACTAM 4 G + 0.5 G	87
13	PROPOFOL 20 mg/ml	44

- El periodo de reabastecimiento por parte del proveedor será cada 30 días.
- La cantidad que se debe pedir para reabastecer el inventario de los productos clase A- Vitales dependerá de la cantidad pronosticada por el proveedor menos la cantidad de inventario físico que se tenga en el momento de realizar el reabastecimiento para el modelo VMI.
- La cantidad que se debe pedir para reabastecer el inventario de los productos clase A- Vitales dependerá de la cantidad vendida durante los 30 días menos la cantidad de inventario físico que se tenga en el momento de realizar el reabastecimiento para el modelo CRP.

## 5. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO VMI/CRP

Nº	Actividades	Descripción de la actividad	Objetivo	Responsable
1	Seleccionar al proveedor adecuado	Usar los criterios de selección de proveedores como por ejemplo precio de productos, niveles de cumplimiento y confiabilidad.	Encontrar proveedores con los que se podría implementar la estrategia VMI.	Gerencia Hospitalaria
2	Definir la información a compartir	Establecer acuerdos con el proveedor para intercambiar información relevante como las ventas de los productos con sus niveles de inventario	Realizar sistemas de intercambio de información.	Departamento de sistemas de información
3	Realizar el intercambio de información	Diseñar un software para que el proveedor pueda ver la información que se va a compartir.	Realizar sistemas de intercambio de información.	Departamento de sistemas de información
4	Establecer políticas de operación	Establecer el mínimo y máximo inventario que estaría disponible en la farmacia, luego establecer el tiempo de reposición de los productos.	Evitar la existencia de confusiones al momento de la implementación.	Gerencia Hospitalaria y proveedores
5	Definir las medidas de desempeño	Establecer indicadores para controlar lo implementado, estas medidas debes estar en concordancia con los objetivos y propósitos.	Controlar la implementación de la estrategia.	Autores/Jefe de proyectos.
6	Establecer reuniones con el proveedor	Establecer un cronograma para las reuniones habituales de colaboración con representantes tanto del cliente como del proveedor	El propósito principal de estas reuniones debe ser la comunicación colaborativa a largo plazo sobre diversos temas, nuevas decisiones y mejoras al proceso. También de construir relaciones humanas entre los socios y mantener un entorno abierto para la discusión de las iniciativas e ideas.	Gerencia Hospitalaria y proveedores.