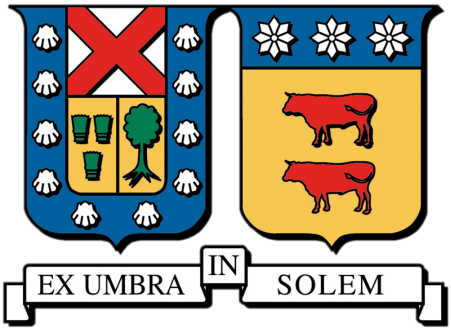


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

MODELO INTEGRADO DE PRONÓSTICO Y GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA MEDICAMENTOS EN EL HOSPITAL BIPROVINCIAL QUILLOTA-PETORCA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

JEAN CLAUDIO STANFIEL ÓRDENES

PROFESOR GUÍA

FREDY KRISTJANPOLLER

PROFESOR CORREFERENTE

SIMÓN GÓMEZ

VALPARAÍSO, 29 DE SEPTIEMBRE 2026

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Modelo integrado de pronóstico y gestión de inventarios para medicamentos en el Hospital Biprovincial Quillota-Petorca

Nombre del candidato(a): Jean Claudio Stanfiel Órdenes

Carrera / Grado: Ingeniero Civil Industrial

Campus: Casa Central **Departamento:** Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Fredy Kristjanpoller Rodríguez, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por **(marcar una opción)**:

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

_____

_____

_____

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 27/10/2026 **Firma:** _____

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 27/10/2026 **Firma:** _____

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

El poder de creer en ti mismo es el poder de cambiar el destino.

Agradecimientos

Dedico este trabajo a mi madre, mi principal fortaleza e inspiración para el término de este camino. Ella es la verdadera triunfadora de este proceso, por todas las adversidades que tuviste que pasar, siempre encontraste la manera de volver a levantarte, entregándome incondicionalmente siempre lo mejor para que nada me faltara durante mi etapa universitaria.

A mis amigos Claudio, Cristian, Gonzalo, José, Sebastián, Daniel, Patrick y Cristopher, quienes conforman mi círculo más cercano y son verdaderos hermanos de vida. Les agradezco por seguir a mi lado y por todos los momentos compartidos, tanto dentro como fuera de la universidad.

Mi más sincera gratitud al excelente equipo de profesionales de la Unidad de Farmacia del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca. De manera especial a Beatriz, quien me acompañó de cerca en todo este proceso, abriéndome las puertas para desarrollar esta investigación y transmitiéndome su experiencia, conocimientos y la determinación necesaria para cumplir los objetivos. Asimismo, agradezco a don Ernesto, quien con su vasto conocimiento y entusiasmo, depositó constantemente su fe y confianza en mi trabajo.

A mi profesor guía, Fredy, por su gran apoyo durante mi formación universitaria. Sus clases y su entrega en la docencia hicieron que sus asignaturas fueran las de mi mayor interés. Le agradezco por ser un docente de excelencia y, sobre todo, una gran persona que transmite cercanía y confianza a sus estudiantes.

Este camino no lo he recorrido en soledad, ya que cada paso ha sido impulsado por ustedes. Muchas gracias a todos y vamos por nuevos logros.

Resumen

La gestión de medicamentos en establecimientos hospitalarios requiere compatibilizar la disponibilidad de tratamientos con el uso eficiente de los recursos asociados al abastecimiento. En este contexto, la presente memoria desarrolla un modelo de pronóstico de demanda y gestión de inventarios aplicado a la Unidad de Farmacia del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, integrando técnicas de clasificación, series de tiempo y políticas de reabastecimiento mediante una herramienta computacional denominada MODEFA.

El estudio se desarrolló a partir de registros históricos de consumo, adquisiciones y costos del establecimiento. Inicialmente, el catálogo fue depurado desde 605 a 500 medicamentos y posteriormente clasificado mediante las metodologías ABC, VED y XYZ, considerando su impacto económico, criticidad clínica y variabilidad de consumo. A partir de esta segmentación se seleccionaron 20 medicamentos prioritarios para la etapa de modelamiento.

Para cada medicamento se evaluaron nueve configuraciones de pronóstico, correspondientes a promedios móviles, suavizamiento exponencial simple, método de Brown, Holt–Winters aditivo y multiplicativo y descomposición multiplicativa. La selección se realizó mediante la desviación absoluta media (MAD) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE), complementadas con una validación utilizando consumos posteriores al ajuste. La descomposición multiplicativa presentó el mejor desempeño en 18 de los 20 medicamentos evaluados, mientras que el Metamizol y el Paracetamol solución inyectable requirieron configuraciones diferentes, evidenciando la necesidad de seleccionar el modelo de forma individual para cada serie.

Las proyecciones obtenidas fueron posteriormente utilizadas para formular políticas de revisión continua mediante el lote económico de compra, inventario de seguridad y punto de reorden. Para ello se consideró un nivel de servicio objetivo del 95 %, un tiempo de reposición de dos días y dos estructuras alternativas de costo de emisión de órdenes. Los resultados muestran que un mayor costo de emisión incrementa el tamaño económico del pedido y reduce la frecuencia de reposición, mientras que el inventario de seguridad y el punto de reorden dependen principalmente de la variabilidad de la demanda y de los parámetros de servicio establecidos.

Finalmente, los procedimientos fueron integrados en MODEFA, desarrollado mediante Python y SQL, permitiendo automatizar el procesamiento de datos, la comparación de pronósticos y el cálculo de parámetros de inventario. La propuesta constituye una herramienta de apoyo cuantitativo para la planificación del abastecimiento, cuya aplicación futura deberá complementarse con actualización periódica de datos y validación operativa en el establecimiento.

Índice

1 Introducción **12**

2 Antecedentes Generales **14**

2.1 Sistema de Salud General 14

2.2 Sistema de Salud en Chile 15

2.2.1 Estructura y Rectoría del Sistema de Salud Chileno 17

2.3 Estructura de fiscalización y control 18

2.4 Sistema de financiamiento y aseguramiento 19

2.5 Servicios y logística de abastecimiento 19

2.5.1 Central Nacional de Abastecimiento (CENABAST) 20

2.5.2 Cadena de suministro en servicios médicos 24

2.6 Evolución Hospitalaria de la Red Quillota 26

2.6.1 Hospital San Martín de Quillota 26

2.6.2 Hospital Biprovincial Quillota-Petorca 26

2.6.3 Diferencia estructural y desafío logístico 27

3 Problema de Investigación **30**

3.1 Descripción del problema 30

3.2 Antecedentes del problema 31

3.3 Preguntas de investigación 33

4 Objetivos **34**

4.1 Objetivo general 34

4.2 Objetivos específicos 34

5 Alcance **35**

5.1 Límites de la Investigación 35

5.2 Exclusiones 36

6 Marco Teórico **37**

6.1 Diseño del sistema de pronóstico 37

6.1.1 La decisión de qué se va a pronosticar 38

6.1.2 Selección del tipo de técnica de pronóstico 39

6.1.3 Selección de software de computación a utilizar 39

6.2 Tipos de pronóstico 40

6.2.1 Método cualitativo 41

6.2.2 Método de series de tiempo . . . 41
6.2.3 Método de relaciones causales . . . 41
6.2.4 Método de simulación . . . 42
6.3 Patrones de demanda . . . 42
6.4 Modelos de series de tiempo . . . 44
6.4.1 Pronóstico empírico . . . 45
6.4.2 Promedio móvil simple . . . 45
6.4.3 Suavización exponencial simple . . . 46
6.4.4 Suavización exponencial doble (Brown) . . . 46
6.4.5 Descomposición clásica de series de tiempo . . . 47
6.4.6 Método de Holt . . . 49
6.4.7 Método de Holt-Winters . . . 50
6.4.8 Errores de pronóstico . . . 53
6.5 Administración de inventarios . . . 54
6.5.1 Objetivo del inventario . . . 56
6.5.2 Costos del inventario . . . 57
6.5.3 Tipos de demanda . . . 59
6.5.4 Tipos de inventarios . . . 60
6.6 Modelos de inventarios . . . 61
6.6.1 Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) . . . 61
6.6.2 Modelo de reabastecimiento no instantáneo (ELS / POQ) . . . 64
6.6.3 Modelo de punto de reorden con demanda incierta . . . 66
6.7 Clasificación de Pareto y Método ABC . . . 68

7 Metodología **69**
7.1 Enfoque y diseño de la investigación . . . 69
7.2 Esquema general de la metodología . . . 70
7.3 Unidad de análisis y delimitación del estudio . . . 71
7.4 Levantamiento de información y fuentes de datos . . . 71
7.5 Preparación y depuración de los datos . . . 72
7.6 Metodología de clasificación para medicamentos . . . 73
7.6.1 Clasificación ABC . . . 74
7.6.2 Clasificación VED . . . 74
7.6.3 Clasificación XYZ . . . 75
7.6.4 Integración ABC–VED–XYZ . . . 76
7.6.5 Criterios de selección de medicamentos para el modelamiento . . . 76
7.7 Metodología de pronóstico de demanda . . . 76
7.7.1 Procedimiento para el desarrollo del sistema de pronóstico . . . 77

7.7.2 Modelos de pronóstico evaluados . . . 78
7.7.3 Evaluación y selección del modelo de pronóstico . . . 79
7.7.4 Validación de los pronósticos . . . 80
7.7.5 Generación de proyecciones multiperiodo . . . 82
7.7.6 Consolidación de las proyecciones de demanda . . . 83
7.8 Metodología para la gestión de inventarios . . . 84
7.8.1 Definición de parámetros del modelo . . . 85
7.8.2 Estimación del costo de emisión de órdenes . . . 85
7.8.3 Estimación del costo de mantenimiento . . . 87
7.8.4 Nivel de servicio y tiempo de reposición . . . 88
7.8.5 Aplicación integrada del modelo de inventarios . . . 89
7.8.6 Incorporación de la incertidumbre de la demanda . . . 90
7.9 Integración computacional mediante MODEFA . . . 90

8 Desarrollo de la propuesta 92
8.1 Diagnóstico de la situación actual de pronósticos e inventarios . . . 92
8.1.1 Problemática observada . . . 92
8.2 Clasificación de los medicamentos . . . 93
8.2.1 Resultados de la Clasificación ABC . . . 94
8.2.2 Resultados de la Clasificación VED . . . 95
8.2.3 Resultados de Clasificación ABC-VED . . . 96
8.3 Análisis XYZ . . . 97
8.3.1 Análisis de la demanda . . . 97
8.3.2 Análisis XYZ . . . 102
8.3.3 Análisis de ABC-VED-XYZ . . . 103
8.3.4 Definición del alcance para el modelo de inventarios . . . 104
8.4 Elección de medicamentos . . . 104
8.4.1 Clasificación de grupo . . . 105
8.5 Desarrollo de la plataforma MODEFA . . . 107
8.5.1 Arquitectura del sistema . . . 107
8.5.2 Implementación del sistema . . . 108
8.5.3 Descripción funcional de los módulos . . . 110
8.6 Métodos de pronóstico de demanda . . . 112
8.7 Casos aplicados . . . 112
8.7.1 Procedimiento aplicado al grupo 1 (AVX) . . . 113
8.7.2 Procedimiento de pronóstico aplicado a los fármacos restantes . . . 132
8.7.3 Propuesta de modelo de pronósticos para los medicamentos estudiados . . . 135
8.8 Políticas de inventario . . . 137

8.8.1 Definición de los modelos a aplicar para los medicamentos 137
8.8.2 Estimación de parámetros de los modelos 138
8.8.3 Parametrización de los costos de inventario 138
8.8.4 Aplicación de los modelos de inventario 140
8.9 Aplicación de las políticas de inventario 141
8.9.1 Modelo de lote económico (EOQ) 142
8.9.2 Modelo de lote económico con demanda incierta 143
8.9.3 Proyección de demanda y consolidación de parámetros 153

9 Discusión **157**

10 Conclusiones y Recomendaciones **159**

Anexos **165**

Índice de figuras

2-1 Elementos Constitutivos del Sistema de Salud 15
2-2 Estructura organizacional e interacciones del Sistema de Salud chileno 16
2-3 Cadena de suministro de servicios médicos 24
2-4 Cadena de abastecimiento de las unidades de farmacia de la APS 25
2-5 Distribución de las bodegas en el área de farmacia (Flujo General) 29
3-1 Tabla de principales recortes a Hospitales en Chile 31
6-1 Patrones típicos de demanda regular 43
6-2 Diseño de curvas para la planeación de inventarios. 56
6-3 Costos anuales del producto, con base en el tamaño del pedido 58
6-4 Niveles de inventario de ciclo. 63
6-5 Niveles de inventario con reabastecimiento no instantáneo 66
6-6 Control de inventarios del punto de reorden bajo incertidumbre 67
7-1 Diagrama general del procedimiento metodológico propuesto. 70
8-1 Demanda mensual (2023-2025) para medicamentos de la clase AV. 99
8-2 Demanda mensual (2023-2025) para medicamentos de la clase AE. 100
8-3 Demanda mensual (2023-2025) para medicamentos de la clase AD. 101
8-4 Diagrama de casos de uso del sistema MODEFA 108
8-5 Interfaz de usuario del panel de control MODEFA (Desarrollo en Python) 109
8-6 Interfaz de usuario del panel de control MODEFA (Desarrollo WEB) 111
8-7 Foto referencia Enoxaparina 40 mg 113
8-8 Pronósticos mediante promedios móviles para Enoxaparina 40 mg. 113
8-9 Pronósticos mediante suavizamiento simple y doble para Enoxaparina 40 mg. . . . 114
8-10 Pronósticos mediante Holt-Winters aditivo y multiplicativo para Enoxaparina 40 mg. 115
8-11 Pronóstico mediante Descomposición Multiplicativa para Enoxaparina 40 mg. . . . 115
8-12 Foto referencia Metamizol 1GR/2ML. 116
8-13 Pronósticos mediante promedios móviles para Metamizol 1GR/2ML. 117
8-14 Gráfico de pronósticos con suavizamiento simple y doble para Metamizol 1GR/2ML. 118
8-15 Gráfico de pronósticos con Holt-Winters aditivo y multiplicativo para Metamizol 1GR/2ML. 118
8-16 Gráfico de pronóstico con descomposición multiplicativa para Metamizol 1GR/2ML. 119
8-17 Foto referencia Heparina 25.000 UI/5ML 120
8-18 Gráficos consolidados de pronósticos para Heparina 25.000 UI/5ML. 121
8-19 Foto referencia Lápiz Insulina Glargina 100 UI/ML 122
8-20 Gráficos consolidados de pronósticos para Lápiz Insulina Glargina 100 UI/ML. . . 123
8-21 Foto referencia Insulina Lenta 100UI/ML FC 10 ML 125
8-22 Gráficos consolidados de pronósticos para Insulina Lenta 10ML. 126

8-23 Foto referencia Insulina aspartato recomb. ultrarrápida 127
8-24 Gráficos consolidados de pronósticos para Insulina Aspartato Recomb. Ultrarrápida. 128
8-25 Foto referencia Fisiológico 0.9 % 500ML 130
8-26 Gráficos consolidados de pronósticos para Fisiológico 0.9 % 500ML. 131
8-27 Gráfico de costos anuales para primera estructura: Lápiz insulina glargina 100 UI/ML 144
8-28 Gráfico de costos anuales para segunda estructura: Lápiz insulina glargina 100 UI/ML 145
8-29 Dinámica proyectada con inventario de seguridad: primera y segunda estructura de costo para Lápiz insulina glargina 100 UI/ML 145
8-30 Referencia visual: Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G FA 146
8-31 Gráfico de costos anuales para primera estructura: Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G 147
8-32 Gráfico de costos anuales para segunda estructura: Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G 147
8-33 Dinámica proyectada con inventario de seguridad: Primera vs. Segunda categoría para Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G FA 148
8-34 Referencia visual: Inmunoglobulina Humana 5 G FA 100 ML 149
8-35 Gráfico de costos anuales para primera estructura: Inmunoglobulina humana 5 G FA 100 ML 149
8-36 Gráfico de costos anuales para segunda estructura: Inmunoglobulina humana 5 G FA 100 ML 150
8-37 Dinámica proyectada con inventario de seguridad: Primera vs. Segunda estructura para Inmunoglobulina humana 5 G FA 100 ML 150
10-1 Tabla de distribución normal estándar 165
10-2 Proceso de abastecimiento actual 166
10-3 Proceso propuesto de abastecimiento con apoyo de MODEFA 167

Índice de tablas

2-1 Lista de los 10 medicamentos con mayor gasto en el sector público de salud (2016) 21
2-2 Tabla comparativa de infraestructura: Hospital San Martín vs. Hospital Biprovincial. 27
8-1 Tabla de comparación del inventario de medicamentos por tipo de presentación. . . 94
8-2 Tabla de distribución de medicamentos según clasificación ABC. 94
8-3 Tabla de distribución del inventario de medicamentos según clasificación interna. . 95
8-4 Tabla de distribución del inventario de bodega activa según clasificación VED. . . . 96
8-5 Tabla matriz multicriterio ABC-VED para el inventario de medicamentos. 96
8-6 Tabla de detalle de medicamentos de alto impacto financiero (Categoría A). 98
8-7 Tabla de evolución anual de la variabilidad de demanda (Clasificación XYZ). . . . 102
8-8 Tabla matriz tridimensional ABC-VED-XYZ. 103
8-9 Tabla de clasificación ABC-VED-XYZ sobre la categoría I 106
8-10 Tabla comparativa de errores y pronósticos para Enoxaparina 40 mg. 116
8-11 Tabla comparativa de errores y pronósticos para Metamizol 1 GR/2ML. 120
8-12 Tabla comparativa de errores y pronósticos para Heparina 25.000 UI/5ML. 122
8-13 Tabla comparativa de errores y pronósticos para Lápiz Insulina Glargina 100 UI/ML. 124
8-14 Tabla comparativa de errores y pronósticos para Insulina Lenta 100UI/ML. 127
8-15 Tabla comparativa de errores y pronósticos para Insulina Aspartato Ultrarrápida. . . 129
8-16 Tabla comparativa de errores y pronósticos para Fisiológico 0.9 % 500ML. 132
8-17 Tabla resultados de pronóstico de demanda y errores por grupo. 133
8-18 Tabla comparativa de precisión del pronóstico vs. consumo real para agosto. 134
8-19 Tabla propuesta de pronósticos para doce meses de medicamentos seleccionados. . 136
8-20 Tabla resumen de parámetros consolidados para los modelos de inventario. 140
8-21 Tabla consolidada de parámetros del grupo seleccionado de medicamentos. 141
8-22 Tabla de datos logísticos y cálculo de lote económico de primera estructura. 142
8-23 Tabla de datos logísticos y cálculo de lote económico de segunda categoría. 143
8-24 Tabla de resultados óptimos de gestión: Lápiz insulina glargina 100 UI/ML 146
8-25 Tabla de resultados óptimos de gestión: Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G FA 148
8-26 Tabla de resultados óptimos de gestión: Inmunoglobulina Humana 5 G FA 100 ML 151
8-27 Tabla de parámetros de reabastecimiento para primera estructura de costo. 152
8-28 Tabla de parámetros de reabastecimiento para segunda estructura de costo. 153
8-29 Tabla de parámetros con medicamentos por descomposición multiplicativa. 154
8-30 Tabla de parámetros del modelo final propuesto para primera estructura. 155
8-31 Tabla de parámetros del modelo final propuesto para segunda estructura. 156
10-1 Tabla de dimensiones y volumetría estandarizada según categoría de empaque. . . . 168
10-2 Tabla de Tiempos logísticos y cálculo de costo por pedido para segunda estructura. 169
10-3 Tabla de desglose de costos del grupo de profesionales por estructura. 169

1 Introducción

La gestión eficiente de la cadena de suministro en el sector de la salud representa uno de los desafíos logísticos más complejos y críticos de la actualidad. A diferencia de las industrias tradicionales, el manejo de inventarios hospitalarios no solo persigue la optimización de recursos financieros, sino que tiene un impacto directo e inmediato en la calidad de la atención y recuperación de los pacientes. Garantizar la disponibilidad oportuna de los tratamientos es fundamental, especialmente cuando se trata de una gran cantidad de medicamentos, donde un quiebre de inventario puede comprometer la continuidad de los tratamientos y afectar la atención de los pacientes.

A nivel regional, la inauguración del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca marcó un evento estructural en la red asistencial. Este establecimiento, encargado de absorber y superar la demanda histórica que enfrenta el antiguo Hospital San Martín de Quillota, multiplicó considerablemente su superficie construida, la complejidad de sus prestaciones y cantidad de población beneficiaria. Sin embargo, este salto considerable en su capacidad física y clínica trae consigo un desafío operativo: la necesidad de modernizar y profesionalizar los procesos logísticos internos.

Actualmente, la transición hacia esta nueva escala operativa ha dejado en evidencia las limitaciones de mantener una gestión de abastecimiento que carezca de herramientas ingenieriles. La dependencia de proveedores centralizados, como la central de abastecimiento (CENABAST), sumada a las restricciones asociadas al abastecimiento y las variaciones en el consumo clínico, exige complementar los procedimientos tradicionales de planificación mediante herramientas cuantitativas basadas en registros históricos.

Frente a esta problemática, la presente investigación propone el desarrollo de un Modelo de Pronóstico y Gestión de Inventarios para Medicamentos en el Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, integrado en una plataforma computacional destinada a apoyar la gestión de abastecimiento de la institución. Desde la perspectiva de los conocimientos adquiridos en Ingeniería Civil Industrial, el trabajo combina herramientas matemáticas de series de tiempo y modelos de gestión de inventarios para transformar los registros históricos del hospital en información útil para la planificación. La propuesta busca dotar a la Unidad de Farmacia de una herramienta capaz de automatizar el procesamiento de datos, comparar modelos de pronóstico y determinar parámetros logísticos como el lote económico de compra, el inventario de seguridad y el punto de reorden. De esta manera, MODEFA integra en un mismo entorno el análisis de la demanda y la formulación de políticas de reposición, proporcionando una base cuantitativa para apoyar la toma de decisiones y equilibrar los costos logísticos con el nivel de servicio definido para el abastecimiento de medicamentos.

2 Antecedentes Generales

El presente capítulo establece los antecedentes generales de la investigación. En primera instancia, se analiza la estructura, funcionamiento y los principales organismos logísticos que componen el sistema de salud chileno a nivel general. Posteriormente, el estudio converge en el escenario de aplicación: el Hospital Biprovincial Quillota-Petorca. Tras describir sus características generales, el análisis se focaliza en la unidad de Farmacia, área operativa donde se sitúa la problemática central y en la cual se desarrolló el modelo de gestión propuesto.

2.1 Sistema de Salud General

El diseño y funcionamiento de un sistema de salud representa más que solo la provisión de atenciones médicas a sus pacientes. González et al. (2019), al presentar la definición propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS), señalan que un sistema de salud "consiste en el conjunto de las organizaciones, personas y acciones cuya finalidad principal es promover, restablecer o mantener la salud".

Como complemento, la OMS establece otros dos propósitos para un sistema eficiente: garantizar un trato digno a los usuarios y asegurar financieramente frente a los costos por enfermedad. Estos objetivos se basan en tres valores: el derecho a lograr el máximo grado de salud posible; la equidad, como la ausencia de desigualdades en el acceso y calidad de la atención; y la solidaridad, que establece que los aportes al sistema competen a la capacidad económica y de la atención que se necesita, independientemente del poder adquisitivo individual (González et al., 2019).

Para materializar estos objetivos, el sistema no opera mediante elementos aislados, sino a través de la interacción coordinada de seis componentes. Como se muestra en la Figura 2-1, estos pilares son la gobernanza, la información, el financiamiento, la prestación de servicios, los recursos humanos y los medicamentos y tecnología. Asimismo, el modelo expuesto busca poner a las personas como núcleo del sistema, esto con el fin de asegurar un trato equitativo y de calidad hacia la comunidad.

Figura 2-1: Elementos Constitutivos del Sistema de Salud



Fuente: Extraído de González et al. (2019).

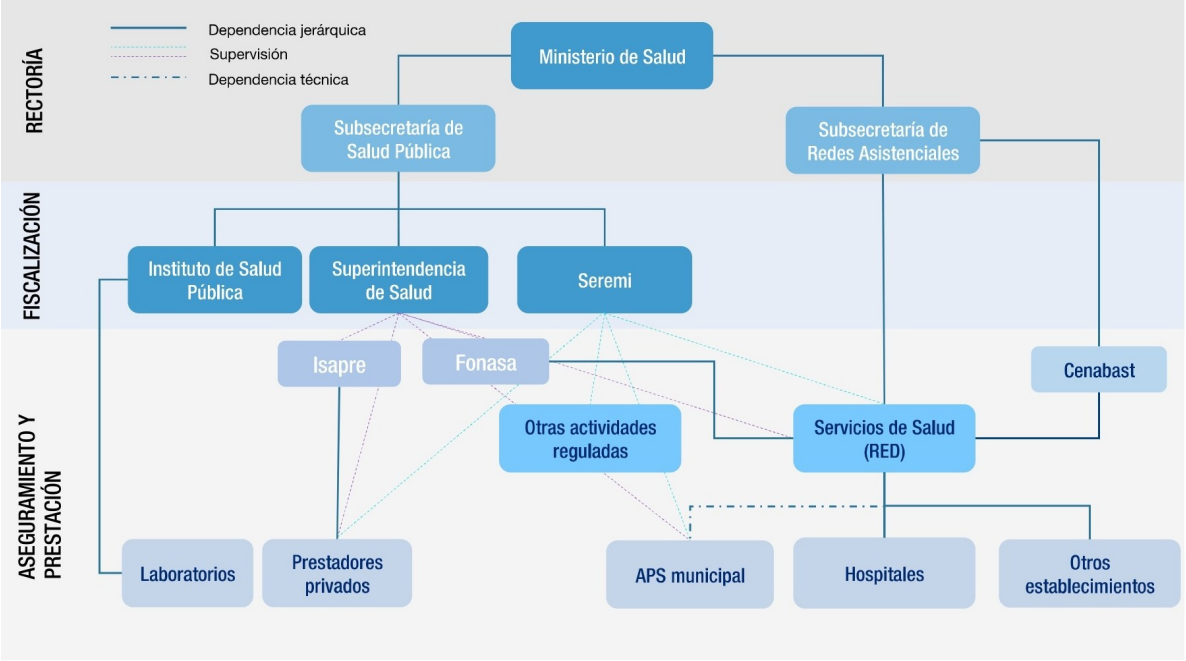
2.2 Sistema de Salud en Chile

El sistema de salud en Chile opera a través de un modelo mixto, tanto en su esquema de financiamiento como en la provisión de todos sus servicios. Además, esta arquitectura institucional se organiza a través de la convivencia y colaboración de diferentes organismos y entidades tanto del sector público como del privado.

En primer lugar, el ámbito público es liderado por el Ministerio de Salud (MINSAL), ente rector encargado de formular, coordinar y supervisar las políticas sanitarias de la red estatal. Asimismo, a través del Instituto de Salud Pública (ISP) y las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMI), regula la actividad privada. Por otra parte, el sector privado es financiado por las Instituciones de Salud Previsional (ISAPRES) y opera mediante prestadores independientes, como clínicas y centros médicos. Esta red brinda cobertura a sus afiliados y actúa como infraestructura complementaria para los usuarios del sistema público a través de convenios institucionales.

Para garantizar un buen equilibrio y funcionamiento, esta macroestructura sanitaria se fundamenta en cuatro pilares organizacionales: la rectoría y regulación, la fiscalización, el financiamiento y aseguramiento y, por último, la provisión de servicios asistenciales y de salud pública, tal como se presenta esquemáticamente en la ilustración 2-2.

Figura 2-2: Estructura organizacional e interacciones del Sistema de Salud chileno



Fuente: Extraído de González et al. (2019).

A partir de la estructura organizacional, a continuación se detallarán aquellos organismos que presentan mayor relevancia para los fines de esta investigación. La comprensión de la arquitectura institucional es esencial para comprender el contexto operativo y normativo del sistema de salud en Chile.

2.2.1 Estructura y Rectoría del Sistema de Salud Chileno

2.2.1.1 Ministerio de Salud (MINSAL)

La rectoría del sector de salud en Chile recae en el Ministerio de Salud (MINSAL). Esta institución tiene el deber de formular, fijar, controlar y evaluar las normativas y políticas sanitarias del subsistema público. Asimismo, es responsable de desarrollar actividades de fomento y protección de la salud de los ciudadanos, además de atender las necesidades de recuperación y rehabilitación de los pacientes.

Para cumplir con todas estas funciones y exigencias de manera operativa, el MINSAL desprende sus actividades en dos grandes áreas:

Subsecretaría de Salud Pública

Tiene la misión de liderar las estrategias orientadas a promover y mejorar la salud de la población chilena, ejerciendo las funciones reguladoras, normativas, de vigilancia y de fiscalización inherentes al Estado. En este contexto, es la entidad responsable de diseñar las políticas de prevención, coordinar la vigilancia epidemiológica a nivel nacional y administrar el financiamiento destinado a los bienes públicos en salud.

Subsecretaría de Redes Asistenciales

Organismo encargado de articular y supervisar la red de prestadores públicos a través de los diversos Servicios de Salud y la CENABAST. Sus estrategias principales buscan optimizar la Atención Primaria de Salud (APS), reducir los tiempos de espera y fortalecer la infraestructura operativa sanitaria nacional.

2.3 Estructura de fiscalización y control

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, el cumplimiento de las normativas y el resguardo de la seguridad de los pacientes, la institucionalidad se complementa con tres entidades clave enfocadas en la fiscalización y el control:

Secretarías Regionales Ministeriales de Salud (SEREMI)

La Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) opera como el órgano de desconcentración territorial del MINSAL. Su función principal es representar a la cartera en cada región del país, encargándose de ejecutar las políticas de salud pública, realizar la vigilancia epidemiológica y fiscalizar el cumplimiento de las normativas sanitarias y ambientales a nivel local.

Instituto de Salud Pública (ISP)

Actúa como el laboratorio nacional y de referente del Estado de Chile. Es la entidad técnica independiente responsable de la normativa, valoración y supervisión de la calidad de los fármacos, aparatos médicos e insumos de salud. Además, gestiona el registro de salud y supervisa la red nacional de laboratorios clínicos.

Superintendencia de Salud

Es la entidad responsable de fiscalizar y auditar técnica y financieramente a las instituciones aseguradoras, tanto públicas (FONASA) como privadas (ISAPRES). Asimismo, ejerce un rol fundamental al fiscalizar el cumplimiento de las Garantías Explícitas en Salud (GES) y administrar el sistema de acreditación de los prestadores institucionales (clínicas y hospitales), asegurando que cumplan con los estándares de calidad exigidos para la atención.

2.4 Sistema de financiamiento y aseguramiento

El esquema de aseguramiento divide a la población en dos grandes subsistemas, los cuales determinan la vía de financiamiento de las prestaciones médicas:

- Fondo Nacional de Salud (Fonasa): Sistema público solidario que agrupa a la gran parte de la población (78,9 % según Casen 2022). Financiado por el 7 % de cotización legal obligatoria y aportes estatales, clasifica a sus beneficiarios en cuatro tramos (A, B, C y D) según ingresos, concentrando su cobertura en sectores de mayor vulnerabilidad socioeconómica.
- Instituciones de Salud Previsional (Isapres): Sistema privado basado en seguros individuales. Sus costos y coberturas están condicionados al perfil de riesgo del usuario, abarcando aproximadamente al 15,3 % de la población nacional.

2.5 Servicios y logística de abastecimiento

La atención médica en el sector público está a cargo del Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS), que funciona a través de 29 Servicios de Salud regionales que manejan hospitales

y organizan la Atención Primaria (APS). Estos son organismos del estado que tienen autonomía funcional, personalidad jurídica y patrimonio. Su tarea es gestionar y desarrollar la red de servicios de salud para llevar a cabo acciones de promoción, protección, recuperación de la salud y rehabilitación de las personas.

2.5.1 Central Nacional de Abastecimiento (CENABAST)

La Central de Abastecimiento del Sistema Nacional de Servicios de Salud, conocida por sus siglas como CENABAST, es una entidad pública vinculada al Ministerio de Salud que cumple un rol fundamental en el abastecimiento de la red pública. Su misión se orienta a proveer medicamentos y otros recursos sanitarios, contribuyendo al acceso oportuno de estos insumos en el territorio nacional (CENABAST, 2026).

Además, CENABAST ejerce una función logística dentro de la red asistencial, actuando como intermediario en la adquisición de medicamentos, insumos y equipamiento médico. Desde la perspectiva de la gestión de operaciones, la consolidación de la demanda permite aprovechar economías de escala, optimizar el uso de los recursos y coordinar el flujo de suministros hacia los establecimientos de salud (González et al., 2019). Por lo tanto, la eficacia de este modelo de abastecimiento se encuentra estrechamente relacionada con la capacidad de cada establecimiento para proyectar y gestionar sus propias necesidades de inventario.

2.5.1.1 Impacto financiero y medicamentos críticos

A nivel operativo, el vínculo con CENABAST se articula a través de la programación anual de la demanda, lo que exige a los establecimientos proyectar sus necesidades mediante métodos de pronóstico y políticas de inventario que mitiguen la variabilidad en los tiempos de reposición. El principal desafío de esta planificación radica en encontrar un equilibrio estratégico: subestimar los requerimientos compromete la atención clínica debido a quiebres de inventario, mientras que sobrestimarlos inmoviliza capital y genera ineficiencias operativas. Este riesgo de pérdida de activos es importante al mirar el gasto público, porque el presupuesto de farmacia intenta repartirse de manera parecida. Sin embargo, se enfoca en medicamentos esenciales o caros para tratar enfermedades complejas.

Tal como se evidencia en la Tabla 2-1, un porcentaje significativo de la inversión anual del sector público de salud recae en un grupo muy reducido de productos específicos.

Tabla 2-1: Lista de los 10 medicamentos con mayor gasto en el sector público de salud (2016)

N°	Producto	Monto total comprado	%
1	Tenofovir + Emtricitabina 300/200 mg comprimido	$ 18.375.684.602	17,9 %
2	Abacavir + Lamivudina 600/300 mg comprimido	$ 13.829.767.012	13,5 %
3	Raltegravir 400 mg comprimido	$ 12.938.549.050	12,6 %
4	Atazanavir 300 mg cápsula	$ 12.921.568.140	12,6 %
5	Trastuzumab 600 mg/5 ml ampolla	$ 9.150.300.000	8,9 %
6	Insulina NPH humana 100 UI/ml ampolla 10 ml	$ 8.028.848.994	7,8 %
7	Paracetamol 500 mg comprimido	$ 7.295.071.790	7,1 %
8	Vacuna antineumocócica conjugada 10 valente ampolla	$ 7.037.100.000	6,9 %
9	Medroxiprogesterona + Estradiol 25/5 mg ampolla 0,5 ml	$ 6.420.679.593	6,3 %
10	Rituximab 10 mg/ml ampolla 50 ml	$ 6.413.753.800	6,3 %
Total medicamentos seleccionados		**$ 102.411.322.981**	**100,0 %**

Fuente: Extraído de Ministerio de Salud de Chile y Central Nacional de Abastecimiento (CENABAST) (2018).

El análisis detallado de esta canasta revela distintas dinámicas clínicas y epidemiológicas que explican su alto impacto financiero:

- Antirretrovirales (VIH): Los cuatro medicamentos que encabezan la lista representan, en conjunto, el 57 % del gasto de este listado. Este impacto responde a su alto costo unitario (cercano a los $300.000 en sus presentaciones habituales) y al aumento sostenido de la tasa de casos confirmados en el país, sumado a las metas sanitarias de cobertura universal garantizadas por las Garantías Explícitas en Salud (GES).

- Tratamientos Oncológicos e Inmunológicos: Fármacos como el Trastuzumab (utilizado para el cáncer de mama) y el Rituximab (enfermedades autoinmunes graves) ocupan el quinto y décimo lugar. Su presencia se explica por su altísimo valor comercial, alcanzando precios que superan los $800.000 y $900.000 por ampolla.

- Control de Patologías Crónicas: La *Insulina NPH humana* refleja el explosivo aumento de la población diabética en Chile, la cual alcanzó un 10 % de prevalencia en 2015. Al ser un insumo de supervivencia diaria para muchos pacientes y estar garantizado por el GES, su demanda es incremental y estrictamente inelástica.

- Insumos de Alto Volumen y Programas Nacionales: A diferencia de los otros, el Paracetamol ingresa a la lista no por su costo, sino por registrar el mayor volumen de compra unitaria debido a su uso clínico transversal. Completan este grupo la vacuna antineumocócica (Plan Nacional de Inmunizaciones) y los anticonceptivos inyectables (Programa de la Mujer).

Esta alta concentración del gasto subraya que los errores de planificación en esta categoría tienen consecuencias amplificadas: un déficit representa un riesgo vital inminente para el

paciente dependiente, mientras que un sobrestock se traduce en una severa pérdida financiera por inmovilización de capital para el sistema de salud público. Por consiguiente, contar con modelos matemáticos que garanticen una gestión de inventarios precisa resulta ser una necesidad estructural primordial.

2.5.1.2 Perspectiva internacional

El modelo de compras públicas centralizadas representa un estándar internacional adoptado para optimizar el gasto fiscal y asegurar la estandarización en la calidad de los insumos. A nivel mundial, destacan esquemas como el NHS Supply Chain en el Reino Unido y la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). La eficiencia operativa de todas estas agencias supralocales depende, de manera crítica, de la precisión de los pronósticos emitidos por los hospitales base. En consecuencia, estas cadenas de suministro quedan altamente vulnerables a ineficiencias sistémicas, como el efecto látigo, toda vez que existan asimetrías de información entre los distintos niveles de atención.

2.5.1.3 El caso de CENARES en Perú

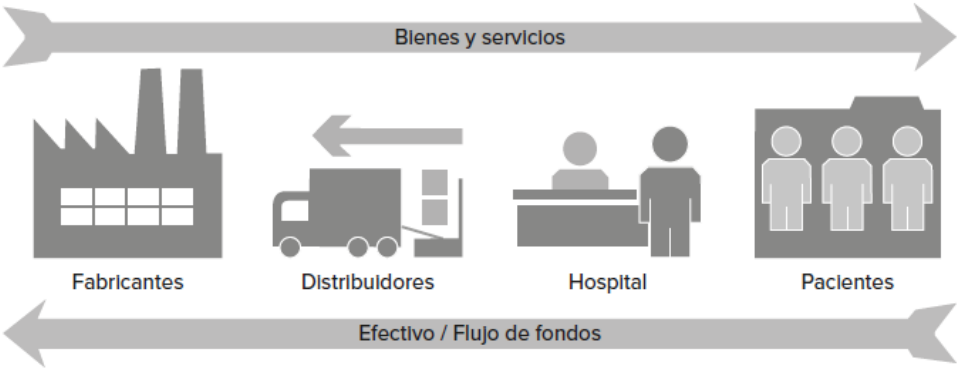
En el ámbito sudamericano, un referente análogo a CENABAST es el Centro Nacional de Abastecimiento de Recursos Estratégicos en Salud (CENARES). Este organismo desconcentrado, dependiente del Ministerio de Salud de Perú, es el encargado de gestionar los suministros logísticos a nivel nacional. Al igual que en el modelo chileno, el éxito de su gestión se basa en la consolidación anticipada de la demanda, enfrentando exactamente los mismos desafíos operativos respecto a la necesidad de contar con proyecciones de inventario clínico robustas y exactas.

2.5.2 Cadena de suministro en servicios médicos

2.5.2.1 Cadena de suministros en hospitales

De acuerdo con Jacobs y Chase (2019), la cadena de suministro en el ámbito hospitalario se articula a través de la integración y flujo de tres recursos: información, fondos monetarios, y bienes y servicios. Físicamente, los productos transitan desde los fabricantes hacia distribuidores externos o proveedores logísticos de terceros, para luego ingresar a la bodega principal del hospital y a la farmacia central, concluyendo su recorrido en las unidades de enfermería y los pacientes. De manera inversa, el flujo financiero y de efectivo opera hacia los niveles superiores de la red, tal como se esquematiza en la Figura 2-3.

Figura 2-3: Cadena de suministro de servicios médicos



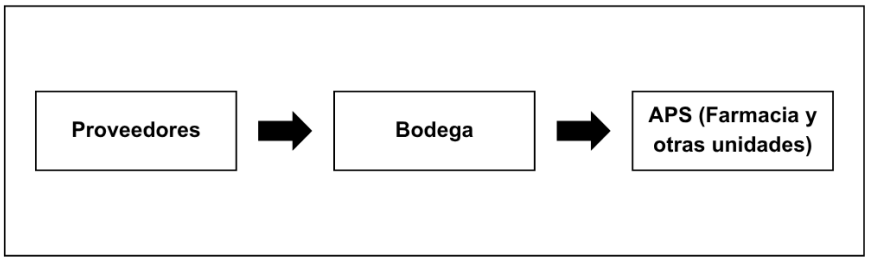
Fuente: Extraído de Jacobs y Chase (2019)

A nivel operativo, la gestión diaria prioriza el abastecimiento médico y farmacéutico, dos áreas independientes que presentan dinámicas diferentes. Por un lado, la adquisición de insumos médicos conlleva una alta complejidad logística debido a la coordinación con múltiples proveedores; por otro, la compra de fármacos es más directa y se concentra en distribuidores. Ante esta diferencia, las estrategias logísticas actuales consolidan ambas operaciones dentro de un departamento, buscando así reducir la cantidad de intermediarios comerciales (Jacobs y Chase, 2019).

2.5.2.2 Modelo de abastecimiento multinivel

La logística para medicamentos en el sector público chileno se caracteriza por coordinar multiniveles de demanda. Tal como describen Rojas Zúñiga et al. (2015), el flujo físico de los insumos transita desde los proveedores hacia una bodega central intermediaria, la cual posteriormente abastece a las farmacias y unidades clínicas (APS) encargadas de la dispensación final, el almacenamiento local y la programación de necesidades. Esta arquitectura secuencial y el rol de la bodega como nodo articulador se esquematizan en la Figura 2-4.

Figura 2-4: Cadena de abastecimiento de las unidades de farmacia de la APS



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con Rojas Zúñiga et al. (2015)

Un rasgo de esta cadena es la alta dependencia hacia la Central Nacional de Abastecimiento. Dado que CENABAST concentra más del 75 % del abastecimiento público de fármacos e insumos, para efectos de modelamiento y gestión de inventarios en los hospitales, esta institución desde una mirada operacional se presenta como un proveedor único (Rojas Zúñiga et al., 2015).

Es precisamente en esta interfaz entre el proveedor central y el consumo clínico local donde se hace indispensable el diseño de sistemas logísticos robustos. Para comprender cómo este desafío logístico se materializa en la práctica, resulta fundamental analizar el entorno operativo y la complejidad del recinto en el cual se enmarca este estudio.

2.6 Evolución Hospitalaria de la Red Quillota

2.6.1 Hospital San Martín de Quillota

Durante muchos años, el Hospital San Martín funcionó como el principal centro de salud de la comuna de Quillota. Sin embargo, su infraestructura, diseñada originalmente para una población de 30.000 habitantes, fue superada a través de los años debido al crecimiento demográfico de la ciudad. Para dimensionar la magnitud de esto, es necesario analizar la realidad demográfica local: según las proyecciones del CENSO 2017, para el año 2024 la comuna de Quillota alcanza los 96.753 habitantes (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2026).

Estos antecedentes dejan en evidencia la enorme brecha entre el diseño original y la carga demográfica real de la comuna. En este se ha generado un entorno operativo estrecho y disfuncional, limitando la capacidad de respuesta asistencial y restringiendo el manejo eficiente de medicamentos e insumos, obligando al recinto a operar al límite de su capacidad de infraestructura inicial.

2.6.2 Hospital Biprovincial Quillota-Petorca

El hospital biprovincial Quillota-Petorca se presenta como el caso de estudio y el contexto principal de esta memoria. El surgimiento de este recinto se enmarca dentro del Plan Nacional de Inversiones, el cual tiene por objetivo fortalecer la red de salud y generar un cambio oportuno y concreto a las múltiples necesidades de la población, a través de la construcción, reposición, mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura sanitaria a nivel país (Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, 2026).

Para brindar una solución definitiva a la limitada capacidad del establecimiento antiguo, en 2017 comenzó su construcción. Este fue concebido en su etapa de proyecto como una obra de alta complejidad de aproximadamente 71.000 metros cuadrados, con el propósito fundamental de entregar una mayor capacidad en su infraestructura para así atender de manera segura y eficiente a todos los habitantes de las 10 comunas de ambas provincias.

Este salto dimensional proyectaba multiplicar la oferta clínica, destacando una expansión significativa en las Unidades de Paciente Crítico (UPC), lo cual dispararía directamente la variedad y el volumen de consumo de medicamentos relevantes y de alto costo.

2.6.3 Diferencia estructural y desafío logístico

El nuevo recinto evidenció la verdadera magnitud de esta transición sanitaria. Tal como se detalla en la Tabla 2-2, la infraestructura demostró un gran crecimiento respecto al antiguo hospital, pasando de 10.550 a más de 74.000 metros cuadrados. Este cambio dimensional aumentó la capacidad en áreas importantes como pabellones y salas de procedimientos. También permitió añadir y ampliar el número de camas en la Unidad de Paciente Crítico (UPC).

Tabla 2-2: Tabla comparativa de infraestructura: Hospital San Martín vs. Hospital Biprovincial.

Característica	**Hospital San Martín**	**Hospital Biprovincial Quillota-Petorca**
Superficie (m^2)	10.550	74.221
Boxes médicos	30	32
Boxes otros profesionales	5	19
Salas de procedimientos	4	24
Camas de hospitalización	212	282
Pabellones	5	10 (9 cirugía mayor y 1 cirugía menor)

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con antecedentes de Gobierno de Chile (2022).

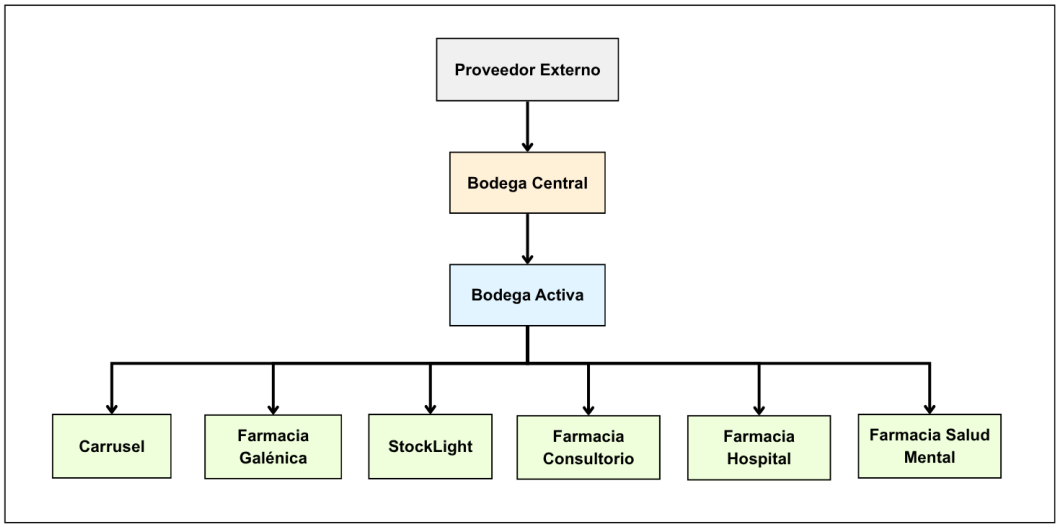
El crecimiento estructural y la presente complejidad médica del hospital entregan un importante desafío logístico. El consumo de insumos esenciales, particularmente antisépticos y desinfectantes, se ha incrementado, y el abastecimiento de medicamentos es ahora una necesidad transversal en todos los servicios. En respuesta a esta creciente demanda, garantizar la oportuna disponibilidad de recursos se convierte en un proceso esencial para el funcionamiento diario de todas las áreas dentro del hospital.

Desde la perspectiva de operaciones, la transición de una infraestructura ajustada a un reciento hospitalario de alta complejidad hace inviable gestionar el abastecimiento con base únicamente en criterios empíricos o registros históricos. La nueva escala logística requiere la adopción de modelos matemáticos predictivos capaces de procesar datos históricos para calcular lotes económicos de compra óptimos y dimensionar inventarios de seguridad dinámicos. Estas herramientas permiten apoyar la planificación del abastecimiento y reducir la exposición a quiebres de inventario.

2.6.3.1 Área de farmacia

El desarrollo y análisis de la presente investigación se llevan a cabo en el Área de Farmacia del hospital Bipronvial Quillota-Petorca. Esta unidad se estructura mediante una red logística interna diseñada para soportar las exigencias operativas de un recinto de alta complejidad. El modelo jerárquico de suministro inicia con la recepción de insumos desde el proveedor externo (comúnmente CENABAST u otro), dividiéndose estratégicamente a nivel interno en dos grandes flujos de almacenamiento y distribución.

Figura 2-5: Distribución de las bodegas en el área de farmacia (Flujo General)



Fuente: Elaboración propia

Tal como se esquematiza en la Figura 2-5, el primer esquema corresponde al Flujo General. En este circuito, la Bodega Central actúa como el nodo primario, transfiriendo posteriormente los recursos a la Bodega Activa. Esta última funciona como el núcleo logístico, encargándose de abastecer tanto a las unidades de preparación y tecnología (Carrusel de Dispensación, Farmacia Galénica, Stocklight) como a las unidades de atención directa (Farmacia Consultorio, Farmacia Hospital y Farmacia Salud Mental).

Esta arquitectura multinivel evidencia la complejidad en la gestión del recinto. Una coordinación logística rigurosa es vital, ya que cualquier ineficiencia en los pronósticos de abastecimiento arriesga la disponibilidad de medicamentos críticos, un escenario que comprometería directamente la continuidad de los tratamientos en las Unidades de Paciente Crítico (UPC).

3 Problema de Investigación

3.1 Descripción del problema

En la administración de inventarios la eficiencia operacional se sustenta en la gestión efectiva de actividades interconectadas que incluyen la adquisición, almacenamiento y distribución de medicamentos y equipos médicos. Estas labores, sumadas al manejo de otros flujos críticos del recinto, pueden representar hasta el 50 % de los costos de atención sanitaria (Fernández-Calderón, 2025).

En esta línea, la administración eficiente de los suministros farmacológicos presenta un desafío permanente para el sistema de salud moderno (Instituto de Salud Pública de Chile, 2013). Como principio básico, los sistemas operacionales deben garantizar en todo momento la disponibilidad de medicamentos esenciales en cantidad suficiente para dar respuesta a las necesidades de los pacientes (Organización Mundial de la Salud, 2024).

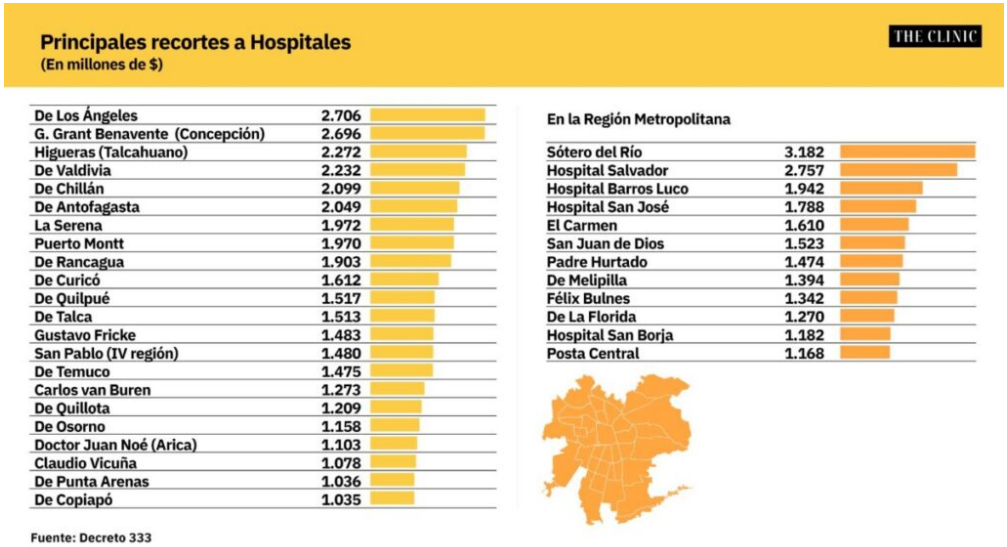
Sin embargo, de esta complejidad en la planificación se suele derivar en dos problemas operativos comunes y opuestos: la acumulación de cantidades excesivas de inventario o el quiebre de este mismo. Esta último genera mayores complicaciones, ya que cuando la gestión falla y los recintos públicos se quedan sin existencias, las consecuencias son críticas. La falta de medicamentos cuando más se necesitan no solo genera ineficiencias y desperdicio de recursos financieros, sino que vulnera directamente la atención y pone en riesgo la salud de los pacientes que dependen de sus tratamientos (Acuña Garcia et al., 2024).

3.2 Antecedentes del problema

Para evitar volúmenes de compra excesivos y optimizar la capacidad de almacenamiento sin arriesgar el suministro clínico, los centros de salud requieren diseñar e implementar estrategias de ayuda a la toma de decisiones (Silva-Aravena et al., 2020). No obstante, en Chile, la administración de suministros médicos aún depende, con frecuencia, de modelos prácticos, compras descentralizadas y tiempos de reposición desalineados. La ausencia de estas herramientas de control genera constantes desequilibrios de stock, una deficiencia operativa evidenciada históricamente en el Hospital Clínico UC Christus (Pazols Gelman, 2020).

De forma similar, a la complejidad hospitalaria a nivel país se suma la reciente medida presentada por el gobierno de Chile, marcada por un reajuste presupuestario implementado por el Ministerio de Hacienda que ha impactado severamente a la red pública de salud nacional. La distribución de los establecimientos afectados por esta medida se detalla en la ilustración 3-1.

Figura 3-1: Tabla de principales recortes a Hospitales en Chile



Fuente: Extraído de Canal Local (2026).

La Figura 3-1 detalla el impacto presupuestario de los ajustes financieros en diversos establecimientos hospitalarios a lo largo del país en el año 2026. La presente investigación se centra en el Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, ubicado en la Región de Valparaíso. Dicho hospital ha sufrido una reducción presupuestaria de $1.209 millones de pesos. Este ajuste económico causará efectos operativos importantes en el corto plazo. Por lo tanto, resulta necesario evaluar y crear un modelo de gestión de inventario que se adapte a los nuevos estándares de operación.

Actualmente, el área de farmacia del hospital de Quillota establece una metodología de adquisición a través de la información histórica, lo que resulta en la toma de decisiones imprecisas, provocando así resultados negativos en diversas áreas:

- Impacto Clínico: La interrupción de tratamientos por quiebres de stock representa la falla más crítica del sistema, exponiendo al paciente a riesgos vitales (Acuña Garcia et al., 2024). Esto hace indispensable contar con un inventario de seguridad estadístico que absorba la variabilidad y garantice la continuidad asistencial (Silva-Aravena et al., 2020).
- Impacto Operativo y Financiero: La falta de planificación fuerza la ejecución de compras de urgencia a mayor precio, perdiendo economías de escala. Como reacción compensatoria, se genera un sobreabastecimiento que inmoviliza capital de trabajo, satura las bodegas y eleva drásticamente las mermas por caducidad (Silva-Aravena et al., 2020).
- Impacto Logístico: La demanda constante tensiona la cadena de suministro y complica los tiempos de reposición (lead times) (Krajewski et al., 2008). Esta imprevisibilidad dificulta la interacción con intermediarios como CENABAST, los cuales requieren una consolidación de requerimientos a largo plazo para operar de manera eficiente.

3.3 Preguntas de investigación

Para abordar esta problemática, la siguiente investigación se estructura en torno a las siguientes preguntas de estudio:

1. ¿Qué modelos de series de tiempo presentan el mejor desempeño para pronosticar la demanda de los medicamentos priorizados del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, de acuerdo con los indicadores de error establecidos?

2. ¿Qué políticas de gestión de inventarios pueden formularse para los medicamentos priorizados considerando la demanda proyectada, su variabilidad, los costos logísticos, el nivel de servicio y el tiempo de reposición definido para el estudio?

3. ¿Cómo puede una plataforma computacional integrar los modelos de pronóstico de demanda y gestión de inventarios para apoyar la planificación del abastecimiento de medicamentos en la Unidad de Farmacia del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca?

La falta de herramientas de control afecta la estabilidad operativa y la calidad del servicio asistencial. La disponibilidad de registros históricos de consumo y reposición permite desarrollar un modelamiento cuantitativo y establecer un marco de trabajo estandarizado, potencialmente aplicable a otros hospitales de la red pública con características similares.

Para mitigar estos riesgos y optimizar la administración de los recursos del Hospital, se ha estructurado una serie de objetivos para el desarrollo de una propuesta técnica, capaz de transformar la gestión actual en un sistema eficiente y sostenible, los cuales se detallan a continuación en la sección de objetivos.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

”Diseñar un modelo integral de pronóstico de demanda y gestión de inventarios para medicamentos en el Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, mediante técnicas cuantitativas de series de tiempo y políticas de inventario, con el propósito de apoyar la planificación del abastecimiento de la Unidad de Farmacia".

4.2 Objetivos específicos

Clasificar y priorizar los medicamentos mediante criterios económicos, clínicos y de variabilidad de la demanda, utilizando las metodologías ABC, VED y XYZ.

Evaluar y comparar diferentes técnicas de pronóstico de demanda para orientar cuál proporciona la mayor precisión predictiva en la categorización de los medicamentos seleccionados en la Unidad de Farmacia.

Formular políticas de inventario para los medicamentos priorizados, considerando la demanda proyectada, su variabilidad, los costos asociados a la gestión de abastecimiento, el nivel de servicio y el tiempo de reposición definido para el estudio.

Desarrollar una herramienta computacional que integre los modelos matemáticos de pronóstico y gestión de inventarios, orientada a facilitar y respaldar la toma de decisiones operativas de los profesionales del área de farmacia.

5 Alcance

El alcance de la presente investigación se plantea de acuerdo con el diseño, modelamiento y evaluación técnico-económica de un sistema de pronóstico de demanda y gestión de inventarios, aplicado específicamente a la cadena de abastecimiento farmacológico del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca.

Para asegurar la viabilidad, enfoque y rigor analítico del proyecto, se establecen las siguientes delimitaciones y exclusiones:

5.1 Límites de la Investigación

- Límite Espacial e Institucional: El estudio se desarrolló en la Unidad de Farmacia y Abastecimiento del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, analizando sus interacciones logísticas internas y sus flujos de requerimientos hacia proveedores externos. No se incluyeron otros centros de salud pertenecientes a la red del Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota (SSVQ) ni establecimientos de Atención Primaria de Salud (APS).
- Límite Temporal de Datos: Para el entrenamiento y validación de los modelos de series de tiempo se utilizaron registros históricos correspondientes a los periodos operativos recientes del hospital. Se excluyeron los años 2020–2022, asociados a la pandemia por COVID-19, debido a las alteraciones extraordinarias observadas en los patrones de consumo y en las condiciones de abastecimiento.
- Límite Técnico y Metodológico: El entregable final de la investigación abarca el diseño

matemático de las políticas de inventario (tamaño de lote óptimo, inventario de seguridad y punto de reorden) y su respectiva validación mediante contraste con consumos posteriores y evaluación de las políticas propuestas.

5.2 Exclusiones

Para evitar desviaciones en los objetivos del estudio, se declara explícitamente que los siguientes puntos quedan fuera del alcance de la presente memoria:

- Insumos No Farmacológicos: Se excluye el análisis y gestión de inventarios de insumos clínicos generales (jeringas, gasas, equipos de protección), dispositivos médicos, repuestos de mantenimiento, alimentación e insumos administrativos.
- Criterios Clínicos: El proyecto aborda la problemática desde la perspectiva de la gestión de operaciones y cadena de suministro. Bajo ninguna circunstancia se evaluarán, cuestionarán o modificarán los protocolos médicos, las pautas de prescripción clínica ni las decisiones terapéuticas de los profesionales de la salud del recinto.
- Rediseño Físico de Instalaciones: No se contempla el diseño de planos, redistribución de *layout* o estudios de ingeniería civil para la modificación de las bodegas físicas del hospital.

6 Marco Teórico

Este capítulo establece los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el desarrollo de la investigación, proporcionando el marco conceptual necesario para estructurar la solución matemática y logística del problema planteado. En primer lugar, se abordan los principios del diseño de un sistema de pronósticos y la identificación teórica de los distintos patrones de demanda. A continuación, se detallan las herramientas cuantitativas basadas en el análisis de series de tiempo, junto con las métricas de error estadístico que permiten evaluar y validar la precisión predictiva de los modelos. Por último, se presentan los principios de la gestión de inventarios, la cantidad ideal de pedido y la clasificación ABC, cuya teoría ayuda a tomar decisiones para mejorar las políticas de abastecimiento en los hospitales.

6.1 Diseño del sistema de pronóstico

Desde una perspectiva teórica, el diseño de un sistema de pronóstico de demanda corresponde al conjunto de decisiones, métodos y procedimientos mediante los cuales una organización transforma datos históricos en estimaciones cuantitativas del consumo futuro. En organizaciones de salud, especialmente en la gestión de medicamentos, estos sistemas se conciben para una planificación de inventarios, ya que permiten determinar niveles de inventario de seguridad, puntos de reorden, nivel de servicio y determinar restricciones presupuestarias. En este sentido, un pronóstico se entiende como una etapa previa para la formulación de políticas de inventario que garanticen disponibilidad y un uso eficiente de los recursos económicos del hospital.

Los métodos de pronóstico se pueden realizar con modelos simples y también con versiones más sofisticadas y complejas. No obstante, diversos autores señalan que considerar una mayor complejidad matemática no garantiza mejores resultados. De hecho, existe evidencia empírica que sugiere que, en general, la complejidad de los modelos no incrementa necesariamente la precisión predictiva (Hogarth y Makridakis, 1981).

En línea con la literatura clásica de administración de operaciones, el diseño de un sistema de pronóstico se estructura a partir de tres decisiones básicas. En palabras de Krajewski et al. (2008): “Antes de usar técnicas de pronóstico para el análisis de problemas de administración de operaciones, el gerente tiene que tomar tres decisiones: (1) qué va a pronosticar; (2) qué tipo de técnica de pronóstico va a usar, y (3) qué tipo de software de computación utilizará”.

6.1.1 La decisión de qué se va a pronosticar

En este estudio, la decisión de qué se va a pronosticar se centra en la demanda de medicamentos del área de farmacia ubicada dentro del Hospital Biprovincial Quillota–Petorca. Específicamente, se pronostica el **consumo mensual histórico** medido como el número de unidades dispensadas por cada código de fármaco desde la bodega activa hacia las distintas unidades clínicas presentadas en la ilustración 2-5.

Para acotar el alcance de la investigación de acuerdo con el sistema se consideran, entre otros, los siguientes criterios:

- Criticidad del medicamento: Fármacos definidos como críticos según la normativa interna (por ejemplo, medicamentos de uso vital, alto impacto clínico o asociados a patologías GES).

- Nivel de rotación: Estos fármacos son aquellos con mayor frecuencia de consumo y/o mayor impacto económico en el presupuesto farmacéutico.
- Horizonte temporal: Se trabaja con series de tiempo mensuales, lo que permite capturar patrones de estacionalidad asociados, por ejemplo, a periodos festivos, campañas de vacunación u otras contingencias sanitarias.

Adicionalmente, se definen reglas para el tratamiento de datos atípicos y para la exclusión de medicamentos con series históricas demasiado cortas, en cuyo caso se opta por métodos más simples o por la agregación a un nivel superior.

6.1.2 Selección del tipo de técnica de pronóstico

Los métodos de series de tiempo emplean el manejo de datos históricos para proyectar la demanda futura mediante fórmulas matemáticas. Dentro de los más empleados se incluyen el método simplista, los promedios móviles, el suavizamiento exponencial, los modelos de tendencia y estacionalidad, así como modelos de series de tiempo más estructurados, como la descomposición clásica.

6.1.3 Selección de software de computación a utilizar

La implementación práctica del sistema de pronóstico y su integración con la gestión de inventarios del hospital requiere el uso combinado de varios softwares de programación. Las herramientas computacionales utilizadas en esta memoria son las siguientes:

- Python: Lenguaje de programación principal utilizado para el desarrollo integral del sistema. Este software facilita la programación de los algoritmos matemáticos para la ejecución de

los modelos de pronóstico de demanda y el cálculo del lote económico de compras.

- MySQL: Software orientado a la gestión de base de datos. Esta se utiliza para la extracción y depuración de los datos históricos de consumo de medicamentos desde las bases de datos transaccionales del área de farmacia. A través de consultas se construyen tablas consolidadas con fechas, códigos de fármaco, unidades dispensadas, etc.
- Microsoft Excel: Esta aplicación representa el análisis exploratorio de datos, construcción de tablas dinámicas, gráficos y cálculo de pronósticos simples. Además, facilita la validación manual de resultados a través de un resumen histórico de datos, en un archivo único con las indicaciones que estime el usuario.

El uso combinado de estas herramientas permite cubrir todo el ciclo de vida de la información: desde la creación de los modelos a través de programación virtual (Python), a la captura y limpieza de datos (MySQL) y el análisis y modelación (Excel). De esta forma, el sistema de pronóstico no solo produce resultados de demanda futura, sino que se integra efectivamente en la gestión diaria de medicamentos que son exigidos en el área de farmacia del hospital.

6.2 Tipos de pronóstico

En la literatura logística, los métodos para realizar pronósticos se encuentran estandarizados y, por lo general, se agrupan en cuatro categorías principales: cualitativos, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación. Cada uno de estos grupos difiere en términos de su precisión para proyecciones a corto y largo plazo, el nivel de precisión cuantitativa y la base lógica de la cual se deriva la estimación, ya sea mediante información histórica empírica, encuestas o el juicio de expertos.

6.2.1 Método cualitativo

Los métodos cualitativos se fundamentan a través del juicio humano, la intuición, las encuestas o técnicas comparativas para generar pronósticos. La información que procesan es intangible y no cuantitativa, lo que ocasiona una precisión difícil de estandarizar y de validar. Pese a sus limitaciones, son herramientas esenciales para predecir escenarios sin precedentes, como la introducción de nuevos productos o cambios macroeconómicos. Asimismo, son modelos orientados a la planeación de mediano a largo plazo.

6.2.2 Método de series de tiempo

El pronóstico basado en el análisis de series de tiempo resulta altamente efectivo cuando el establecimiento dispone de datos históricos con patrones de tendencia o estacionalidad bien definidos, operando bajo la premisa de que el comportamiento futuro de la demanda tenderá a replicar las dinámicas del pasado. Dada su naturaleza cuantitativa, este enfoque emplea modelos matemáticos y estadísticos capaces de rastrear cambios y actualizarse periódicamente al incorporar nueva información, lo que garantiza un nivel de precisión considerablemente alto para horizontes de planificación a corto plazo, por lo general inferiores a seis meses (Ballou, 2004).

6.2.3 Método de relaciones causales

Los métodos causales asumen que la variable a pronosticar (variable dependiente) se explica a través del comportamiento de otras variables subyacentes (variables independientes). Al lograr establecer una relación sólida de causa y efecto, estos modelos resultan altamente efectivos para anticipar fluctuaciones significativas de la demanda a mediano y largo plazo. No obstante, su principal desafío operativo radica en la correcta identificación de las verdaderas variables causa-

les, sumado a las posibles restricciones de tiempo y costo asociadas a la recolección de los datos empíricos necesarios para su parametrización.

6.2.4 Método de simulación

Los métodos de simulación consisten en modelos dinámicos, creados a través de herramientas computacionales, otorgando al analista la capacidad de formular y evaluar escenarios hipotéticos. Estos modelos permiten manipular las variables internas del sistema logístico y los factores del entorno externo para observar así su impacto en las proyecciones resultantes.

6.3 Patrones de demanda

En el análisis de los patrones repetidos de la demanda de un medicamento o insumo, en el orden en que se realizan, forman un modelo que se conoce como serie de tiempo. Estos patrones aparecen en muchas series de tiempo basadas en la demanda, y son cinco en total:

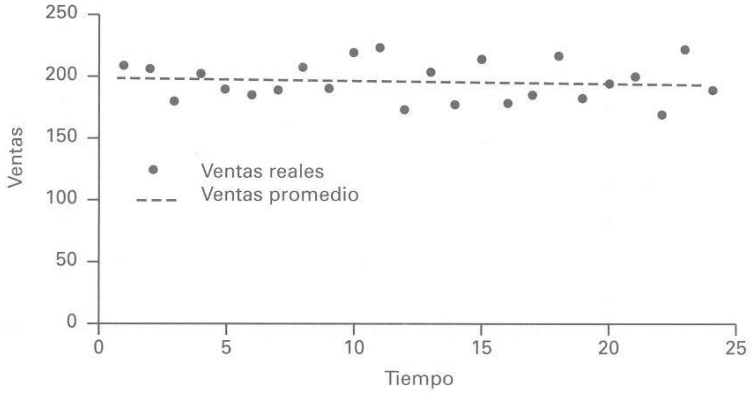
- Horizontal: Identificación de niveles generales de consumo a largo plazo sin tendencia clara, o a través de una media constante.
- Tendencia: Identificación de patrones generales de consumo a largo plazo, útil para prever aumentos o disminuciones sistemáticas de la media de la serie a través del tiempo.
- Estacionalidad: Análisis de variaciones periódicas relacionadas con factores estacionales, como el mayor consumo de determinados medicamentos en invierno. Estos patrones suelen ser repetibles en incrementos o decrementos de la demanda.
- Ciclos: Reconocimiento de oscilaciones recurrentes asociadas a fenómenos económicos o sociales que pueden influir en la demanda.

- Aleatorio: La variación imprevisible y errática de la demanda.

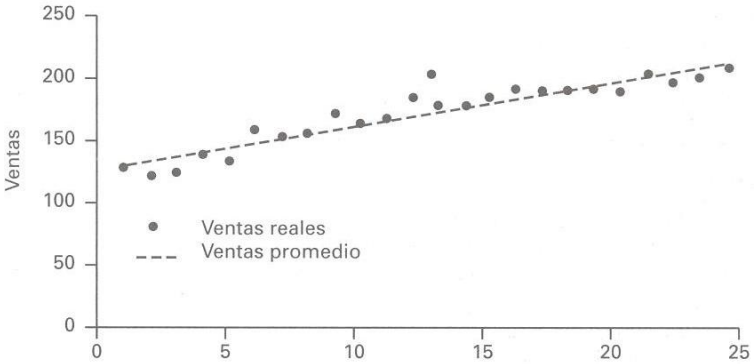
A continuación, se presentan Figuras con los patrones de demanda presentados:

Figura 6-1: Patrones típicos de demanda regular

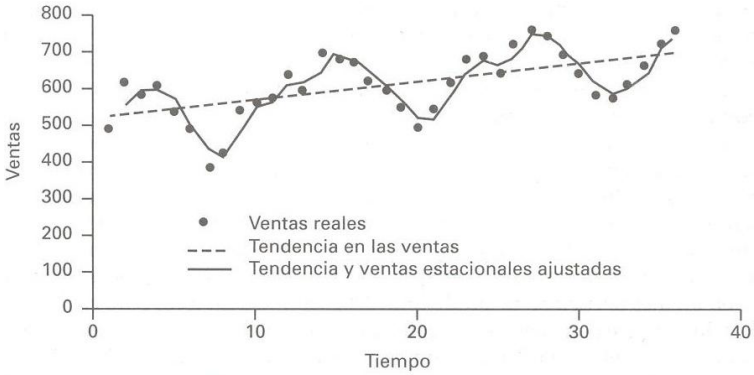
(a) Patrón de demanda sin tendencia ni estacionalidad



(b) Patrón de demanda con tendencia creciente sin estacionalidad



(c) Patrón de demanda con tendencia creciente y estacionalidad



Fuente: Extraído de Ballou (2004).

Los patrones cíclicos de la demanda derivan de dos influencias principales: el ciclo económico y las etapas del ciclo de vida del producto. La primera guarda relación con la actualidad económica en la cual se encuentra el país. Por otra parte, el ciclo de vida del producto es representado por las etapas de introducción, desarrollo, madurez y declinación.

6.4 Modelos de series de tiempo

A diferencia de la utilización de variables independientes en los modelos de regresión lineal, los métodos de series de tiempo utilizan los datos históricos temporales como variable dependiente. Estos métodos permiten encontrar patrones de comportamiento que seguirán proyectándose hacia el futuro. A diferencia de los modelos causales, que intentan explicar la demanda a través de variables exógenas (como factores climáticos o epidemiológicos), el enfoque de series de tiempo trata a la demanda empírica como una función del tiempo mismo.

Estos modelos serán aplicados a patrones de tipo horizontal, tendencial y estacional. La notación que habitualmente se utiliza para representar los parámetros que acompañan a las series de tiempo es la siguiente:

- F_t : pronóstico para el periodo actual t
- F_{t+1} : pronóstico para el periodo $t + 1$
- D_t : demanda real del periodo actual t
- n : número total de observaciones a promediar.

A continuación se presentan las bases matemáticas de las técnicas de pronóstico a utilizar.

6.4.1 Pronóstico empírico

Es el método más simple y utilizado, en el cual el pronóstico de la demanda para el siguiente periodo será igual a la observada en el periodo actual. Este método de pronóstico será la base matemática para conformar todos los modelos de la presenta investigación.

En términos algebraicos, el pronóstico empírico se representa como:

$$F_{t+1} = D_t \tag{1}$$

Este método destaca por su simplicidad y bajo costo. Según Krajewski et al. (2008, pág. 531), resulta óptimo ante patrones estables con baja variación aleatoria, aunque genera proyecciones inestables si dicha variación es alta. Pese a ello, si logra una gran precisión, su uso se justifica por el balance entre operatividad y recursos, evitando complejidades matemáticas innecesarias.

6.4.2 Promedio móvil simple

El promedio móvil simple implica calcular la demanda promedio para los "n" periodos más recientes, con el fin de usarla como pronóstico para el siguiente periodo. Al conocer la demanda del periodo siguiente, la demanda más antigua incluida en el cálculo se descarta, se incorpora la más reciente, y se vuelve a calcular el promedio.

La fórmula se define como:

$$F_{t+1} = \frac{\text{Suma de las últimas } n \text{ demandas}}{n} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \cdots + D_{t-n+1}}{n} \tag{2}$$

La sensibilidad del modelo depende directamente de la selección del parámetro n. Un promedio de corto alcance reacciona con mayor rapidez ante cambios recientes, mientras que al ampliar la ventana, el pronóstico se vuelve más estable y suavizado (Krajewski et al., 2008).

6.4.3 Suavización exponencial simple

El modelo de suavizamiento exponencial actualiza el pronóstico incorporando nuevos datos y descartando los más antiguos, bajo el supuesto de que su relevancia disminuye exponencialmente con el tiempo. Requiere el pronóstico del periodo actual (F_t), la demanda observada (D_t) y una constante de suavizamiento (α), que toma valores entre 0 y 1.

La fórmula del método de suavizamiento exponencial es:

$$F_{t+1} = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot F_t \tag{3}$$

$$F_{t+1} = F_t + \alpha \cdot (D_t - F_t) \tag{4}$$

Donde:

- α : constante de ajuste exponencial, $0 < \alpha < 1$

6.4.4 Suavización exponencial doble (Brown)

Considerando la nomenclatura establecida en el modelo simple, el método de suavización exponencial doble de Brown se fundamenta en la extrapolación de una tendencia lineal a través de dos pronósticos suavizados que se centran en diferentes puntos del tiempo. De acuerdo con la formulación descrita por Hansun (2016), este método calcula un primer pronóstico con suaviza-

miento simple (F') y, sobre el resultado de este, aplica una segunda capa de suavizamiento (F'') utilizando la misma constante de ajuste exponencial (α).

Matemáticamente, estableciendo el valor real de origen x_0 como condición inicial donde $F'_0 = x_0$ y $F''_0 = x_0$, las ecuaciones recursivas para calcular los pronósticos suavizados en un periodo t se definen de la siguiente manera:

$$F'_0 = D_0 \tag{5}$$

$$F''_0 = D_0 \tag{6}$$

A partir de estas dos series suavizadas, el modelo permite calcular una constante, una pendiente y, finalmente, el pronóstico para los siguientes periodos, ajustándose a los datos históricos que presentan tendencias marcadas que el modelo simple no logra capturar.

6.4.5 Descomposición clásica de series de tiempo

Dentro del análisis clásico de series temporales, el método por descomposición asume que los datos están conformados por cuatro patrones básicos subyacentes: tendencia, fluctuaciones cíclicas, variaciones estacionales y variaciones irregulares (Morales Ibarra, 2019).

El modelo multiplicativo plantea que el valor observado de la serie temporal (demanda, D_t) en un momento t se define mediante el producto de sus componentes:

Modelo multiplicativo:

$$D_t = T_t \times C_t \times S_t \times R_t \tag{7}$$

Donde cada variable representa:

- Tendencia (T_t): Comportamiento predominante a largo plazo (en unidades).
- Ciclo (C_t): Oscilaciones generadas por periodos multianuales.
- Estacionalidad (S_t): Movimientos periódicos anuales.
- Irregularidad (R_t): Movimientos erráticos aleatorios (índice residual).

Este modelo se reduce a los componentes de tendencia y estacionalidad ($F \approx T \times S$). Según Ballou (2004), esto ocurre por dos motivos: en primer lugar, un modelo bien especificado posee un valor de índice residual (R_t) cercano a 1.0, por lo que no afecta matemáticamente al pronóstico multiplicativo. En segundo lugar, resulta complejo aislar la variación cíclica de la aleatoria; asumir un índice cíclico (C_t) igual a 1.0 se compensa operativamente debido a que el modelo se actualiza de forma regular con nueva información, mitigando los efectos cíclicos a largo plazo.

A continuación, se presenta el cálculo de los dos componentes para estructurar el modelo:

- Tendencia (T_t): Representa el movimiento a largo plazo de la demanda. Su cálculo se realiza con el método de mínimos cuadrados, una técnica matemática que minimiza la suma de las diferencias cuadráticas entre la información real y la línea de tendencia propuesta. Su expresión lineal toma la forma:

$$T_t = a + b \cdot t \tag{8}$$

Donde t es el tiempo, y los coeficientes a (intersección) y b (pendiente) se determinan mediante las siguientes expresiones para N periodos de observación:

$$b = \frac{\sum D_t(t) - N(\bar{D})(\bar{t})}{\sum t^2 - N\bar{t}^2} \tag{9}$$

$$a = \bar{D} - b\bar{t} \tag{10}$$

- Índice de estacionalidad (S_t): El componente de estacionalidad representa las cimas y valles regulares en la serie de tiempo que, por lo general, se repiten cíclicamente. Este índice es una razón entre la demanda real observada en un tiempo dado (D_t) y la demanda promedio, la cual se representa por el valor de la línea de tendencia (T_t) analizada anteriormente. Se define mediante la ecuación:

$$S_t = \frac{D_t}{T_t} \tag{11}$$

Por último, integrando los componentes calculados, el pronóstico de demanda (F_t) para un periodo t en el futuro se realiza multiplicando el valor de tendencia proyectado por el índice estacional correspondiente al mismo periodo del ciclo estacional anterior (m):

$$F_t = T_t \cdot S_{t-m} \tag{12}$$

6.4.6 Método de Holt

En el año 1957, el científico Charles Holt propuso el método de tendencia lineal de Holt. Este método representa un suavizamiento exponencial doble encargado de dar seguimiento a series de tiempo con tendencia lineal. El modelo se comprende a través de una ecuación de predicción y dos ecuaciones de suavizado que utilizan los parámetros α y β^* (Minitab, 2026). Estas ecuaciones son las siguientes:

Ecuación de pronóstico:

$$F_{t+h} = L_t + h \cdot T_t \tag{13}$$

Ecuación de nivel:

$$L_t = \alpha \cdot D_t + (1 - \alpha) \cdot (L_{t-1} + T_{t-1}) \tag{14}$$

Ecuación de tendencia:

$$T_t = \beta^* \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta^*) \cdot T_{t-1} \tag{15}$$

Donde:

- F_{t+h} representa el pronóstico proyectado para h periodos hacia adelante.
- L_t denota la estimación del nivel (intersección) de la serie en el tiempo t.
- T_t denota la estimación de la tendencia (pendiente) en el tiempo t.
- α es el parámetro de suavizado para el nivel ($0 \leq \alpha \leq 1$).
- β^* es el parámetro de suavizado para la tendencia ($0 \leq \beta^* \leq 1$).

6.4.7 Método de Holt-Winters

Holt (1957) y Winters (1960) ampliaron el método de Holt para captar la estacionalidad. El método estacional de Holt-Winters amplía la base teórica anterior para modelar y pronosticar series de tiempo que presentan simultáneamente una tendencia y un patrón estacional, una característica frecuente al analizar los cambios periódicos en el consumo de medicamentos dentro de la planificación hospitalaria (Minitab, 2026).

El modelo comprende una ecuación de predicción y tres ecuaciones de suavizado que actualizan iterativamente el nivel (L_t), la tendencia (T_t) y el componente estacional (S_t). Para esto, incorpora tres parámetros de suavizado correspondientes: α, β^* y γ. Asimismo, se utiliza m para denotar la longitud del periodo estacional, es decir, el número de estaciones en un año (por ejemplo, para datos trimestrales $m = 4$ y para datos mensuales $m = 12$).

Dependiendo de la naturaleza de la variación estacional, este método se divide en dos variantes estructurales:

6.4.7.1 Método aditivo

Es preferible que las variaciones estacionales de la demanda se mantienen constantes a lo largo de la serie. Este método es preferible cuando las variaciones estacionales de la demanda se mantienen constantes, y en la ecuación de nivel la serie se desestacionaliza restando este componente. Dentro de cada año, la suma de los componentes estacionales será igual a cero. El sistema se rige por: Ecuación de pronóstico:

$$F_{t+h} = L_t + h \cdot T_t + S_{t+h-m(k+1)} \tag{16}$$

Ecuaciones de suavizado:

$$L_t = \alpha \cdot (D_t - S_{t-m}) + (1 - \alpha) \cdot (L_{t-1} + T_{t-1}) \tag{17}$$

$$T_t = \beta^* \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta^*) \cdot T_{t-1} \tag{18}$$

$$S_t = \gamma \cdot (D_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma) \cdot S_{t-m} \tag{19}$$

6.4.7.2 Método Multiplicativo

Este enfoque resulta importante cuando las variaciones estacionales cambian de manera proporcional al nivel de la serie temporal; es decir, cuando los máximos del consumo clínico se amplifican a medida que aumenta la demanda general del fármaco. El componente estacional se representa en términos relativos (como índices o porcentajes). Por consiguiente, el proceso de desestacionalización de la serie se realiza dividiendo los valores observados por dicho factor. En este modelo, la sumatoria de los componentes estacionales durante un ciclo anual completo equivale aproximadamente a la longitud del periodo estacional (m). El sistema matemático se rige por las siguientes ecuaciones:

Ecuación de pronóstico:

$$F_{t+h} = (L_t + h \cdot T_t) \cdot S_{t+h-m(k+1)} \tag{20}$$

Ecuaciones de suavizado:

$$L_t = \alpha \cdot \left(\frac{D_t}{S_{t-m}}\right) + (1-\alpha) \cdot (L_{t-1} + T_{t-1}) \tag{21}$$

$$T_t = \beta^* \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta^*) \cdot T_{t-1} \tag{22}$$

$$S_t = \gamma \cdot \left(\frac{D_t}{L_{t-1}}\right) + (1-\gamma) \cdot S_{t-m} \tag{23}$$

En ambas variantes, el término k corresponde a la parte entera de $(h-1)/m$, lo cual garantiza que las estimaciones de los índices estacionales utilizados para proyectar el pronóstico provengan del último ciclo válido de la muestra.

6.4.8 Errores de pronóstico

La literatura ofrece diversos modelos de pronóstico que varían según su complejidad y aplicación específica. Dado que su finalidad es el pronóstico confiable, es fundamental utilizar indicadores estadísticos para medir la calidad de cada pronóstico. Estas herramientas de evaluación conocidas como errores de pronóstico permiten comparar objetivamente los distintos métodos y elegir aquel que represente con mayor exactitud la demanda real de los fármacos.

Para los fines de esta investigación, todas las herramientas estadísticas asociadas al cálculo del error actuarán como los principales indicadores de excelencia para evaluar el desempeño de los modelos predictivos. La base fundamental de estas métricas es el término de error (E_t), el cual se define formalmente como la diferencia matemática que resulta al restar el pronóstico de un periodo a la demanda real observada en ese mismo lapso (Krajewski et al., 2008, pág. 533).

En términos algebraicos, esta relación se expresa de la siguiente manera:

$$E_t = D_t - F_t \tag{24}$$

Las métricas estadísticas permiten evaluar cuantitativamente la precisión de los pronósticos. A partir de los errores de predicción individuales (E_t), se calculan indicadores agregados que miden el desempeño global del modelo. En investigación operativa, destacan tres métricas principales:

La Desviación Estándar (σ) corresponde a la medida de dispersión más utilizada en el análisis estadístico. En este contexto, indica qué tan alejados o dispersos se encuentran los errores del pronóstico respecto a su valor medio ($\bar{E}$):

$$S = \sigma = \sqrt{\frac{\sum(E_t - \bar{E})^2}{n-1}} \tag{25}$$

La Desviación Absoluta Media (MAD) evalúa la magnitud del error del modelo. Este indicador corresponde al promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los valores reales, evitando que las desviaciones positivas y negativas se compensen entre sí:

$$MAD = \frac{\sum |E_t|}{n} \tag{26}$$

La Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) mide la magnitud de los errores de predicción y penaliza con mayor intensidad las desviaciones de mayor tamaño:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(E_t)^2}{n}} \tag{27}$$

6.5 Administración de inventarios

La administración de inventarios presenta una gran cantidad de definiciones operativas y logísticas. Para los fines de esta memoria, se adoptará la conceptualización propuesta por Jacobs y Chase (2019), quienes establecen que el inventario corresponde a "las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización". De acuerdo con este marco, un sistema de inventario se entiende como "el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos".

En este sentido, el propósito básico de cualquier sistema de inventarios es responder a dos interrogantes teóricas fundamentales: cuándo es necesario reabastecer los artículos y cuál debe ser el tamaño de dichos pedidos. Por consiguiente, su administración se define como una pieza de control estratégico que permite a la organización anticiparse a la demanda, asegurando altos niveles de servicio para evitar quiebres de stock sin inmovilizar capital de forma excesiva.

Independientemente del modelo matemático o logístico utilizado, toda operación mantiene un suministro de inventario por propósitos estratégicos. De acuerdo con Jacobs y Chase (2019), destacan los siguientes motivos principales:

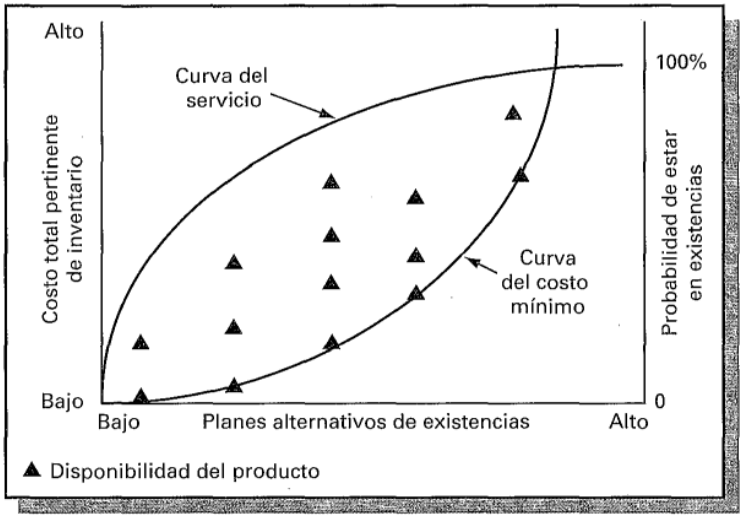
- Variación en la demanda: Dado que es difícil predecir la demanda de insumos, es importante tener inventarios para manejar situaciones inesperadas y evitar quedarse sin stock.
- Protegerse contra la variación en los tiempos de entrega: Al solicitar materiales a proveedores pueden ocurrir demoras imprevistas en la cadena de transporte, por lo que el inventario permite mitigar este riesgo.
- Mantener la independencia entre operaciones: Tener suministros disponibles otorga flexibilidad operativa y evita que el retraso logístico detenga por completo la atención del sistema.
- Aprovechar economías de escala: Al realizar pedidos de mayor tamaño esto permite disminuir la frecuencia de compra y aprovechar reducciones en los costos de emisión o transporte.

La optimización de suministros genera un alto impacto económico y operativo en el sector salud (Jacobs y Chase, 2019). En este contexto, esta memoria define la gestión de inventarios como el conjunto de políticas orientadas a garantizar la disponibilidad de insumos al menor costo, operando estratégicamente frente a la variabilidad de la demanda clínica y los tiempos de reposición.

6.5.1 Objetivo del inventario

La gestión de inventarios farmacéuticos involucra equilibrar la disponibilidad de los medicamentos con los costos logísticos asociados. Como expone la ilustración 6-2, el objetivo es minimizar los costos de inventario requeridos para garantizar un determinado nivel de servicio.

Figura 6-2: Diseño de curvas para la planeación de inventarios.



Fuente: Extraído de Ballou (2004)

La metodología que se utilizará para mantener un correcto control de inventarios se basa en definir la disponibilidad del producto y con una identificación de los costos por el manejo de los niveles de inventarios.

6.5.1.1 Nivel de servicio

Para efectos de esta investigación, el nivel de servicio se define como la probabilidad de satisfacer la demanda durante el tiempo de reposición sin incurrir en un quiebre de inventario. Este criterio corresponde al nivel de servicio de ciclo y se utiliza para determinar el factor de seguridad incorporado en el punto de reorden.

Bajo el supuesto de normalidad de la demanda durante el tiempo de reposición, el nivel de servicio se representa mediante un factor z obtenido a partir de la distribución normal estándar. En esta investigación se establece un nivel de servicio objetivo capaz de cubrir las variaciones de la demanda constante del área de farmacia; esto será explicado en mayor detalle más tarde.

Este parámetro se utiliza posteriormente para dimensionar el inventario de seguridad y establecer el punto de reorden bajo condiciones de demanda incierta.

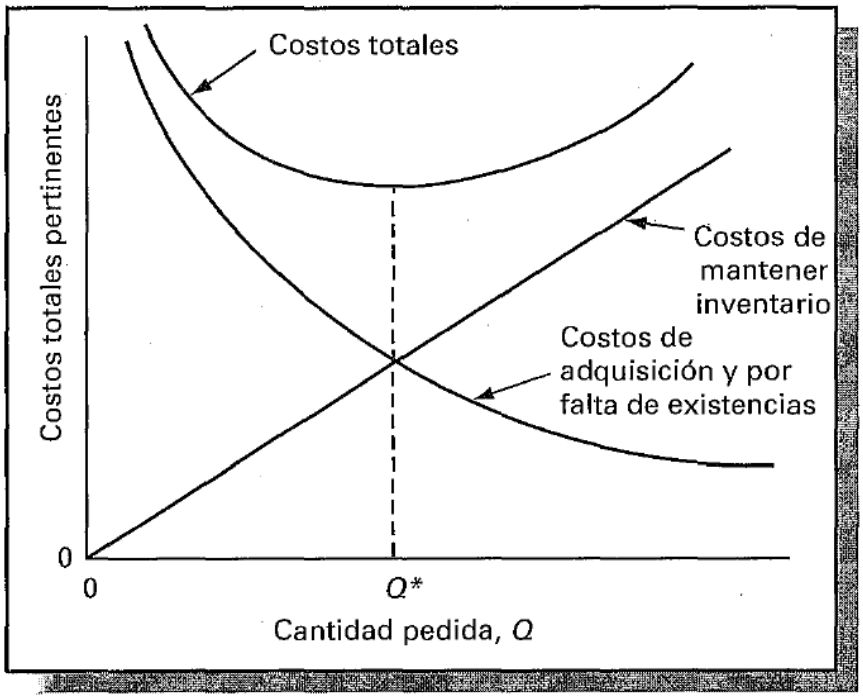
6.5.2 Costos del inventario

La administración de inventarios conlleva equilibrar múltiples factores económicos que impactan directamente en la eficiencia operativa. Al determinar el tamaño óptimo de las existencias, se debe buscar el costo total mínimo resultante de los efectos combinados de las siguientes categorías (Jacobs y Chase, 2019):

- Costo de adquisición: Este costo se refiere al valor monetario directo de la compra de insumos. Aunque en modelos básicos es un costo fijo que no altera el tamaño óptimo del pedido, es esencial para dimensionar el presupuesto anual.
- Costo por mantener: Gastos asociados a conservar el inventario, incluyendo el costo de oportunidad del capital inmovilizado, seguros, mermas por caducidad y operación de la bodega. Este costo aumenta proporcionalmente a medida que el tamaño del pedido es mayor.
- Costo de ordenar (o preparación): Carga administrativa y operativa requerida para emitir órdenes de compra. A diferencia del anterior, este costo disminuye a mayor tamaño del pedido, ya que los gastos fijos se diluyen al realizar menos compras en el año.

El comportamiento de estos costos y su impacto logístico en la cadena de suministros se representa gráficamente en la Figura 6-3:

Figura 6-3: Costos anuales del producto, con base en el tamaño del pedido



Fuente: Extraído de Ballou (2004)

Como se observa en la gráfica, los costos totales son la suma aritmética de dos variables opuestas. A medida que aumenta el volumen del lote, el costo anual de ordenar disminuye al aumentar Q, el costo de mantener aumenta y el costo de adquisición permanece constante cuando C es fijo, debido a que se requieren emitir menos órdenes al año. Por otra parte, el costo de mantener el inventario aumenta de forma lineal al mantener un mayor volumen de existencias inmovilizadas. Finalmente, el punto en donde ambas curvas de costos se cruzan lo conoceremos como el lote económico óptimo de pedido. Estas definiciones serán explicadas en mayor detalle más tarde.

6.5.3 Tipos de demanda

La gestión de inventarios exige una comprensión de la naturaleza de la demanda. Por ello, es fundamental categorizarla para anticipar el comportamiento de los requerimientos logísticos y estructurar políticas de reabastecimiento eficientes. Atendiendo a sus características operativas, la demanda se puede clasificar en las siguientes dimensiones:

- Demanda espacial versus demanda temporal: Los niveles de requerimiento de un insumo varían tanto a lo largo del tiempo como en su ubicación. Para una correcta planificación, el responsable logístico debe proyectar con precisión dónde tendrá lugar la necesidad, en qué momento ocurrirá y cuál será el volumen requerido.

- Demanda regular versus demanda irregular: Una demanda se considera irregular cuando el consumo de los artículos es intermitente, presenta un bajo volumen y alta incertidumbre respecto a la cantidad y el momento en que se solicitará. Al generar series de tiempo desproporcionadas, estos patrones son difíciles de pronosticar en comparación con la estabilidad continua de una demanda regular.

- Demanda dependiente versus demanda independiente: La diferencia entre ambas se presenta en el origen o el agente que genera la solicitud. La demanda es independiente cuando es impulsada por actores externos y no puede derivarse del comportamiento de otros productos. Por el contrario, la demanda dependiente está condicionada por el nivel de requerimiento de otro insumo o servicio vinculado a procesos internos.

6.5.4 Tipos de inventarios

La literatura en gestión de la cadena de suministro establece diversas formas de clasificar los inventarios, dependiendo de su naturaleza, su posición dentro del flujo operativo o la función estratégica que cumplen para la organización. Comprender esta distinción es un paso fundamental para estructurar políticas de control y reabastecimiento que se ajusten adecuadamente a las necesidades del establecimiento hospitalario. A continuación, se detallan las categorizaciones:

- Inventario en tránsito: Se refiere al inventario en movimiento entre distintos niveles del canal de suministro o distribución.
- Trabajo en proceso (WIP): Inventario que espera en el sistema para procesarse o ser procesado. Los inventarios de trabajo en proceso incluyen los de componentes, y también pueden incluir de materias primas. El nivel del inventario de trabajo en proceso con frecuencia se usa como medida de la eficiencia de un sistema de programación de la producción.
- Inventario para especulación: Las materias primas, como cobre, oro y plata, se compran tanto para especular con el precio como para satisfacer los requerimientos de operación.
- Inventario regular o cíclico: Son los inventarios necesarios para satisfacer la demanda promedio durante el tiempo entre reaprovisionamientos sucesivos.
- Inventario de seguridad (IS): Inventario de protección contra la variabilidad en la demanda de existencias y el tiempo total de reaprovisionamiento.
- Inventario obsoleto: Cuando se mantiene durante un tiempo, parte del inventario se deteriora, caduca, se pierde o es robado.

6.6 Modelos de inventarios

6.6.1 Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ)

El modelo de Cantidad Económica de Pedido (*Economic Order Quantity*, EOQ) constituye una de las herramientas clásicas para la gestión de inventarios. Bajo sus supuestos básicos, considera una demanda conocida y constante, reposición instantánea y ausencia de quiebres de inventario, buscando determinar el tamaño de pedido que equilibra los costos asociados a ordenar y mantener existencias (Ballou, 2004).

El costo total anual del inventario (TC) puede expresarse como la suma del costo anual de adquisición, el costo anual de emisión de órdenes y el costo anual de mantenimiento del inventario:

$$TC(Q) = \underbrace{(D \cdot C)}_{\text{Costo de adquisición}} + \underbrace{\left(\frac{D}{Q}\right) S}_{\text{Costo de ordenar}} + \underbrace{\left(\frac{Q}{2}\right) C \cdot I}_{\text{Costo de mantener}} \tag{28}$$

Donde:

- TC: costo total anual del inventario [$/Año];
- Q: tamaño del pedido [Unid];
- D: demanda anual [Unid/Año];
- S: costo de emisión de una orden [$/Pedido];
- C: costo unitario de adquisición [$/Unid];
- I: tasa anual de mantenimiento del inventario [%/Año].

El primer componente representa el gasto anual asociado a la adquisición de las unidades requeridas. Bajo el supuesto de un precio unitario constante, este término no depende del tamaño del pedido (Q) y, por lo tanto, no influye en la determinación del lote económico.

En consecuencia, para efectos de la optimización se consideran únicamente los componentes que varían con el tamaño del pedido. En esta investigación, su suma se define como costo logístico relevante anual (C_R):

$$C_R(Q) = \underbrace{\left(\frac{D}{Q}\right) S}_{\text{Costo anual de ordenar}} + \underbrace{\left(\frac{Q}{2}\right) CI}_{\text{Costo anual de mantener}} \tag{29}$$

El costo anual de ordenar disminuye a medida que aumenta el tamaño del lote, debido a que se requieren menos reposiciones durante el año. En cambio, el costo anual de mantenimiento aumenta con Q, dado que un mayor lote implica mantener, en promedio, una mayor cantidad de unidades almacenadas. El modelo EOQ determina el punto de equilibrio entre ambos componentes.

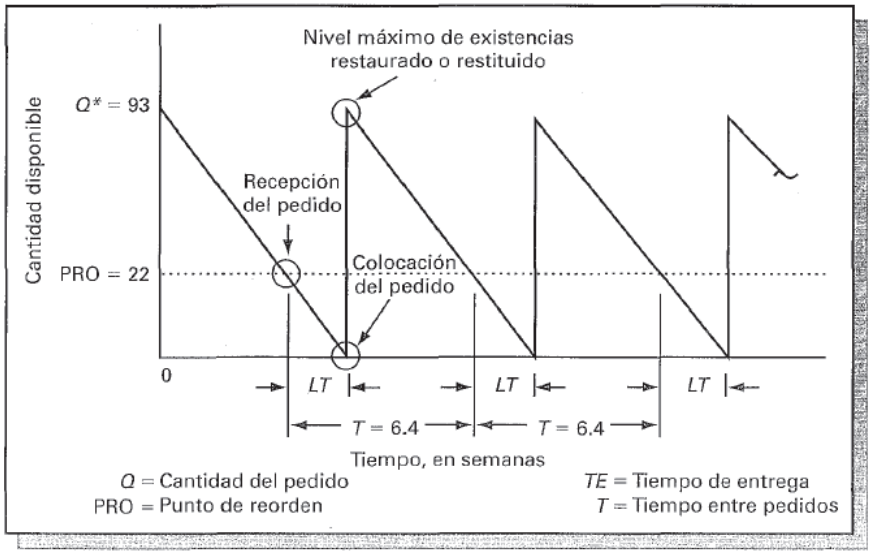
Al minimizar el costo logístico relevante respecto del tamaño del pedido, se obtiene la cantidad económica de compra (Q^*):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{I \cdot C}} \tag{30}$$

El valor Q^* representa la cantidad económicamente óptima a solicitar en cada reposición bajo los supuestos del modelo. En este punto, el costo anual de ordenar y el costo anual de mantener inventario de ciclo alcanzan el mismo valor, estableciendo el equilibrio que minimiza el costo logístico relevante.

La dinámica del modelo supone que el inventario disminuye de manera uniforme a medida que se satisface la demanda y se repone al recibir un lote Q^*. Este comportamiento se representa mediante el patrón denominado “diente de sierra”, presentado en la Figura 6-4.

Figura 6-4: Niveles de inventario de ciclo.



Fuente: Extraído de Ballou (2004).

Como se observa en la Figura 6-4, cada reposición incrementa el nivel de inventario en una cantidad equivalente al lote solicitado, iniciando un nuevo ciclo de consumo.

A partir de Q^* es posible caracterizar la frecuencia de reposición. El tiempo esperado entre pedidos (T^*) se determina mediante la relación entre el tamaño del lote y la demanda anual:

$$T^* = \frac{Q^*}{D} \tag{31}$$

De manera complementaria, el número esperado de pedidos durante el año (N) se calcula como:

$$N = \frac{D}{Q^*} \tag{32}$$

Estas expresiones permiten vincular el tamaño económico del lote con la frecuencia de abastecimiento. En términos operativos, un mayor Q^* implica un menor número de pedidos y ciclos de reposición más prolongados, mientras que un lote menor requiere una mayor frecuencia de abastecimiento.

Finalmente, la política de reposición debe considerar el tiempo requerido entre la emisión de una orden y su recepción, denominado tiempo de reposición o *lead time* (L). Bajo condiciones deterministas de demanda y tiempo de entrega, el punto de reorden (PRO) corresponde al nivel de inventario en el cual debe emitirse una nueva orden para cubrir el consumo esperado durante dicho periodo:

$$PRO = d \cdot L \tag{33}$$

donde d representa la demanda promedio por unidad de tiempo y L el tiempo de reposición, ambos expresados en una escala temporal consistente. Bajo los supuestos deterministas del modelo, esta relación permite coordinar la emisión de la orden con el consumo esperado durante el periodo de reposición. Posteriormente, al incorporar incertidumbre en la demanda, este punto de reorden se complementa mediante un inventario de seguridad.

6.6.2 Modelo de reabastecimiento no instantáneo (ELS / POQ)

El modelo clásico de Cantidad Económica de Pedido asume que el reabastecimiento del inventario ocurre de forma instantánea en un único lote. Sin embargo, en ciertos procesos de manufactura o suministro continuo, la recepción de las unidades es paulatina a lo largo de un periodo, ocurriendo de manera simultánea con la demanda diaria (Ballou, 2004).

Bajo esta condición, el patrón clásico de "diente de sierra" se modifica, ya que la acumulación de inventario exhibe una pendiente gradual en lugar de un salto vertical. Para determinar el tamaño óptimo del lote en estos escenarios, denominado Tamaño de Lote Económico (ELS) o Cantidad Económica de Producción (POQ), se ajusta la fórmula básica multiplicándola por un factor que establece una correlación entre la tasa de entrega y la tasa de consumo:

$$ELS = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{I \cdot C}} \cdot \sqrt{\frac{p}{p-d}} \tag{34}$$

Donde se incorporan las siguientes variables operativas:

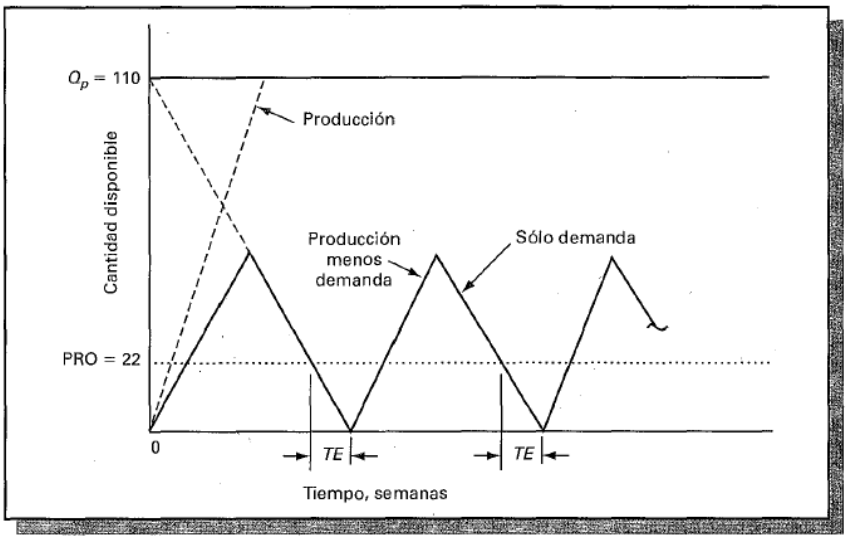
- p: tasa de producción o entrega (unidades recibidas por día/semana).
- d: tasa de demanda (unidades consumidas en la misma unidad de tiempo que p).

Es importante destacar que la viabilidad matemática y operativa de este modelo requiere estrictamente que la tasa de entrega supere a la tasa de demanda ($p > d$). Durante la fase de reabastecimiento, el sistema experimenta un crecimiento neto del inventario a una tasa equivalente a la diferencia entre ambos parámetros ($p - d$). Una vez que concluye la recepción de los insumos, el nivel de almacenamiento alcanza su punto máximo (I_{max}) y el inventario comienza a agotarse a la tasa de demanda clínica regular (d).

De presentarse un escenario contrario ($p \leq d$), el flujo de entrada logístico sería insuficiente o apenas capaz de cubrir el consumo continuo. En consecuencia, el sistema no lograría acumular inventario físico, imposibilitando la formación de un stock base y elevando críticamente el riesgo de desabastecimiento en el recinto asistencial. La representación gráfica de este comportamiento

cíclico modificado, que ilustra claramente las fases de acumulación y agotamiento progresivo del lote, se presenta a continuación:

Figura 6-5: Niveles de inventario con reabastecimiento no instantáneo



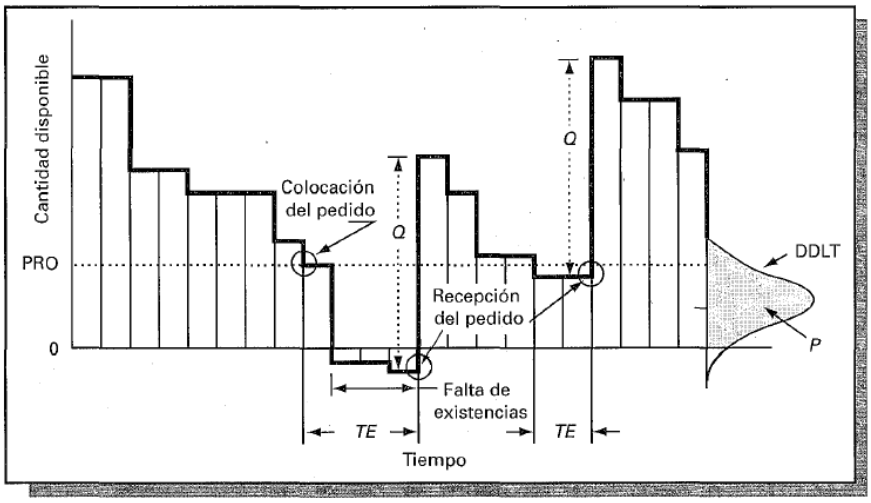
Fuente: Extraído de Ballou (2004)

6.6.3 Modelo de punto de reorden con demanda incierta

El control de inventarios mediante el punto de reorden asume que la demanda actúa de manera continua, reduciendo gradualmente el nivel de existencias. Cuando este nivel desciende hasta una cantidad límite, se emite una nueva orden de reabastecimiento por una cantidad económica de pedido (Q^*). El nivel efectivo de inventario en cualquier instante considera las unidades físicas disponibles más los pedidos en tránsito, menos cualquier obligación pendiente.

Sin embargo, cuando se emite la orden y el instante en que el lote ingresa al stock físico (tiempo de entrega), existe el riesgo de que la demanda real exceda las existencias remanentes. Para controlar la probabilidad de que ocurra un quiebre de stock, el sistema debe ajustarse elevando el Punto de Reorden (PRO) con el fin de absorber dicha incertidumbre (Ballou, 2004).

Figura 6-6: Control de inventarios del punto de reorden bajo incertidumbre



Fuente: Extraído de Ballou (2004)

En la Figura 6-6, el comportamiento de la demanda durante el tiempo de entrega (DDLT) se puede aproximar mediante una distribución de probabilidad normal. Si la demanda periódica asume una media d y una desviación estándar σ_d, y el tiempo de entrega (TE) se considera constante, los parámetros de la distribución DDLT se estiman de la siguiente manera:

Demanda media esperada:

$$\bar{X} = d \cdot TE \tag{35}$$

Desviación estándar de la demanda:

$$\sigma_{DDLT} = \sigma_d \sqrt{TE} \tag{36}$$

Para operar bajo este modelo, se determina primero el tamaño de Q^* utilizando la fórmula básica de la cantidad económica de pedido. Posteriormente, se define el punto de reorden incorporando un factor de resguardo probabilístico, comúnmente conocido como inventario de seguridad:

$$PRO = (d \cdot TE) + z \cdot \sigma_{DDLT} \tag{37}$$

Donde cada componente representa:

- $d \cdot TE$: Demanda promedio esperada durante el tiempo de entrega.
- $z \cdot \sigma_{DDLT}$: Inventario de seguridad añadido al modelo.
- z: Número de desviaciones estándar desde la media. Este valor estadístico se obtiene a partir de la tabla estándar del área bajo la curva normal y depende directamente de la probabilidad deseada de no sufrir desabastecimiento (nivel de servicio objetivo).

6.7 Clasificación de Pareto y Método ABC

El principio de Pareto establece que el 20 % de los elementos de un sistema suele generar el 80 % de los efectos o costos. En gestión farmacéutica, el método ABC segmenta el inventario según su impacto económico anual (Urbagesa, 2024).

Basándose en los rangos de clasificación (López, 2021), los artículos se dividen en:

- **Clase A:** 5 % a 10 % de los artículos que concentran entre el 70 % y 80 % del valor de consumo anual. Requieren control estricto y pronósticos precisos.
- **Clase B:** 10 % a 20 % de los artículos que representan entre un 15 % a 20 % del valor.
- **Clase C:** 70 % a 80 % de los ítems de bajo costo y alta rotación, representando apenas el 5 % a 15 % del valor, gestionables mediante reglas de reposición automáticas y más holgadas.

7 Metodología

Este capítulo presenta el enfoque metodológico adoptado para el desarrollo de un sistema de pronóstico de demanda y gestión de inventarios para la Unidad de Farmacia del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca. La metodología se estructuró de forma secuencial, comenzando con el levantamiento, depuración y preparación de los registros institucionales, seguido de la clasificación y priorización de los medicamentos, la evaluación de distintos modelos de series de tiempo y la consolidación de las proyecciones obtenidas. A partir de estos resultados se determinaron los parámetros necesarios para formular las políticas de inventario y, finalmente, los procedimientos desarrollados fueron integrados en la plataforma computacional propuesta para el área.

7.1 Enfoque y diseño de la investigación

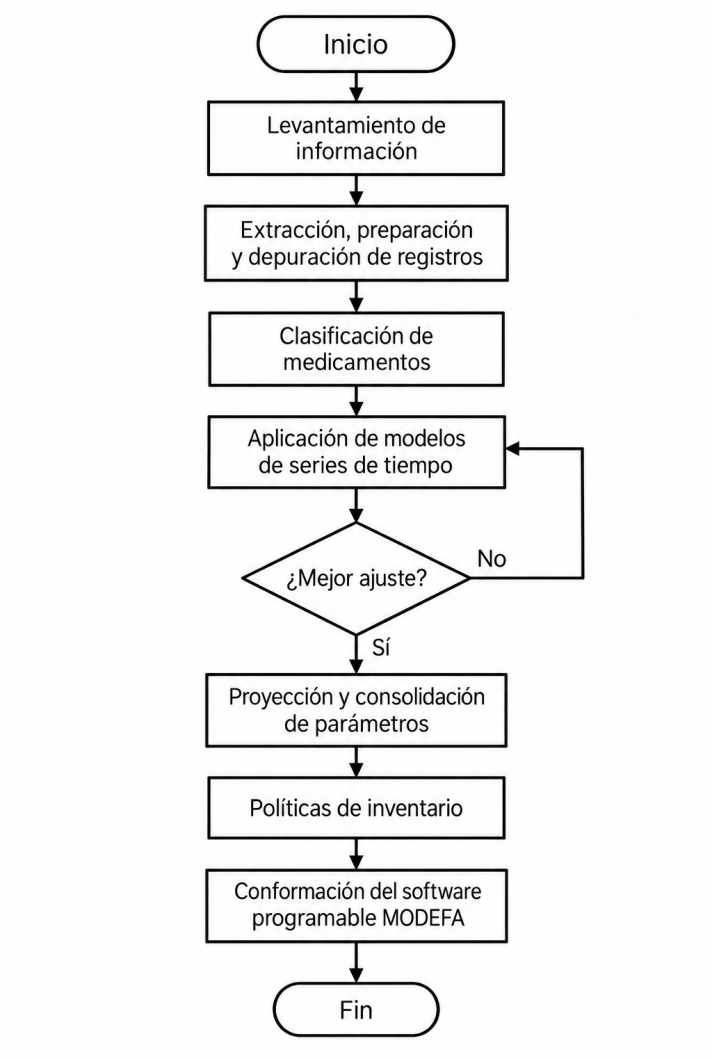
La investigación corresponde a un estudio cuantitativo, sustentado en el uso de registros históricos de consumo, adquisiciones y costos para el desarrollo de modelos de pronóstico y gestión de inventarios. Esto se complementó con antecedentes cualitativos obtenidos en reuniones con profesionales de farmacia y abastecimiento, los cuales permitieron caracterizar el funcionamiento operativo, identificar restricciones del proceso y contextualizar la información disponible.

El diseño de la investigación es no experimental, dado que las variables fueron analizadas a partir de registros históricos sin intervenir en sus condiciones de origen. Sobre esta base, se integraron técnicas de clasificación multicriterio, series de tiempo y gestión de inventarios, adaptadas al contexto operativo de la Unidad de Farmacia del establecimiento.

7.2 Esquema general de la metodología

La Figura 7-1 resume las etapas del procedimiento metodológico, desde el levantamiento y preparación de la información hasta la clasificación de medicamentos y la aplicación de modelos de series de tiempo, incorporando una evaluación iterativa para seleccionar el mejor ajuste. Posteriormente, las proyecciones se consolidan para obtener los parámetros requeridos por los modelos de inventario y, finalmente, los procedimientos se integran en una plataforma computacional.

Figura 7-1: Diagrama general del procedimiento metodológico propuesto.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de este esquema, las subsecciones siguientes describen los criterios y procedimientos aplicados en cada etapa.

7.3 Unidad de análisis y delimitación del estudio

La unidad de análisis corresponde a los medicamentos gestionados por la Unidad de Farmacia del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, particularmente aquellos administrados mediante la Bodega Activa del establecimiento.

El proceso se inició a partir del catálogo disponible en los sistemas institucionales. Sobre este conjunto se aplicó posteriormente una etapa de depuración orientada a excluir artículos descontinuados y medicamentos que no presentan movimiento reciente, conformando así el universo analítico sobre el cual se desarrollan las clasificaciones y los modelos posteriores.

Para el análisis temporal se utilizaron registros correspondientes a períodos operativos recientes del establecimiento. Los años asociados a la pandemia por COVID-19, correspondientes al período 2020–2022, fueron excluidos del análisis debido a las alteraciones extraordinarias experimentadas tanto en los patrones de consumo como en las condiciones de abastecimiento.

7.4 Levantamiento de información y fuentes de datos

El levantamiento de información se realizó mediante reuniones periódicas de coordinación con profesionales de la Unidad de Farmacia. Estas instancias permitieron identificar las principales etapas involucradas en el abastecimiento de medicamentos, comprender los criterios actualmente utilizados para gestionar las compras y reconocer las principales dificultades asociadas al control de inventarios y a la estimación de las necesidades futuras.

Las fuentes de información empleadas en la investigación fueron las siguientes:

- Registros históricos de consumo: información correspondiente a las unidades de medicamentos dispensadas desde la Bodega Activa hacia las diferentes unidades clínicas del establecimiento.
- Registros de adquisiciones y órdenes de compra: antecedentes asociados a cantidades adquiridas, costos unitarios, proveedores y procesos de reposición.
- Información operativa de la Unidad de Farmacia: antecedentes relativos a los procesos de compra, almacenamiento, distribución y control de inventario.
- Clasificación clínica interna de medicamentos: categorización empleada por el establecimiento para representar el nivel de criticidad de los diferentes fármacos.
- Antecedentes entregados por profesionales del área: información utilizada para caracterizar los tiempos de reposición, actividades administrativas y criterios operacionales asociados a la gestión de abastecimiento.

La extracción de los datos almacenados en los sistemas institucionales se realizó mediante consultas a bases de datos relacionales. Posteriormente, estos antecedentes fueron estructurados para construir las bases utilizadas en las etapas de clasificación, pronóstico y gestión de inventarios.

7.5 Preparación y depuración de los datos

Una vez extraídos los registros históricos, se procedió a la preparación de los datos con el objetivo de construir series temporales consistentes y comparables para cada medicamento. Este proceso inició con la validación de la integridad de las bases de información, procediendo a la

exclusión de artículos descontinuados o sin movimiento reciente. Posteriormente, se estandarizaron los códigos, nomenclaturas y unidades de medida para consolidar las transacciones de cada fármaco y agregar los registros de consumo a una frecuencia mensual, estructurando así la base paramétrica requerida por los modelos de pronóstico.

Durante esta etapa, la revisión de datos faltantes y observaciones atípicas demandó precaución. En un entorno hospitalario, un volumen de consumo alto o bajo no siempre constituye un error de registro; por el contrario, puede responder a situaciones clínicas reales, contingencias sanitarias o eventos extraordinarios. Por ello, la detección de valores irregulares requirió un análisis contextual antes de aplicar los modelos matemáticos. De igual forma, fue necesario diferenciar entre una observación ausente por falta de información y un consumo mensual efectivamente igual a cero, dado que ambas condiciones son operativamente distintas.

7.6 Metodología de clasificación para medicamentos

Con el propósito de establecer distintos niveles de prioridad dentro del catálogo farmacológico, se empleó una clasificación multicriterio que combina tres dimensiones: impacto económico, criticidad clínica y variabilidad histórica del consumo.

Estas dimensiones son representadas mediante las clasificaciones ABC, VED y XYZ, respectivamente. Su integración permite diferenciar los medicamentos que requieren un mayor nivel de seguimiento y seleccionar aquellos sobre los cuales se desarrolla posteriormente el modelamiento predictivo y de inventarios.

7.6.1 Clasificación ABC

La clasificación ABC representa la importancia económica de los medicamentos dentro del gasto de farmacia. Para cada artículo se determinó su consumo valorizado a partir del volumen utilizado y su costo unitario. Posteriormente, los medicamentos se ordenaron de mayor a menor impacto económico y se clasificaron de acuerdo con su participación acumulada en el gasto.

De esta manera, la clase A concentra los medicamentos de mayor incidencia presupuestaria, mientras que las clases B y C reúnen aquellos con impacto económico intermedio y menor, respectivamente.

7.6.2 Clasificación VED

Para incorporar la criticidad asistencial al análisis logístico, se implementó la metodología VED (Vital, Esencial y Deseable). Esta dimensión permitió incorporar al análisis logístico la relevancia clínica de cada medicamento, complementando el criterio económico utilizado en la clasificación ABC.

Dado que el hospital opera bajo una nomenclatura interna diferente, fue necesario estructurar un proceso de homologación para estandarizar los datos. De este modo, los fármacos catalogados como Imprescindibles se asignaron a la categoría Vital (V), y aquellos calificados como Necesarios se asociaron como Esencial (E). Por su parte, los artículos definidos como Útiles, Prescindibles y Ocasionales se agruparon de manera unificada en la categoría Deseable (D). Esta equivalencia metodológica permite integrar la relevancia clínica en el modelo, manteniendo intacta la trazabilidad con los protocolos originales del establecimiento.

7.6.3 Clasificación XYZ

La variabilidad histórica del consumo de cada medicamento se evaluó mediante la clasificación XYZ. Para ello, la dispersión de la demanda se cuantificó a través del coeficiente de variación (CV), estadístico definido por la siguiente relación matemática:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}, \tag{38}$$

Donde:

- σ: desviación estándar de la demanda histórica;
- μ: demanda promedio durante el período evaluado.

A partir de este indicador, y de acuerdo con los parámetros establecidos para la investigación, se segmentó el catálogo utilizando los siguientes umbrales de variabilidad:

- Clase X : Variaciones menores o iguales al 25 % ($CV \leq 25\,\%$).
- Clase Y : Variaciones intermedias, mayores al 25 % y hasta un 50 % ($25\,\% < CV \leq 50\,\%$).
- Clase Z : Variaciones superiores al 50 % ($CV > 50\,\%$).

Dado que los patrones de consumo pueden variar en el tiempo, la clasificación fue evaluada preliminarmente sobre todos los años históricos disponibles para observar posibles anomalías o tendencias. Sin embargo, para parametrizar el modelo final, la categorización se fijó utilizando exclusivamente los registros del año 2025, por constituir el ciclo operativo completo más reciente y representativo de la realidad actual del establecimiento.

7.6.4 Integración ABC–VED–XYZ

Los resultados obtenidos mediante las clasificaciones ABC, VED y XYZ fueron integrados en una matriz multicriterio ABC–VED–XYZ, permitiendo evaluar de manera conjunta el impacto económico, la criticidad clínica y la variabilidad del consumo de cada medicamento.

A partir de esta integración se establecieron distintos niveles de prioridad para la gestión del inventario, los cuales sirvieron como base para definir el conjunto de artículos incorporados posteriormente al modelamiento. Los resultados de esta clasificación se presentan en la Sección 8.

7.6.5 Criterios de selección de medicamentos para el modelamiento

La selección se concentró en los medicamentos pertenecientes a la Categoría I y clasificados con comportamiento X o Y, excluyendo los artículos Z debido a la elevada irregularidad de sus series de consumo. Se incorporó la totalidad de los medicamentos de los grupos AVX y AEX, mientras que, en los grupos AVY y AEY, se priorizaron aquellos que presentaban una mayor calidad y continuidad histórica de los registros. Asimismo, el conjunto final quedó conformado por 20 medicamentos pertenecientes a los grupos AVX, AVY, AEX y AEY.

7.7 Metodología de pronóstico de demanda

Una vez finalizadas las etapas de preparación y priorización de los datos, se procede al desarrollo de los modelos de pronóstico para los medicamentos seleccionados. Para el ajuste de los modelos se utilizaron los registros mensuales disponibles entre enero de 2023 y julio de 2026. El consumo correspondiente a agosto de 2026 no fue incorporado en esta etapa, reservándose como información posterior para la validación de los pronósticos.

Para efectos del estudio, la demanda se aproxima mediante el consumo registrado en las salidas mensuales desde la Bodega Activa hacia las unidades clínicas. Esta variable constituye un indicador observable y trazable dentro de los sistemas institucionales.

No obstante, el consumo registrado puede encontrarse condicionado por restricciones de disponibilidad. Ante un eventual quiebre de inventario, las unidades dispensadas pueden ser inferiores a las necesidades clínicas existentes. Por esta razón, los períodos asociados a situaciones extraordinarias de abastecimiento deben ser interpretados cuidadosamente.

7.7.1 Procedimiento para el desarrollo del sistema de pronóstico

Para estructurar de manera sistemática los métodos predictivos, el desarrollo del sistema de pronóstico se estructuró a partir de los siete pasos fundamentales propuestos por Heizer y Render (2004), adaptados al contexto operativo del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca:

1. Determinar el uso del pronóstico: las proyecciones se utilizan como apoyo cuantitativo para la planificación del abastecimiento de la Unidad de Farmacia, permitiendo anticipar los requerimientos futuros de medicamentos.

2. Seleccionar los aspectos que se deben pronosticar: la variable de estudio corresponde al consumo mensual de los medicamentos priorizados, expresado en unidades dispensadas.

3. Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico: el horizonte se establece de acuerdo con las necesidades de planificación de corto y mediano plazo del establecimiento. Adicionalmente, se genera una proyección de doce meses orientada a apoyar la planificación futura del abastecimiento.

4. Seleccionar los modelos de pronóstico: se consideran diferentes técnicas de series de tiempo capaces de representar comportamientos estables, tendencias, estacionalidad y distintos niveles de variabilidad de la demanda.

5. Recopilar los datos para elaborar el pronóstico: los modelos utilizan los registros históricos extraídos, depurados y consolidados en el procedimiento descrito en la Sección 7.5.

6. Realizar el pronóstico: La serie temporal es procesada por las configuraciones predictivas seleccionadas, generando estimaciones de demanda y sus respectivos indicadores de error.

7. Validar los resultados: Se comparan los modelos mediante métricas de error para luego contrastarlos con los registros reales. El modelo con mejor desempeño es utilizado para generar las proyecciones que posteriormente sirven como información para la política de inventarios.

7.7.2 Modelos de pronóstico evaluados

Para cada medicamento seleccionado se evaluaron nueve configuraciones predictivas, correspondientes a:

- Promedio Móvil de 3, 6, 9 y 12 periodos;
- Suavizamiento Exponencial Simple;
- Suavizamiento Exponencial Doble mediante el método de Brown;
- Holt–Winters Aditivo, utilizando una periodicidad estacional de tres meses;
- Holt–Winters Multiplicativo, utilizando una periodicidad estacional de tres meses;
- Descomposición Multiplicativa.

Para las configuraciones de Holt–Winters se estableció una periodicidad de tres meses, con el propósito de evaluar la capacidad del modelo para representar oscilaciones de corto plazo presentes en las series mensuales. Esta parametrización se incorporó como una alternativa dentro del proceso comparativo y su desempeño fue evaluado mediante los mismos indicadores de error utilizados para los demás métodos.

La evaluación de diferentes técnicas permitió evitar la imposición de un único comportamiento predictivo para todos los medicamentos, considerando que las series de consumo presentan distintos niveles de estabilidad, tendencia y estacionalidad. Por esta razón, la selección del modelo se realizó individualmente para cada fármaco.

7.7.3 Evaluación y selección del modelo de pronóstico

Para cada medicamento, las nueve configuraciones predictivas se aplicaron sobre su respectiva serie histórica y posteriormente se compararon mediante la Desviación Absoluta Media (MAD) y la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE), cuyas formulaciones se presentan en las Ecuaciones 26 y 27 del Marco Teórico.

El MAD permitió representar la magnitud promedio de las desviaciones en las mismas unidades de consumo del medicamento, mientras que el RMSE otorgó una mayor penalización a los errores de mayor magnitud. De manera complementaria, MODEFA calculó para cada configuración un límite inferior (LI) y un límite superior (LS) asociados al pronóstico puntual, con el propósito de representar un intervalo aproximado de predicción y visualizar la amplitud de la incertidumbre asociada a cada estimación.

Para todos los modelos estos límites se determinaron a partir del RMSE obtenido durante el ajuste, de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$LI = \text{máx}\left(0, \hat{D} - Z \cdot RMSE\right), \tag{39}$$

$$LS = \hat{D} + Z \cdot RMSE, \tag{40}$$

donde $\hat{D}$ corresponde al pronóstico puntual y Z al factor utilizado por la aplicación para establecer la amplitud del intervalo. El límite inferior se restringió a cero, debido a que valores negativos de demanda no presentan interpretación operativa.

Los límites de predicción se utilizaron como información complementaria para la representación gráfica y el análisis del comportamiento de las estimaciones. La selección del modelo se sustentó por los indicadores MAD y RMSE. Cuando una misma configuración presentó los menores valores en ambos indicadores, esta fue seleccionada directamente. En aquellos casos donde estos favorecieron configuraciones diferentes, los resultados se analizaron conjuntamente y se complementaron mediante la inspección gráfica del ajuste sobre la serie histórica.

De esta manera, el procedimiento permitió evaluar cada medicamento de forma individual, evitando imponer un único modelo sobre todas las series y seleccionando la configuración que presentó el mejor desempeño de acuerdo con los criterios establecidos.

7.7.4 Validación de los pronósticos

De manera complementaria a las métricas de ajuste calculadas sobre las series históricas, los pronósticos generados para agosto de 2026 fueron contrastados con los consumos efectivamen-

te registrados durante dicho periodo. Esta comparación permitió evaluar el comportamiento de las estimaciones frente a información no incorporada en el ajuste de los modelos.

Para cada medicamento se calculó la diferencia neta entre el valor pronosticado y el consumo real observado:

$$\Delta_i = F_i - D_i \tag{41}$$

Donde:

- Δ_i: diferencia neta correspondiente al medicamento i [Unid];
- F_i: consumo pronosticado para el medicamento i [Unid];
- D_i: consumo real observado para el medicamento i [Unid].

De acuerdo con esta definición, un valor positivo de Δ_i representa una sobreestimación del consumo, mientras que un valor negativo indica una subestimación de la demanda real.

Adicionalmente, se calculó la desviación porcentual respecto del pronóstico con el propósito de expresar la magnitud de la diferencia en relación con el valor estimado:

$$\delta_i = \frac{|F_i - D_i|}{F_i} \cdot 100 \tag{42}$$

Donde δ_i representa la desviación porcentual del medicamento i respecto de su valor pronosticado.

Finalmente, se determinó el peso de cada desviación sobre la desviación absoluta total del conjunto de medicamentos evaluados:

$$P_i = \frac{|\Delta_i|}{\sum_{j=1}^{n} |\Delta_j|} \cdot 100 \tag{43}$$

Donde:

- P_i: participación de la desviación del medicamento i sobre la desviación absoluta total;
- n: número total de medicamentos incluidos en la validación.

Este indicador permite complementar la desviación porcentual al incorporar la magnitud de las diferencias en unidades, aspecto especialmente relevante cuando existen variaciones importantes en los niveles de consumo entre los medicamentos evaluados.

7.7.5 Generación de proyecciones multiperiodo

Una vez seleccionado el modelo de mejor desempeño para cada medicamento, se procedió a generar las proyecciones correspondientes al horizonte agosto de 2026 hasta julio de 2027. Para esto se consideraron los medicamentos cuyo modelo seleccionado correspondió a la descomposición multiplicativa, método implementado en MODEFA para la generación de proyecciones.

La estructura de este modelo permite obtener directamente una trayectoria mensual para los doce periodos futuros a partir de los componentes de tendencia y estacionalidad estimados. De esta manera, las proyecciones generadas mantienen una estructura homogénea para su posterior consolidación y utilización en los modelos de inventario.

Los medicamentos cuyo modelo de mejor desempeño correspondió a configuraciones no incorporadas en el módulo de proyección anual se mantuvieron dentro de la evaluación y validación

de corto plazo, pero no fueron incluidos en la consolidación multiperiodo utilizada posteriormente para formular las políticas de inventario proyectadas.

En consecuencia, la proyección anual quedó conformada por 18 medicamentos, para sus estimaciones mensuales durante el horizonte de doce meses definido previamente.

7.7.6 Consolidación de las proyecciones de demanda

Para los 18 medicamentos incluidos en la proyección multiperiodo se generaron estimaciones mensuales para un horizonte de doce meses. Con el propósito de transformar estas proyecciones en parámetros utilizables por los modelos de inventario, MODEFA incorpora un procedimiento de consolidación estadística. En primer lugar, la demanda total proyectada para el horizonte (D) se obtiene mediante la suma de las demandas mensuales estimadas:

$$D = \sum_{t=1}^{12} \hat{D}_t \tag{44}$$

Donde:

- D: demanda total proyectada para el horizonte de doce meses [Unid];
- $\hat{D}_t$: demanda pronosticada para el mes t [Unid].

Adicionalmente, MODEFA calcula la desviación estándar de las proyecciones mensuales con el propósito de representar la variabilidad entre las demandas proyectadas a lo largo del horizonte:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{12} \left(\hat{D}_t - \bar{D}\right)^2}{11}} \tag{45}$$

Donde:

- σ: desviación estándar de las demandas mensuales proyectadas [Unid];
- $\bar{D}$: promedio mensual de las demandas proyectadas.

De esta forma, la trayectoria mensual del pronóstico se consolida en dos parámetros principales: la demanda total proyectada (D), utilizada para dimensionar el lote económico y la frecuencia de reposición, y la desviación estándar (σ), empleada para representar la variabilidad de las demandas mensuales en la determinación del inventario de seguridad y del punto de reorden.

Este procedimiento permite vincular directamente los pronósticos de demanda con la metodología de gestión de inventarios desarrollada en la Sección 7.8.

7.8 Metodología para la gestión de inventarios

Una vez consolidados los parámetros derivados de las proyecciones de demanda, se formularon las políticas de inventario para los medicamentos seleccionados. El análisis se estructuró bajo una revisión continua, iniciando con la determinación del lote económico de compra y, luego, la incorporación de la incertidumbre mediante el inventario de seguridad y el punto de reorden.

Los fundamentos matemáticos de los modelos utilizados se encuentran desarrollados en la Sección 6.6 del Marco Teórico. En consecuencia, esta sección establece el procedimiento utilizado para parametrizar las variables operativas y económicas requeridas por MODEFA y aplicar posteriormente los modelos al caso del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca.

7.8.1 Definición de parámetros del modelo

La aplicación de los modelos requirió definir, para cada medicamento, un conjunto de parámetros asociados al consumo, los costos y las condiciones operativas del proceso de abastecimiento. Estos corresponden a la demanda anual (D), costo de emisión de una orden (S), costo unitario del medicamento (C), costo anual de mantenimiento por unidad (H), nivel de servicio, tiempo de reposición y variabilidad de las demandas mensuales proyectadas.

A partir de estos antecedentes se determinaron posteriormente los principales indicadores de gestión: tamaño óptimo de pedido (Q^*), número esperado de pedidos anuales (N), frecuencia de reposición (T), inventario de seguridad (IS) y punto de reorden (PRO).

7.8.2 Estimación del costo de emisión de órdenes

El costo de emisión de una orden (S) se estimó a partir del tiempo destinado a las actividades necesarias para gestionar cada adquisición y del costo laboral de los profesionales involucrados. Debido a las diferencias observadas, se definieron dos estructuras de costo de emisión.

Primera estructura: Gestión operativa de bodega y farmacia

La primera estructura considera a los funcionarios asociados a la gestión operativa de bodega y farmacia. Para cada profesional, el costo por hora se obtuvo a partir de su remuneración mensual, considerando 20 días hábiles por mes y jornadas laborales de 8 horas:

$$C_{h,j} = \frac{R_j}{20 \cdot 8} \tag{46}$$

Donde:

- $C_{h,j}$: costo por hora del profesional j [$/Hora];
- R_j: remuneración mensual del profesional j [$/Mes].

Luego, el costo asociado a cada profesional para la emisión de una orden se determinó como:

$$S_j = C_{h,j} \cdot t_j \tag{47}$$

Donde:

- S_j: costo de emisión asociado al profesional j [$/Pedido];
- t_j: tiempo destinado a la gestión de cada pedido [Hora/Pedido].

El costo total correspondiente a esta estructura se obtuvo mediante la suma de los costos individuales de los profesionales involucrados:

$$S_1 = \sum_{j=1}^{m} S_j \tag{48}$$

Donde m corresponde al número de profesionales que participan en el proceso.

Segunda estructura: Coordinación técnica y abastecimiento estratégico

La segunda estructura incorpora las actividades desarrolladas por el profesional encargado de la coordinación técnica y del abastecimiento estratégico, considerando tareas de programación, gestión, reprogramación y revisión de faltas.

Debido a que estas actividades presentan distintas frecuencias y cargas de trabajo, su costo unitario se obtuvo distribuyendo el costo diario de dedicación sobre el número promedio de pedidos gestionados:

$$S_k = \frac{t_k \cdot C_h}{n_k} \tag{49}$$

Donde:

- S_k: costo unitario de la actividad k [$/Pedido];
- t_k: tiempo promedio destinado a la actividad k [Hora/Día];
- C_h: costo por hora del profesional [$/Hora];
- n_k: número promedio de pedidos gestionados [Pedido/Día].

Finalmente, el costo de emisión correspondiente a esta estructura se determinó mediante:

$$S_2 = \sum_{k=1}^{r} S_k \tag{50}$$

Donde r representa el número de actividades consideradas.

7.8.3 Estimación del costo de mantenimiento

El costo anual de mantener una unidad en inventario (H) se determinó a partir del costo unitario de adquisición de cada medicamento (C) y de la tasa anual de mantenimiento (I).

De acuerdo con la literatura utilizada en esta investigación, la tasa de mantenimiento puede variar entre un 10 % y un 25 %. Para el desarrollo del modelo se adoptó el límite superior de este

intervalo, correspondiente a una tasa anual de $I = 25\,\%$ (Vandeput, 2020). El costo de mantenimiento se calculó mediante:

$$H = I \cdot C \tag{51}$$

Donde:

- H: costo anual de mantenimiento por unidad [$/Unid·Año].

El costo unitario de cada medicamento se obtuvo a partir de los registros históricos de adquisición del establecimiento correspondientes al periodo de evaluación.

7.8.4 Nivel de servicio y tiempo de reposición

La aplicación del modelo de inventarios con demanda incierta requirió definir parámetros logísticos clave en conjunto con los profesionales de la Unidad de Farmacia. En primer lugar, se estableció un nivel de servicio objetivo del 95 % para mitigar el riesgo de quiebres de inventarios. Asumiendo una distribución normal para el comportamiento de la demanda, este nivel de servicio de ciclo se traduce en un factor de servicio $z = 1{,}645$, parámetro que se utilizó posteriormente para dimensionar el inventario de seguridad.

Por otra parte, se determinó un tiempo de reposición de 2 días, considerando el periodo que transcurre desde la emisión de la solicitud de compra hasta la recepción física del medicamento en la bodega. Estos parámetros logísticos se mantuvieron constantes durante toda la formulación y aplicación de los modelos a los medicamentos incluidos en la proyección multiperiodo.

7.8.5 Aplicación integrada del modelo de inventarios

Con las proyecciones de demanda consolidadas y los parámetros logísticos establecidos, MODEFA ejecutó el cálculo de las políticas de inventario mediante una secuencia de dos etapas.

En una primera etapa, se aplicó el modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ), desarrollado en la Sección 6.6 del Marco Teórico. Para cada medicamento, se utilizaron como parámetros de entrada la demanda proyectada (D), el costo de emisión de una orden (S) y el costo anual de mantenimiento por unidad (H). A partir de estos antecedentes se determinó el tamaño óptimo de pedido (Q^*), el número esperado de órdenes durante el horizonte anual (N) y el intervalo promedio entre reposiciones (T), expresado en días para facilitar su interpretación operativa.

En una segunda etapa, se incorporó la incertidumbre de la demanda mediante el inventario de seguridad (IS) y el punto de reorden (PRO), cuyos parámetros y procedimiento de cálculo se detallan en la Sección 7.8.6. De esta forma, el modelo combinó la determinación económica del tamaño de pedido con un margen de protección frente a variaciones del consumo durante el tiempo de reposición.

El procedimiento completo se evaluó de manera paralela bajo las dos estructuras de costo de emisión definidas en la Sección 7.8.2. Esta comparación permitió analizar el efecto del costo de emisión sobre el tamaño económico del lote, el número y la frecuencia de reposiciones y el costo logístico relevante, manteniendo constantes el nivel de servicio, el tiempo de reposición y los parámetros de demanda utilizados en cada medicamento.

7.8.6 Incorporación de la incertidumbre de la demanda

Para incorporar la incertidumbre asociada a las variaciones del consumo, se determinaron el inventario de seguridad (IS) y el punto de reorden (PRO). Utilizando el nivel de servicio y el tiempo de reposición ($TE = 2$ días) definidos previamente en la Sección 7.8.4, la demanda esperada se ajustó al periodo correspondiente al tiempo de reposición.

Asimismo, para transformar la variabilidad mensual (σ_m) obtenida a partir de las proyecciones a la escala temporal del periodo de reposición, se aplicó la siguiente relación:

$$\sigma_{DDLT} = \sigma_m \sqrt{\frac{TE}{30}} \tag{52}$$

donde σ_{DDLT} representa la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de reposición. A partir de este parámetro y del factor asociado al nivel de servicio de ciclo establecido ($z = 1{,}645$), se determinaron el inventario de seguridad y el punto de reorden mediante las formulaciones desarrolladas previamente en el Marco Teórico.

7.9 Integración computacional mediante MODEFA

Como etapa final de la propuesta metodológica, los modelos de clasificación multicriterio, los algoritmos de pronóstico de demanda y los procedimientos de gestión de inventarios fueron integrados en una plataforma computacional denominada MODEFA. Esta herramienta fue desarrollada en Python y conectada a una base de datos relacional gestionada mediante SQL, permitiendo reunir en un mismo entorno los principales componentes analíticos desarrollados durante la investigación.

Esta arquitectura de software permitió sistematizar el flujo de trabajo analítico completo: desde la depuración de los registros históricos institucionales y la iteración comparativa de las series de tiempo hasta la parametrización final de las políticas de abastecimiento. Al converger estos procedimientos en un único entorno programable, MODEFA no solo estandariza los procedimientos de cálculo logístico, sino que facilita la actualización de los análisis, automatizando las proyecciones a medida que el hospital incorpora nuevos registros de consumo. Las especificaciones de diseño, módulos e interfaz de esta herramienta se desarrollan en profundidad en capítulos posteriores.

8 Desarrollo de la propuesta

En este capítulo se desarrolla la propuesta para mejorar la gestión de abastecimiento de medicamentos del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca. Para ello, se inicia con un diagnóstico de la situación actual, seguido de la clasificación y priorización de los medicamentos según su relevancia económica, clínica y comportamiento de demanda. Posteriormente, se presenta el desarrollo y aplicación de la plataforma MODEFA para la generación de pronósticos y, finalmente, la formulación de políticas de inventario orientadas a optimizar las decisiones de abastecimiento.

8.1 Diagnóstico de la situación actual de pronósticos e inventarios

Para fundamentar el diseño de la plataforma tecnológica, se deben conocer las condiciones operativas iniciales de la Unidad de Farmacia. Este análisis permite identificar las brechas entre las prácticas vigentes y los estándares requeridos para una logística hospitalaria eficiente.

8.1.1 Problemática observada

Durante el diagnóstico en la Unidad de Farmacia, se identificó que la gestión operativa actual carece de modelos matemáticos capaces de predecir la demanda y administrar el flujo de inventarios. La dependencia de métodos simples resulta insostenible frente al gran volumen de referencias, ya que omite el análisis histórico indispensable para distinguir entre tendencias de consumo previsibles y variaciones extraordinarias. Asimismo, la falta de herramientas formales, como el cálculo del lote económico de compras (EOQ), aumenta el riesgo de desabastecimiento de medicamentos esenciales y la inmovilización financiera por sobreabastecimiento.

Frente a esta problemática, resulta evidente la dificultad de aplicar una política de gestión transversal para todo el arsenal farmacológico sin generar ineficiencias. Para mitigar esta vulnerabilidad y sentar las bases de un sistema operativo eficiente, es necesario conocer en profundidad las categorías de los fármacos y su comportamiento. De este modo, a continuación se abordará la clasificación de los medicamentos, un proceso fundamental para estructurar la base de datos, identificar los artículos críticos y focalizar los esfuerzos del modelamiento matemático.

8.2 Clasificación de los medicamentos

Actualmente, el área de farmacia del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca registra un catálogo inicial de 605 medicamentos. Sin embargo, para garantizar la viabilidad y precisión de los modelos de pronóstico y gestión de inventarios, se delimitó el alcance del estudio. De este modo, el análisis se concentra en un conjunto depurado de 500 fármacos que presentan relevancia estratégica en términos de costos operacionales, volumen de demanda y rotación. Esta depuración responde a la exclusión sistemática de aquellos artículos descontinuados o que carecen de movimiento en la demanda histórica reciente.

En el contexto operativo, los requisitos logísticos de este nuevo catálogo se clasifican en cinco grupos principales. Esta categorización es representada de manera física, ya que determina las restricciones de almacenamiento, la manipulación requerida y el espacio volumétrico que se debe proyectar de acuerdo con la bodega. La distribución comparativa del inventario inicial y del catálogo depurado se presenta en la Tabla 8-1:

Tabla 8-1: Tabla de comparación del inventario de medicamentos por tipo de presentación.

Tipos de Presentación	Inventario Inicial		Inventario Depurado	
	Artículos	(%)	Artículos	(%)
Ampollas o frasco ampolla	235	38,8 %	166	33,2 %
Comprimidos o cápsulas	216	35,7 %	206	41,2 %
Gotas o Frascos	76	12,6 %	62	12,4 %
Grandes bultos	69	11,4 %	57	11,4 %
Insulinas	9	1,5 %	9	1,8 %
Total	**605**	**100 %**	**500**	**100 %**

Como evidencia la Tabla 8-1, la depuración de datos no altera la tendencia estructural del inventario. En ambos escenarios, el 74,4 % de las referencias estratégicas se concentra en formatos de comprimidos o cápsulas (41,2 %) y ampollas o frascos ampolla (33,2 %). Esta relevancia resulta importante para definir el catálogo clínico y orientar su logística.

8.2.1 Resultados de la Clasificación ABC

Con el propósito de optimizar la gestión de inventarios y reforzar el control presupuestario, el catálogo activo de medicamentos fue evaluado bajo los lineamientos de la clasificación ABC (ver Sección 7.6.1). Al comparar los costos unitarios con el consumo histórico, la clasificación basada en el principio de Pareto mostró la distribución consolidada en la Tabla 8-2:

Tabla 8-2: Tabla de distribución de medicamentos según clasificación ABC.

Categoría	Inventario Físico		Costo Valorizado	
	Artículos	(%)	Monto Anual ($)	(%)
A	77	15 %	3.844.769.648	80 %
B	133	27 %	727.577.938	15 %
C	290	58 %	240.877.697	5 %
Total	**500**	**100 %**	**4.813.225.283**	**100 %**

La Tabla 8-2 evidencia gran concentración del gasto en la Categoría A, que reúne solo el 15 % de los medicamentos, pero representa el 80 % del gasto anual, equivalente a $3.844.769.648. La Categoría B agrupa el 27 % de los artículos y concentra el 15 % del gasto, correspondiente a $727.577.938. Finalmente, la Categoría C reúne el 58 % de las referencias, pero representa solo el 5 % del gasto total, equivalente a $240.877.697, permitiendo una gestión de inventario más flexible.

8.2.2 Resultados de la Clasificación VED

Para evaluar el riesgo asistencial en la gestión operativa, se analizó el inventario mediante la matriz de criticidad VED, aplicando los criterios de homologación detallados en la fase metodológica (ver Sección 7.6.2). Para esta evaluación corresponde a la categorización clínica actual utilizada por el área de farmacia, cuya distribución original se expone en la Tabla 8-3:

Tabla 8-3: Tabla de distribución del inventario de medicamentos según clasificación interna.

Clasificación	**Artículos**	
	Artículos	**(%)**
Imprescindible	128	25,6 %
Necesario	181	36,2 %
Útil	123	24,6 %
Prescindible	61	12,2 %
Ocasional	7	1,4 %
Total	**500**	**100,0 %**

Para ajustar este catálogo de cinco niveles a las tres categorías estándar requeridas por la literatura logística (Vital, Esencial, Deseable), se llevó a cabo la homologación, basándose en el criterio de integración propuesto por López (2021). Siguiendo estos lineamientos, y con la validación de la Jefatura de la Unidad de Farmacia se consolidaron los fármacos en sus nuevas categorías, tras excluir del análisis los insumos clasificados previamente como obsoletos.

Al realizar esta reagrupación, el catálogo fue ordenado de manera uniforme para su posterior cruce matricial, distribuyéndose de manera definitiva tal como se expone en la Tabla 8-4:

Tabla 8-4: Tabla de distribución del inventario de bodega activa según clasificación VED.

Clasificación VED	**Artículos**	
	Artículos	**(%)**
Categoría V (Vitales)	128	25,6 %
Categoría E (Esenciales)	181	36,2 %
Categoría D (Deseables)	191	38,2 %
Total Modelado	**500**	**100,0 %**

8.2.3 Resultados de Clasificación ABC-VED

La integración de los análisis ABC y VED entrega una visión bidimensional del inventario, donde se pondera el impacto económico y la criticidad clínica de cada fármaco. Como se observa en la Tabla 8-5, la matriz multicriterio distribuye el catálogo en nueve subgrupos de gestión.

Tabla 8-5: Tabla matriz multicriterio ABC-VED para el inventario de medicamentos.

Matriz ABC/VED	**V (Vital)**			**E (Esencial)**			**D (Deseable)**			**Totales**	
	Grupo	**N°**	**(%)**	**Grupo**	**N°**	**(%)**	**Grupo**	**N°**	**(%)**	**Total**	**(%)**
A	AV	23	4,6 %	AE	27	5,4 %	AD	27	5,4 %	77	15,4 %
B	BV	38	7,6 %	BE	55	11,0 %	BD	40	8,0 %	133	26,6 %
C	CV	67	13,4 %	CE	99	19,8 %	CD	124	24,8 %	290	58,0 %
Total General	**-**	**128**	**25,6 %**	**-**	**181**	**36,2 %**	**-**	**191**	**38,2 %**	**500**	**100,0 %**

Del análisis de estos resultados, destaca el grupo AV, compuesto por 23 medicamentos que representan el 4,6 % del arsenal. Estos artículos son el nivel más crítico para el modelo de abastecimiento, ya que concentran una alta inversión financiera y su quiebre de inventario supone un riesgo vital inminente para los pacientes. Por el contrario, el extremo opuesto está representado por el grupo CD, el cual concentra la mayor cantidad de referencias con 124 artículos con un

24,8 % del total. Este subgrupo supone el menor riesgo integral, al tener un bajo impacto en el presupuesto y contar con alternativas terapéuticas o ser de uso sintomático.

A partir de esta distribución, el modelo establece políticas de control diferenciadas. Los artículos ubicados en los cuadrantes superiores requerirán un monitoreo, pronósticos de demanda más robustos y revisiones continuas de inventario. Por otra parte, en el cuadrante inferior se ubican los fármacos administrados mediante modelos de revisión periódica y lotes de compra con más holgura, optimizando así el tiempo y los recursos humanos en la unidad de farmacia.

8.3 Análisis XYZ

8.3.1 Análisis de la demanda

Con el propósito de evaluar la viabilidad y utilidad operativa de la incorporación del software especializado en la gestión de inventarios, se debe realizar una investigación detallada del comportamiento de todos estos medicamentos. El comprender la dinámica de su demanda y las variaciones históricas de estos años de evaluación permitirá justificar técnicamente la necesidad de implementar modelos predictivos frente a los métodos de estimación tradicionales, además de un modelo de gestión de inventarios más robusto.

Como fundamento técnico para la elaboración de estas herramientas ingenieriles, la Tabla 8-6 especifica 18 medicamentos de categoría A con un alto impacto financiero, categorizados a través de la matriz VED para respaldar el modelo de abastecimiento continuo.

Tabla 8-6: Tabla de detalle de medicamentos de alto impacto financiero (Categoría A).

Glosa	Clasificación ABC	Clasificación VED
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	A	V
METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	A	V
HEPARINA 25.000 UI/5ML	A	V
ENOXAPARINA 40 MG	A	V
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	A	V
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	A	V
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	A	E
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	A	E
LINAGLIPTINA 5 MG CM	A	E
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	A	E
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	A	E
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	A	E
CALCIO 500 MG + VIT D 400 UI	A	D
RIFAXIMINA 200 MG CM	A	D
TRIPTORELINA 22.5 MG FC LIOF.	A	D
DABIGATRAN 150 MG CM	A	D
PIRFENIDONA 267MG	A	D
ENOXAPARINA 60 MG JERINGA	A	D

Conforme a la prioridad establecida en la tabla previa, se examina el comportamiento histórico de los medicamentos seleccionados. A continuación, se presentan los gráficos históricos de la demanda mensual registrada desde el año 2023 hasta 2025.

Iniciando el análisis, la Figura 8-1 detalla el comportamiento del subgrupo AV. Este conjunto constituye la zona de mayor criticidad del modelo, al combinar una alta exigencia presupuestaria con un riesgo clínico absoluto ante posibles faltas de disponibilidad. Las series temporales revelan una demanda altamente irregular; esta inestabilidad representa un desafío logístico complejo, dado que cualquier desviación en el pronóstico arriesga tanto la continuidad de los tratamientos médicos como la eficiencia financiera del recinto a causa del sobrealmacenamiento.

Figura 8-1: Demanda mensual (2023-2025) para medicamentos de la clase AV.



Fuente: Elaboración propia a partir de registros históricos del recinto hospitalario.

Por su parte, la Figura 8-2 presenta el comportamiento de la demanda para el subgrupo AE (Esenciales). Si bien el quiebre de inventario transitorio de estos fármacos no supone un riesgo vital inmediato para el paciente, las series temporales evidencian una volatilidad equivalente a la del grupo anterior. Esta inestabilidad en los patrones de consumo hace indispensable un dimensionamiento dinámico de los lotes de reposición, garantizando así la cobertura clínica sin incurrir en ineficiencias financieras.

Figura 8-2: Demanda mensual (2023-2025) para medicamentos de la clase AE.



Fuente: Elaboración propia a partir de registros históricos del recinto hospitalario.

Finalmente, la Figura 8-3 ilustra la evolución histórica de la demanda para el subgrupo AD. Aunque la falta temporal de estos medicamentos suele ser manejable al pertenecer a la categoría Deseables, las grandes variaciones en su consumo requieren un control logístico más riguroso. Esta alta volatilidad obliga a implementar políticas de revisión que logren equilibrar la operación, mitigando tanto el riesgo de sobreabastecimiento e inmovilización de activos, como la necesidad de recurrir a compras reactivas de urgencia.

Figura 8-3: Demanda mensual (2023-2025) para medicamentos de la clase AD.



Fuente: Elaboración propia a partir de registros históricos del recinto hospitalario.

Conforme a estos gráficos, los periodos evidencian el impacto logístico de la transición hacia las nuevas dependencias del recinto hospitalario, confirmando un comportamiento disperso. En lugar de seguir una tendencia lineal, los datos muestran aumentos y disminuciones notables. En la actualidad, enfrentar estos constantes cambios depende de estimaciones manuales sin un respaldo matemático, lo que respalda la necesidad de aplicar algoritmos predictivos avanzados que consigan capturar estas variaciones. No obstante, para que el modelo pueda cumplir con precisión, primero es necesario aplicar una metodología que permita segmentar estas variabilidades.

8.3.2 Análisis XYZ

Para clasificar el inventario según la estabilidad y variabilidad de su demanda, se aplicó la clasificación XYZ mediante el cálculo del coeficiente de variación (CV) para cada medicamento. A partir de este indicador, los artículos fueron asignados a las categorías de control correspondientes (Clases X, Y y Z), de acuerdo con la formulación matemática y los límites estadísticos definidos previamente en la sección metodológica (ver Sección 7.6.3), permitiendo diferenciar su comportamiento de demanda y orientar posteriormente su pronóstico y gestión de inventario.

Tras la implementación de esta parametrización de acuerdo con los registros históricos y la segmentación del análisis por año de operación, se presentan los resultados consolidados de la bodega en funcionamiento, lo que demuestra una evolución significativa en el comportamiento del consumo, tal como se expone en la Tabla 8-7:

Tabla 8-7: Tabla de evolución anual de la variabilidad de demanda (Clasificación XYZ).

Categoría	**Clasificación**	**Artículos 2023**	**Artículos 2024**	**Artículos 2025**	**(%) 2025**
Demanda estable y predecible	Clase X	25	53	95	19,0 %
Demanda cíclica o estacional	Clase Y	110	166	173	34,6 %
Demanda impredecible y baja frecuencia	Clase Z	312	246	232	46,4 %
Total		**447**	**465**	**500**	**100,0 %**

El análisis de la Tabla 8-7 refleja el impacto del quiebre estructural provocado por la transición hacia el nuevo recinto hospitalario. Durante el año 2023, la inestabilidad operativa posicionó a 312 artículos (cerca del 70 % del catálogo de ese periodo) dentro de la Clase Z. Sin embargo, a medida que la operación clínica logró afianzarse, se observa una migración progresiva hacia la estabilidad. Para el cierre del año 2025, los medicamentos de Clase X casi cuadruplicaron su presencia inicial, consolidando un 19,0 % del total del catálogo modelado.

Comprender esta evolución resulta relevante para la clasificación de los medicamentos según la variabilidad reciente de su consumo. Debido a que el año 2023 estuvo condicionado por la transición hacia el nuevo recinto hospitalario, para la clasificación XYZ definitiva se utilizó el comportamiento registrado durante 2025, buscando representar de mejor manera las condiciones operativas más recientes del establecimiento.

8.3.3 Análisis de ABC-VED-XYZ

La consolidación de los análisis ABC, VED y XYZ permite establecer una matriz tridimensional que segmenta el inventario de manera integral. Esta metodología cruza el impacto económico, el riesgo clínico y el comportamiento histórico de la demanda, agrupando los artículos en tres grandes niveles de gestión o Categorías de Control (I, II y III).

Esta agrupación asigna políticas de inventario diferenciadas, determinando qué medicamentos requerirán un modelo de revisión continua y cuáles podrán gestionarse bajo parámetros más flexibles. Esta segmentación facilita la asignación de estrategias de abastecimiento acordes con las características de cada grupo y permite asignar los recursos de gestión en los medicamentos más relevantes. La distribución de estos dentro de esta matriz se presenta en la Tabla 8-8:

Tabla 8-8: Tabla matriz tridimensional ABC-VED-XYZ.

Matriz ABC-VED-XYZ	**Categoría I**					**Categoría II**			**Categoría III**	**Total**
	AV	**AE**	**AD**	**BV**	**CV**	**BE**	**BD**	**CE**	**CD**	
X	7	3	10	14	7	23	14	9	8	95
Y	10	17	13	15	23	15	17	29	34	173
Z	6	7	4	9	37	17	9	61	82	232
Total	**182**					**194**			**124**	**500**

De acuerdo con el análisis matricial anterior se obtienen los siguientes lineamientos:

- **Categoría I:** Corresponde al nivel de mayor prioridad dentro de la matriz multicriterio, agrupando 182 medicamentos cuya combinación de impacto económico y criticidad clínica requiere un mayor grado de seguimiento y control logístico.
- **Categoría II:** Agrupa 194 medicamentos de prioridad intermedia, para los cuales las características económicas y clínicas permiten aplicar mecanismos de control menos intensivos que los establecidos para la Categoría I.
- **Categoría III:** Agrupa 124 medicamentos de menor prioridad dentro de la matriz, permitiendo políticas de abastecimiento y seguimiento flexibles de acuerdo con sus características.

8.3.4 Definición del alcance para el modelo de inventarios

La investigación se delimitará exclusivamente a los medicamentos de la categoría I con comportamiento de demanda X e Y. Esto permite destinar los recursos en los medicamentos de mayor prioridad dentro de la matriz multicriterio, cuyo consumo regular facilita la aplicación de series de tiempo. En consecuencia, se excluyen la Clase Z y la Categoría II y III, por motivos del desarrollo de los modelos a partir de los medicamentos con más participación en el hospital.

8.4 Elección de medicamentos

La selección de los medicamentos se realizó a partir de la priorización obtenida mediante la matriz ABC–VED–XYZ. El análisis se concentró en los medicamentos pertenecientes a la Categoría I y clasificados con comportamiento de demanda X o Y, excluyendo los artículos de clase Z debido a la elevada irregularidad de sus series de consumo.

Dentro de los grupos con comportamiento X se incorporó la totalidad de los medicamentos AVX y AEX, correspondientes a siete y tres artículos, respectivamente. En los grupos AVY y AEY, cuyo número de medicamentos era mayor, se seleccionaron cinco artículos de cada grupo, priorizando aquellos que presentaban una mayor calidad y continuidad histórica de los registros. Este criterio permitió disponer de series mensuales suficientes y consistentes para la aplicación y comparación de los modelos de pronóstico.

De esta manera, el conjunto final quedó conformado por 20 medicamentos distribuidos entre los grupos AVX, AVY, AEX y AEY.

8.4.1 Clasificación de grupo

Para facilitar el análisis, los medicamentos de la Categoría I se organizaron en cuatro casos que combinan su criticidad clínica con la variabilidad de su consumo:

- Grupo 1 (AVX): Compuesto por medicamentos vitales y comportamiento estable. Exigen pronósticos precisos para evitar desabastecimiento sin inmovilizar capital excesivo.
- Grupo 2 (AVY): Incluye insumos vitales con demanda variable. Requieren algoritmos que se adapten rápidamente a incrementos bruscos ocasionados por emergencias clínicas.
- Grupo 3 (AEX): Agrupa artículos esenciales de rotación constante. Su análisis está enfocado en el control financiero estricto y la optimización de los tamaños de los lotes de compra.
- Grupo 4 (AEY): Contempla fármacos esenciales con patrones de consumo variados. Precisan modelos capaces de capturar estacionalidades y tendencias imprevisibles.

A continuación, en la tabla 8-9, se detalla la muestra seleccionada, la cual ha sido ordenada jerárquicamente según su nivel de criticidad y comportamiento (desde la mayor urgencia AVX hasta AEY) para facilitar su análisis:

Tabla 8-9: Tabla de clasificación ABC-VED-XYZ sobre la categoría I

Descripción del Fármaco	ABC	VED	XYZ
Grupo 1: VITALES Y VARIABILIDAD ESTABLE (AVX)			
ENOXAPARINA 40 MG	A	V	X
METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	A	V	X
HEPARINA 25.000 UI/5ML	A	V	X
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	A	V	X
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	A	V	X
INSULINA ASPARTATO RECOMB. ULTRARRAPIDA 100ML	A	V	X
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	A	V	X
Grupo 2: VITALES Y VARIABILIDAD MEDIA (AVY)			
AZTREONAM 1 G FA	A	V	Y
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	A	V	Y
GLUCAGON 1MG	A	V	Y
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA +JERINGA SVTE	A	V	Y
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	A	V	Y
Grupo 3: ESENCIALES Y VARIABILIDAD ESTABLE (AEX)			
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	A	E	X
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML (ENBREL)	A	E	X
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	A	E	X
Grupo 4: ESENCIALES Y VARIABILIDAD MEDIA (AEY)			
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	A	E	Y
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	A	E	Y
LINAGLIPTINA 5 MG CM	A	E	Y
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	A	E	Y
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	A	E	Y

Una vez definida la muestra de medicamentos y establecidos los grupos de análisis, se requiere una herramienta capaz de integrar los registros históricos con los modelos matemáticos propuestos. Para ello, es necesario desarrollar alguna plataforma, mediante la cual se automatice el procesamiento de la información y la aplicación de los modelos de pronóstico de demanda y gestión de inventarios sobre los fármacos seleccionados.

8.5 Desarrollo de la plataforma MODEFA

A partir de los requerimientos identificados durante el diagnóstico y de la clasificación previamente desarrollada, se implementó la plataforma de Modelamiento de Fármacos (MODEFA), diseñada para apoyar la gestión de abastecimiento del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca. La herramienta integra en un mismo entorno los registros históricos, la aplicación de modelos de pronóstico de demanda y la simulación de políticas de inventario, permitiendo transformar los datos disponibles en parámetros cuantitativos para la toma de decisiones.

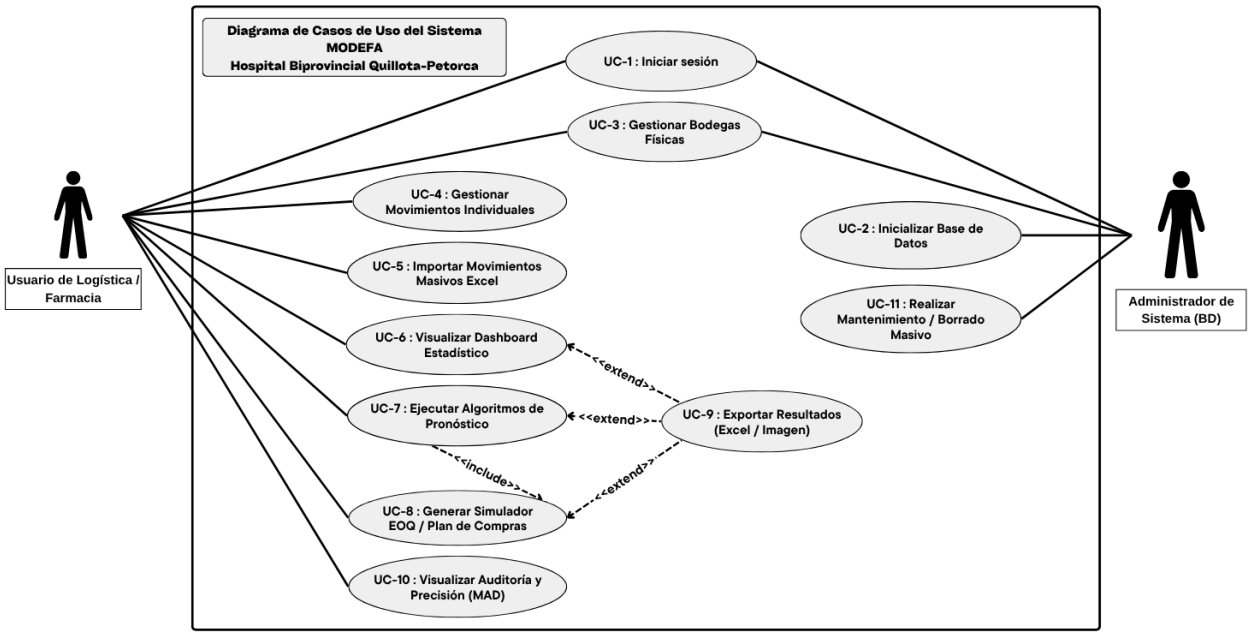
De esta manera, MODEFA constituye la herramienta computacional mediante la cual se desarrollan los análisis presentados en las siguientes secciones, comenzando con la evaluación de los modelos de pronóstico y continuando posteriormente con el cálculo de los parámetros asociados al lote económico de compra y la gestión del inventario.

8.5.1 Arquitectura del sistema

Para garantizar la efectividad de las políticas de inventario, MODEFA se desarrolló como un software que estandariza las decisiones logísticas. Su arquitectura proporciona una implementación dual mediante una aplicación local y una plataforma web, las cuales operan de manera similar, garantizando la accesibilidad completa del sistema en el establecimiento.

El proceso de diseño de la plataforma inició con el levantamiento y modelado de sus requerimientos funcionales. Durante esta fase preliminar se definieron las interacciones que ocurren entre los usuarios logísticos y la base de datos relacional. Esta estructura quedó formalizada visualmente mediante el diagrama de casos de Uso, tal como se presenta en la ilustración 8-4.

Figura 8-4: Diagrama de casos de uso del sistema MODEFA



Fuente: Elaboración propia

El diagrama organiza el funcionamiento de MODEFA en dos perfiles: el usuario operativo y el administrador del sistema. La definición de estos perfiles permite establecer las responsabilidades y funciones por tipo de usuario, abarcando desde el registro y gestión de datos hasta la ejecución de pronósticos y la simulación de políticas de compra mediante el modelo de lote económico. Esta estructura es la base para el posterior desarrollo e implementación de la plataforma.

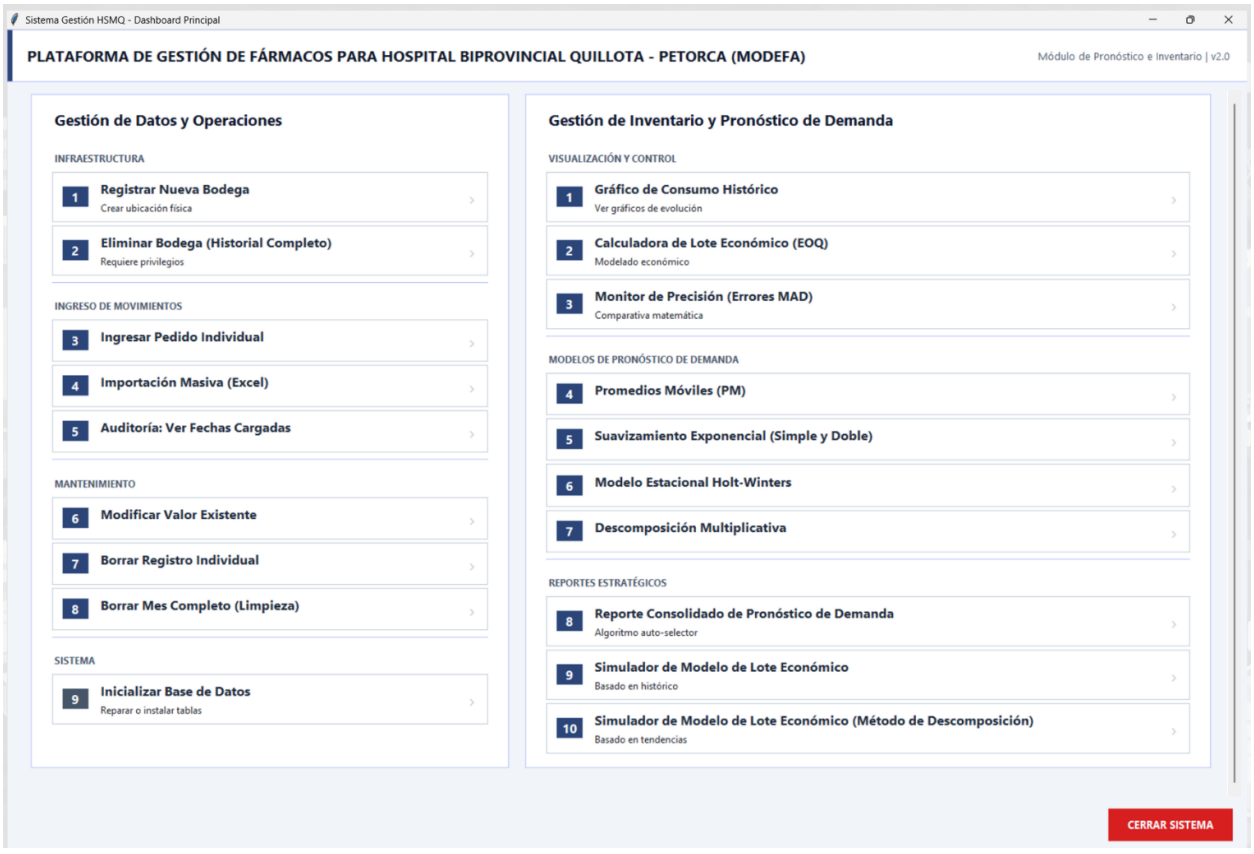
8.5.2 Implementación del sistema

Siguiendo los lineamientos de Krajewski et al. (2008) para el diseño de sistemas predictivos, se definió el entorno computacional necesario para el desarrollo de MODEFA. La plataforma fue programada en Python, mientras que SQL se utilizó para la gestión y almacenamiento de la información. Su estructura se compone de 37 funciones programadas, encargadas de ejecutar los distintos procesos, modelos matemáticos y requerimientos funcionales definidos previamente.

A partir de esta arquitectura, MODEFA se consolidó como una plataforma operativa, estructurada mediante una interfaz gráfica de usuario y un panel de control interactivo. Su implementación permite integrar en un mismo entorno el procesamiento de datos, la generación de pronósticos y la simulación de políticas de inventario.

De este modo, la aplicación materializa los casos de uso definidos durante la etapa de diseño, procesando los registros históricos del hospital y transformándolos en información útil para apoyar la gestión del abastecimiento. En una primera instancia, la plataforma fue implementada mediante un entorno de ejecución local, cuya interfaz principal se presenta en la Figura 8-5.

Figura 8-5: Interfaz de usuario del panel de control MODEFA (Desarrollo en Python)



Fuente: Elaboración propia

8.5.3 Descripción funcional de los módulos

El sistema despliega un panel de control estructurado con el objetivo de optimizar la toma de decisiones. Tal como se expone a través de la ilustración 8-5, se visualiza una interfaz principal compuesta por cinco módulos operativos, los cuales cubren el ciclo completo de la gestión de inventarios:

1. Módulo de sistema e infraestructura: Gestiona la configuración inicial y la arquitectura virtual de las bodegas, permitiendo escalar la herramienta a múltiples lugares dentro de la red hospitalaria.

2. Módulo de gestión transaccional: Herramientas dedicadas al registro operativo del flujo de inventario. Incorpora capacidades de depuración y ajuste de datos (modificación y eliminación) para asegurar la integridad, exactitud y trazabilidad de los registros históricos.

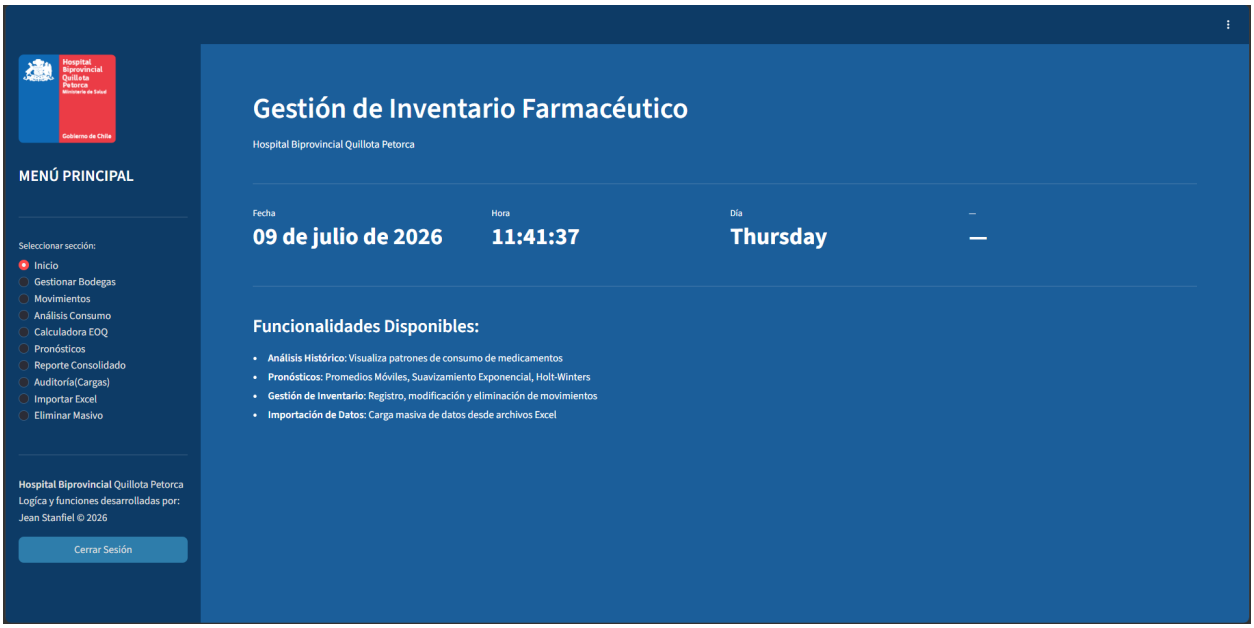
3. Módulo de pronóstico farmacéutico: Sección que comprende los algoritmos de series de tiempo (promedio móvil, suavizamiento exponencial, Holt-Winters, etc.). Estos permiten parametrizar variables matemáticas y graficar la demanda versus el pronóstico.

4. Módulo de visualización y control: Herramienta encargada de graficar la demanda y la evolución del gasto histórico. Además, integra un simulador del Lote Económico de Compras (EOQ) para proyectar el abastecimiento óptimo considerando la herramienta anterior, y un monitor de precisión que permite comparar los márgenes de error (MAD) de los pronósticos.

5. Módulo de exportación de reportes estratégicos: Sección que permite la descarga consolidada de todos los informes, simulaciones y resultados generados por el sistema, estructurándolos de manera automatizada en formato Excel para su análisis externo o presentación.

Adicionalmente, como parte de su estrategia de escalabilidad y para garantizar la disponibilidad descentralizada de los datos, el sistema es accesible mediante una plataforma web alojada en la nube del establecimiento. Esta evolución en la arquitectura permite a los profesionales de la unidad logística interactuar con los indicadores de desempeño y gestionar sus pedidos, facilitando una toma de decisiones colaborativa y en tiempo real, tal como se evidencia en la Figura 8-6.

Figura 8-6: Interfaz de usuario del panel de control MODEFA (Desarrollo WEB)



Fuente: Elaboración propia

A partir de esta consolidación tecnológica, el sistema es capaz de procesar, analizar y visualizar el comportamiento logístico de cualquier artículo del inventario. Por consiguiente, en las siguientes secciones se expondrán los resultados prácticos obtenidos de acuerdo con los fármacos de la tabla 8-9, los cuales serán presentados en gráficas de pronóstico y métricas de error que genera el propio software MODEFA en su entorno operativo.

8.6 Métodos de pronóstico de demanda

Una vez definida la selección de medicamentos presentada en la Tabla 8-9 e implementada la plataforma MODEFA, se aplicó el procedimiento de pronóstico establecido en la Sección 7.7.1. Para cada fármaco seleccionado, el sistema procesó su serie histórica de consumo mediante las nueve configuraciones predictivas definidas previamente y comparó su desempeño a partir de las métricas de error MAD y RMSE.

La evaluación se realizó de manera individual para cada medicamento, permitiendo identificar el modelo que presentó el mejor ajuste a su comportamiento histórico. De esta forma, MODEFA automatiza la comparación entre los distintos métodos y genera las proyecciones de demanda que posteriormente son utilizadas como entrada para la formulación de las políticas de inventario.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de este procedimiento a los medicamentos seleccionados.

8.7 Casos aplicados

Después de haber explicado el procedimiento de pronóstico, se aplicaron los modelos predictivos integrados en MODEFA a los medicamentos seleccionados. Para presentar en detalle el funcionamiento de la plataforma, se analizaron inicialmente los fármacos pertenecientes al Grupo 1 (AVX), estableciendo como horizonte de evaluación el mes de agosto de 2026.

Este análisis compara el desempeño de todos los modelos frente a los patrones de consumo de cada medicamento, evaluando su ajuste y precisión mediante las métricas antes definidas. Posteriormente, los resultados de los grupos restantes se presentarán de manera consolidada.

8.7.1 Procedimiento aplicado al grupo 1 (AVX)

8.7.1.1 Enoxaparina 40 mg

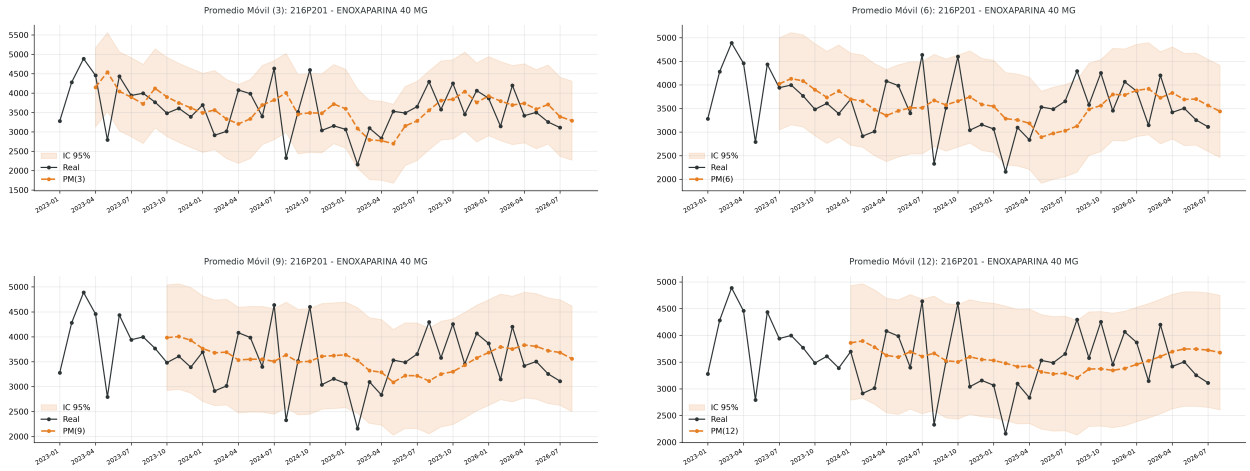
El primer caso de estudio aborda la Enoxaparina, un fármaco anticoagulante utilizado en procedimientos quirúrgicos y en las Unidades de Paciente Crítico (UPC). Dada su clasificación AVX, se presenta como de alto impacto financiero con un consumo elevado y constante. Esto lo posiciona como un artículo altamente sensible, el cual exige pronósticos precisos.

Figura 8-7: Foto referencia Enoxaparina 40 mg



Para comenzar el análisis, se evaluó el comportamiento de la demanda utilizando el método de promedios móviles con distintas ventanas de tiempo, tal como se muestra en la Figura 8-8.

Figura 8-8: Pronósticos mediante promedios móviles para Enoxaparina 40 mg.

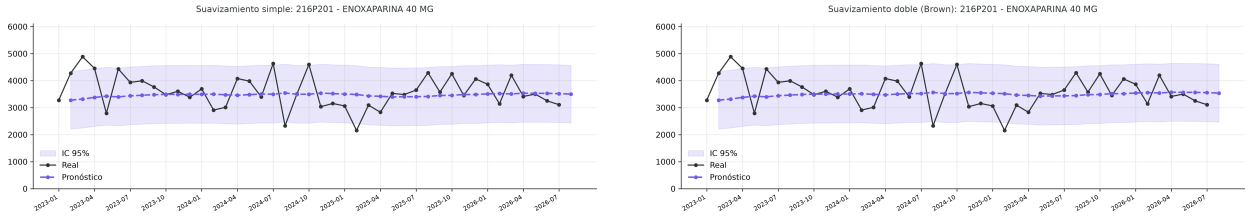


Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

Como se evidencia en las gráficas anteriores, los modelos estáticos basados en promedios presentan un rezago significativo. Al ponderar de manera equitativa los periodos de bajo consumo histórico con la nueva realidad clínica, el algoritmo subestima la demanda actual, entregando un pronóstico que al tener mayor rango de promedios, éste suele suavizar más la curva, ya que toma datos históricos de acuerdo con eventos puntuales.

Posteriormente, se aplicaron técnicas de suavizamiento exponencial (Simple y el Método de Brown), cuyo propósito es otorgar mayor peso a los datos recientes para intentar capturar la tendencia lineal. Los resultados gráficos representativos de esta aplicación se referencian en la Figura 8-9.

Figura 8-9: Pronósticos mediante suavizamiento simple y doble para Enoxaparina 40 mg.

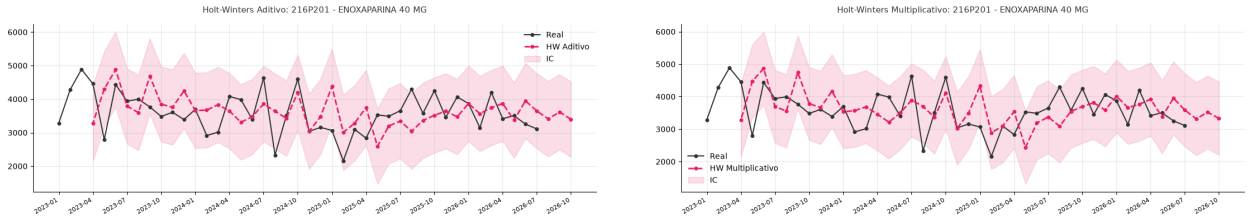


Fuente: Elaboración propia a partir de registros históricos del recinto hospitalario.

De acuerdo con los gráficos, ambos modelos se ven limitados por la variabilidad de los datos. El suavizamiento simple asume una demanda estacionaria, generando una proyección plana que subestima el volumen real al no detectar tendencias. Por otra parte, el suavizamiento doble incorpora un factor tendencial al alza; sin embargo, el salto estructural supera su capacidad de ajuste rápido, provocando elevados márgenes de error y una curva predictiva inestable.

Ante la posibilidad de que existan patrones cíclicos ocultos, se modeló mediante los algoritmos de Holt-Winters en sus variantes aditiva y multiplicativa, presentados en la Figura 8-10.

Figura 8-10: Pronósticos mediante Holt-Winters aditivo y multiplicativo para Enoxaparina 40 mg.

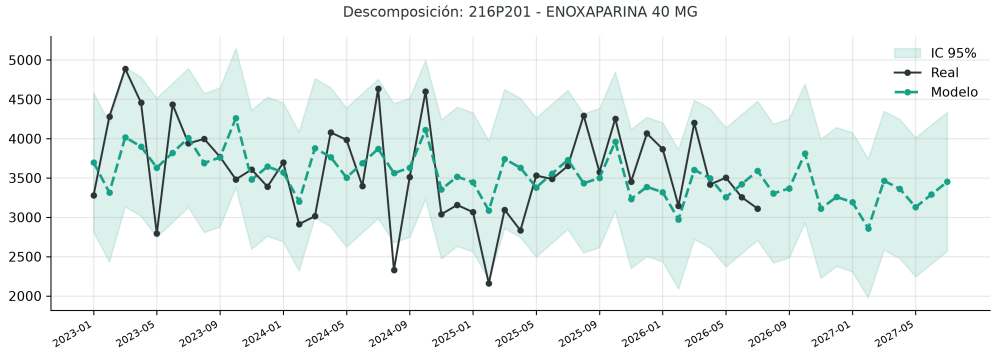


Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

El análisis visual de estos modelos revela que la nueva tendencia creciente distorsiona la proyección de estacionalidad. Los algoritmos de Holt-Winters fuerzan un patrón cíclico, lo que resulta en intervalos de confianza amplios y poco precisos para las decisiones operativas.

Finalmente, se implementó el método de descomposición multiplicativa, el cual aísla de manera independiente los componentes de tendencia, estacionalidad y ruido de la serie. El ajuste de este modelo sobre los datos reales se detalla en la Figura 8-11.

Figura 8-11: Pronóstico mediante Descomposición Multiplicativa para Enoxaparina 40 mg.



Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

A diferencia de los métodos previos, la descomposición multiplicativa logra una adaptación superior. Al separar los componentes, el algoritmo aísla la variabilidad del consumo, equilibrando la proyección central y estableciendo un intervalo de confianza más ajustado a la realidad.

Finalmente, el análisis completo se presenta en la Tabla 8-10 consolidando el desempeño de los modelos. Estos indicadores confirman la superioridad de la descomposición multiplicativa, modelo que logra minimizar las desviaciones de la muestra con un MAD de 440 y un RMSE de 536, consolidándose como la alternativa predictiva más precisa y robusta entre todas las opciones.

Tabla 8-10: Tabla comparativa de errores y pronósticos para Enoxaparina 40 mg.

Método	**Pronóstico [Unid]**	**Lím. Inf [Unid]**	**Lím. Sup [Unid]**	**MAD [Unid]**	**RMSE [Unid]**
Promedio Móvil (3)	3.290	2.271	4.309	489	618
Promedio Móvil (6)	3.439	2.462	4.416	486	592
Promedio Móvil (9)	3.558	2.499	4.616	542	642
Promedio Móvil (12)	3.679	2.608	4.749	546	649
Suavizamiento Simple ($\alpha = 0,04$)	3.505	2.436	4.573	500	648
Suavizamiento Doble (Método Brown) ($\alpha = 0,02$)	3.542	2.474	4.611	502	648
HW Multiplicativo ($\alpha = 0,123; \beta = 0,000; \gamma = 0,474$)	3.316	2.192	4.440	552	681
HW Aditivo ($\alpha = 0,103; \beta = 0,000; \gamma = 0,510$)	3.321	2.197	4.445	554	681
Descomposición Multiplicativa	3.304	2.420	4.188	440	536

8.7.1.2 Metamizol 1 GR/2ML.

El segundo caso de estudio corresponde al Metamizol, un analgésico y antipirético de uso transversal en las distintas unidades del hospital. Este fármaco presenta un volumen de mayor consumo y caracterizado por una alta volatilidad, alternando aumentos y caídas a lo largo de los periodos evaluados, con una notable estabilidad en el primer semestre del 2025.

Figura 8-12: Foto referencia Metamizol 1GR/2ML.



Para iniciar con el análisis, se evaluó el comportamiento de la demanda utilizando el método de promedios móviles con las mismas ventanas de tiempo presentadas anteriormente, tal como se detalla a continuación en la figura 8-13.

Figura 8-13: Pronósticos mediante promedios móviles para Metamizol 1GR/2ML.

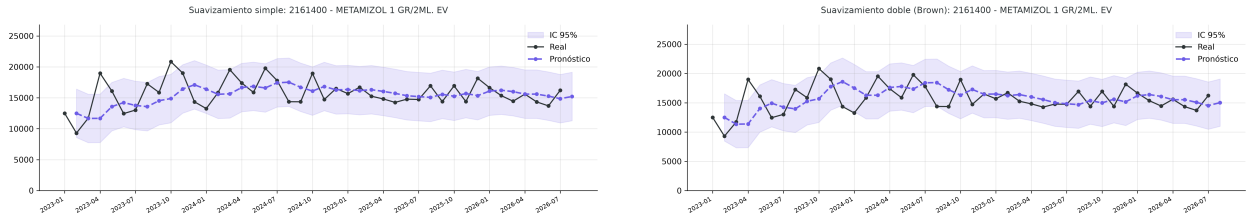


Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

Al comparar las cuatro configuraciones, se observa que las ventanas más cortas presentan una mayor sensibilidad frente a las variaciones mensuales de la demanda. A medida que aumenta el número de períodos considerados, la curva de pronóstico se suaviza y reduce su respuesta frente a variaciones puntuales. En particular, el promedio móvil de 12 períodos genera una trayectoria más estable, manteniéndose próxima al comportamiento central observado durante los últimos periodos.

Posteriormente, se aplicaron los métodos de suavizamiento exponencial simple y doble (Método Brown), cuyos resultados se presentan en la Figura 8-14. Ambos modelos generan trayectorias que siguen el comportamiento general de la demanda, reduciendo el efecto de las variaciones mensuales observadas en la serie histórica.

Figura 8-14: Gráfico de pronósticos con suavizamiento simple y doble para Metamizol 1GR/2ML.

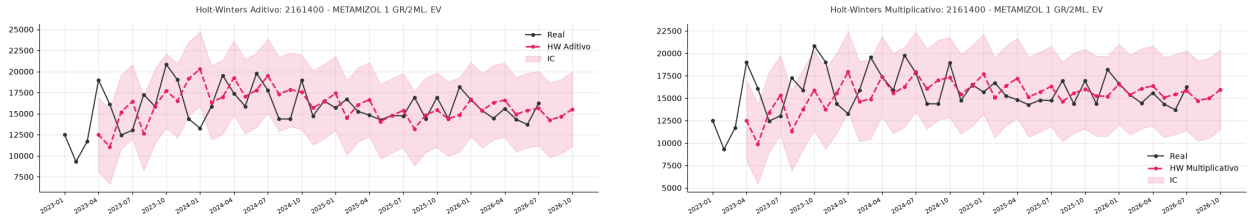


Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

En particular, el suavizamiento simple presenta una evolución más estable, ajustándose de manera gradual a los cambios recientes del consumo. Por su parte, el método de Brown incorpora el componente de tendencia y muestra una mayor sensibilidad frente a las variaciones de la serie. Sin embargo, visualmente no se observa una mejora sustancial respecto del suavizamiento simple, por lo que su desempeño debe ser contrastado posteriormente mediante las métricas de error.

A continuación, se evaluaron los modelos Holt-Winters en sus variantes aditiva y multiplicativa, cuyos resultados se presentan en la Figura 8-15.

Figura 8-15: Gráfico de pronósticos con Holt-Winters aditivo y multiplicativo para Metamizol 1GR/2ML.



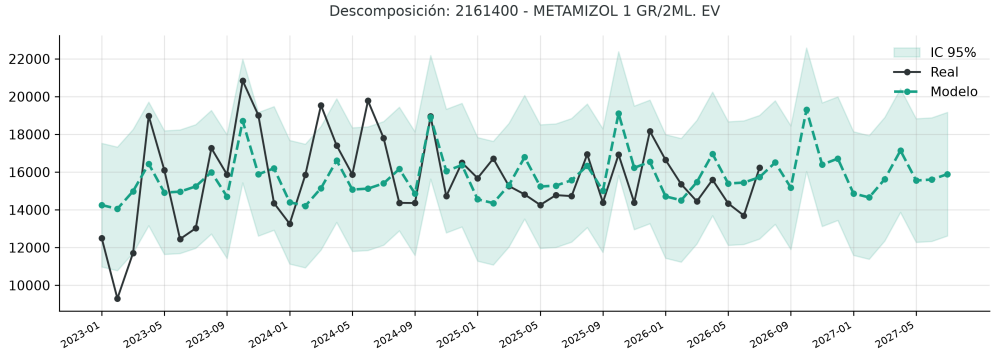
Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

Al evaluar los modelos de Holt-Winters, se evidencia que intentan replicar un patrón estacional en la demanda de Metamizol. Sin embargo, la alta volatilidad del fármaco genera proyecciones imprecisas y amplios intervalos de confianza. Al ser incapaces de estabilizar el ruido de la

serie, estos algoritmos reflejan una elevada incertidumbre predictiva, lo que se traduce en mayores márgenes de error en comparación con modelos más conservadores.

Finalmente, se aplicó el método de descomposición multiplicativa, cuyo ajuste se presenta en la Figura 8-16. Este procedimiento separa los componentes de tendencia y estacionalidad de la serie, permitiendo representar las variaciones históricas desde una estructura diferente a los modelos anteriores.

Figura 8-16: Gráfico de pronóstico con descomposición multiplicativa para Metamizol 1GR/2ML.



Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

Visualmente, la descomposición multiplicativa presenta una adaptación superior. Al procesar la serie mediante el aislamiento de sus componentes, el algoritmo logra anticipar con mayor fidelidad la demanda del fármaco y estabiliza el intervalo de confianza, absorbiendo eficazmente la alta volatilidad que caracteriza a este insumo.

El análisis detallado en la Tabla 8-11 consolida el rendimiento predictivo de los algoritmos evaluados. Los resultados revelan que el modelo de promedio móvil de 12 periodos es estadísticamente superior frente al resto. Este método registra los valores más bajos con un MAD de 1.438 y un RMSE de 1.714. Por otra parte, el modelo de descomposición multiplicativa se posiciona como la segunda mejor opción para pronosticar las necesidades de este medicamento.

Tabla 8-11: Tabla comparativa de errores y pronósticos para Metamizol 1 GR/2ML.

Método	**Pronóstico [Unid]**	**Lím. Inf [Unid]**	**Lím. Sup [Unid]**	**MAD [Unid]**	**RMSE [Unid]**
Promedio Móvil (3)	14.755	10.395	19.115	2.041	2.643
Promedio Móvil (6)	14.946	11.529	18.362	1.688	2.071
Promedio Móvil (9)	15.431	11.887	18.976	1.696	2.148
Promedio Móvil (12)	15.596	12.767	18.424	1.438	1.714
Suavizamiento Simple ($\alpha = 0,26$)	15.218	11.303	19.133	1.795	2.373
Suavizamiento Doble (Método Brown) ($\alpha = 0,18$)	15.027	10.993	19.062	1.837	2.445
HW Multiplicativo ($\alpha = 0,1716; \beta = 0,2674; \gamma = 0,1618$)	14.421	9.762	19.081	2.091	2.824
HW Aditivo ($\alpha = 0,1077; \beta = 0,9999; \gamma = 0,0845$)	13.912	9.385	18.439	2.018	2.743
Descomposición Multiplicativa	16.508	13.233	19.784	1.641	1.985

8.7.1.3 Heparina 25.000 UI/5ML

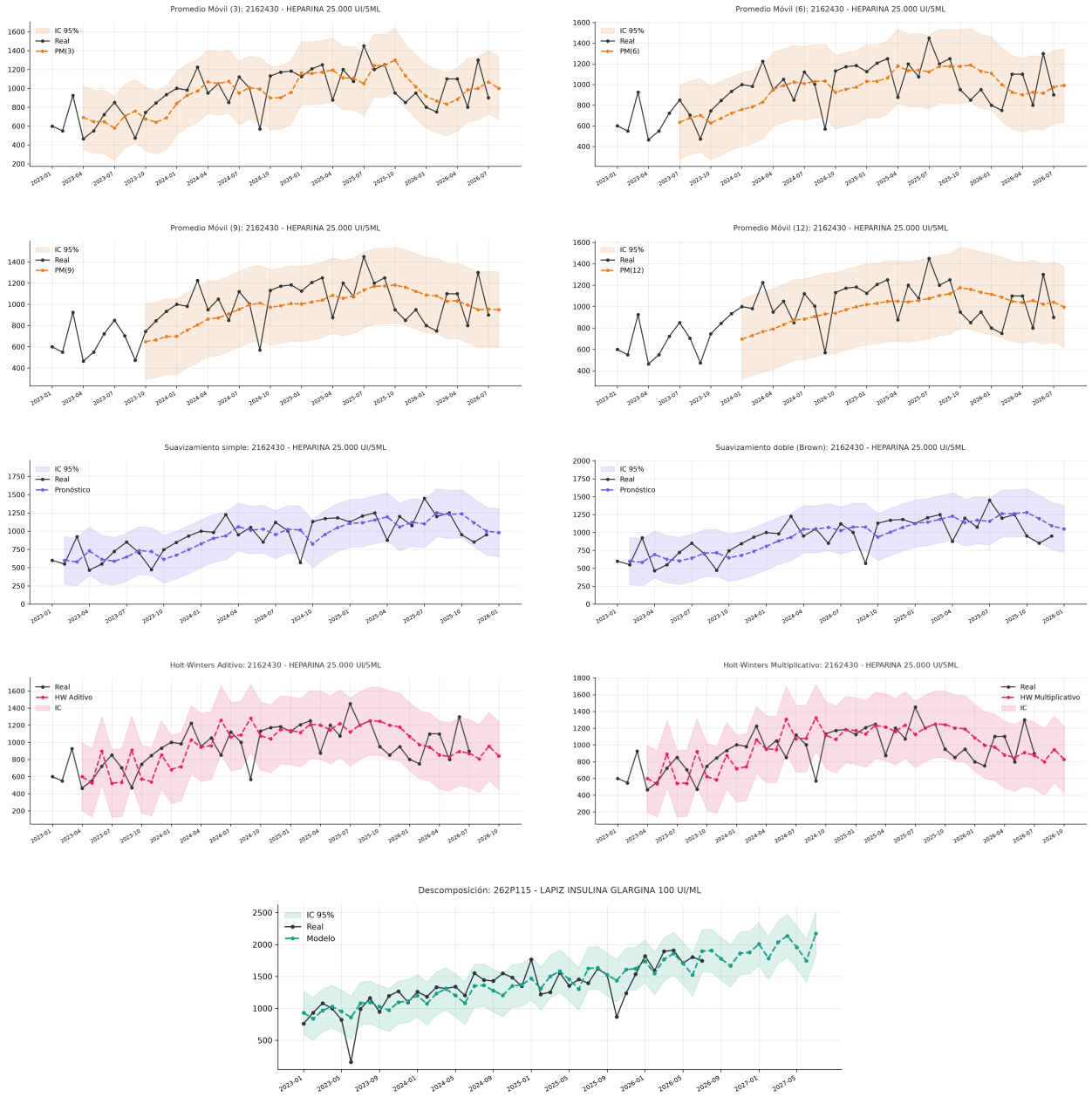
El tercer caso de estudio corresponde a la Heparina, un fármaco anticoagulante de alto impacto clínico. Al igual que los casos anteriores, su consumo presenta cambios importantes a lo largo del horizonte evaluado, exigiendo un análisis detallado para identificar el modelo predictivo más adecuado.

Figura 8-17: Foto referencia Heparina 25.000 UI/5ML



A diferencia del desglose individual, la Figura 8-18 presenta una matriz consolidada con los nueve modelos matemáticos aplicados sobre la serie temporal de la Heparina. Esto permite una comparación visual directa de cómo cada algoritmo procesa su variabilidad y ajusta sus proyecciones y bandas de confianza.

Figura 8-18: Gráficos consolidados de pronósticos para Heparina 25.000 UI/5ML.



Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

La matriz revela que los métodos estáticos se rezagan ante los aumentos de consumo, mientras que los modelos de suavizamiento y Holt-Winters reaccionan con agilidad, pero generan bandas de confianza amplias debido al ruido. En contraste, la descomposición multiplicativa logra el ajuste más equilibrado al aislar la volatilidad y estabilizar los intervalos predictivos.

En la Tabla 8-12 se comparan todos los métodos. Entre las alternativas analizadas, la descomposición multiplicativa presenta los menores indicadores de error, con un MAD de 161 y un RMSE de 187. Estos resultados muestran una mejor capacidad de ajuste frente a la variabilidad histórica, superando a los otros métodos. En consecuencia, MODEFA selecciona la descomposición multiplicativa como el modelo de mejor desempeño para el pronóstico de demanda.

Tabla 8-12: Tabla comparativa de errores y pronósticos para Heparina 25.000 UI/5ML.

Método	**Pronóstico [Unid]**	**Lím. Inf [Unid]**	**Lím. Sup [Unid]**	**MAD [Unid]**	**RMSE [Unid]**
Promedio Móvil (3)	1.000	664	1.336	168	203
Promedio Móvil (6)	992	636	1.347	185	215
Promedio Móvil (9)	950	594	1.306	185	216
Promedio Móvil (12)	996	619	1.372	203	228
Suavizamiento Simple ($\alpha = 0,32$)	1.004	671	1.336	168	202
Suavizamiento Doble (Método Brown) ($\alpha = 0,15$)	994	656	1.332	166	205
HW Multiplicativo ($\alpha = 0,0808; \beta = 0,5325; \gamma = 0,1837$)	800	403	1.197	179	241
HW Aditivo ($\alpha = 0,0791; \beta = 0,5732; \gamma = 0,1421$)	789	392	1.185	185	240
Descomposición Multiplicativa	1.189	881	1.498	161	187

8.7.1.4 Lapiz insulina glargina 100 UI/ML

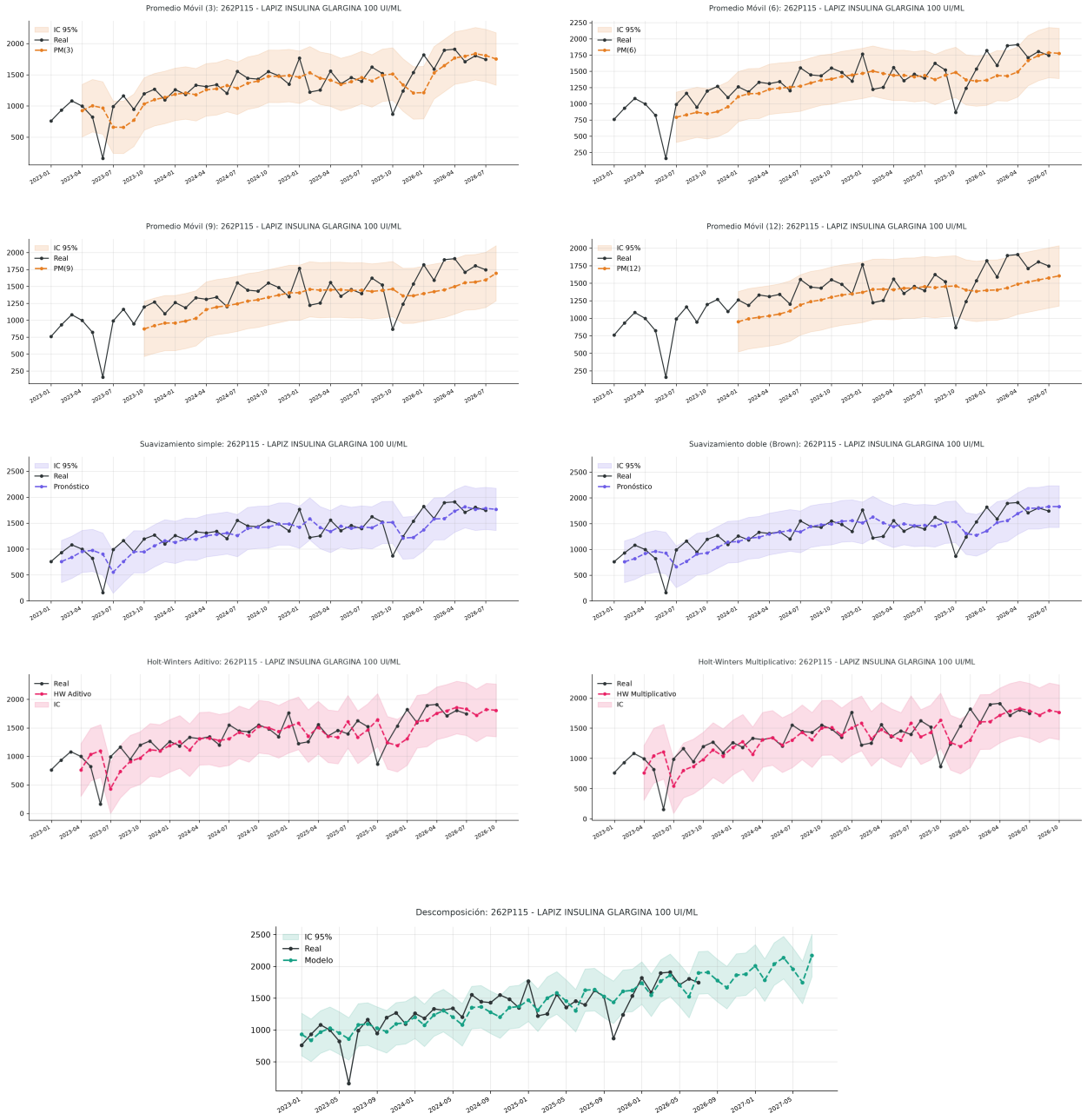
El cuarto caso corresponde a la Insulina Glargina, medicamento para el tratamiento de pacientes diabéticos. Su serie histórica presenta una tendencia creciente desde el segundo semestre de 2023, acompañada de variaciones puntuales. Este comportamiento permite evaluar la capacidad de los modelos para representar una demanda en crecimiento con variaciones de corto plazo.

Figura 8-19: Foto referencia Lápiz Insulina Glargina 100 UI/ML



Para facilitar la evaluación, la Figura 8-20 presenta una matriz consolidada con los nueve modelos matemáticos aplicados sobre la serie temporal de la Insulina Glargina. Esta estructura permite visualizar la reacción de cada método ante el crecimiento continuo de la demanda.

Figura 8-20: Gráficos consolidados de pronósticos para Lápiz Insulina Glargina 100 UI/ML.



Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

Al observar la matriz gráfica, queda en evidencia que los métodos estáticos presentan un rezago frente a la tendencia creciente, entregando proyecciones que subestiman el consumo real, especialmente en ventanas más largas. Por su parte, los modelos de suavizamiento exponencial y la familia Holt-Winters reaccionan ante el aumento de la pendiente, pero su sensibilidad a las caídas puntuales genera bandas de confianza amplias. Visualmente, el modelo de descomposición multiplicativa evidencia un ajuste superior, logrando seguir la tendencia estructural de crecimiento mientras estabiliza el intervalo de predicción frente al ruido de la serie.

El análisis detallado en la Tabla 8-13 consolida el rendimiento predictivo de los algoritmos evaluados. Las métricas resultantes presentaron los menores indicadores de error para la descomposición multiplicativa. Al lograr asimilar la fuerte tendencia al alza y aislar simultáneamente la variabilidad de la serie, este modelo minimiza las desviaciones, registrando los indicadores de error más bajos de toda la evaluación con un MAD de 146 y un RMSE de 202, lo que consolida dicho modelo como la mejor alternativa.

Tabla 8-13: Tabla comparativa de errores y pronósticos para Lápiz Insulina Glargina 100 UI/ML.

Método	**Pronóstico [Unid]**	**Lím. Inf [Unid]**	**Lím. Sup [Unid]**	**MAD [Unid]**	**RMSE [Unid]**
Promedio Móvil (3)	1.753	1.333	2.174	180	255
Promedio Móvil (6)	1.776	1.389	2.163	186	235
Promedio Móvil (9)	1.694	1.287	2.102	209	247
Promedio Móvil (12)	1.605	1.174	2.036	224	261
Suavizamiento Simple ($\alpha = 0,47$)	1.766	1.359	2.172	173	246
Suavizamiento Doble (Método Brown) ($\alpha = 0,18$)	1.831	1.426	2.236	172	245
HW Multiplicativo ($\alpha = 0,3949; \beta = 0,0000; \gamma = 0,3120$)	1.717	1.264	2.170	185	275
HW Aditivo ($\alpha = 0,4137; \beta = 0,0195; \gamma = 0,3628$)	1.720	1.259	2.182	186	280
Descomposición Multiplicativa	1.906	1.572	2.240	146	202

8.7.1.5 Insulina lenta 100UI/ML FC 10 ML

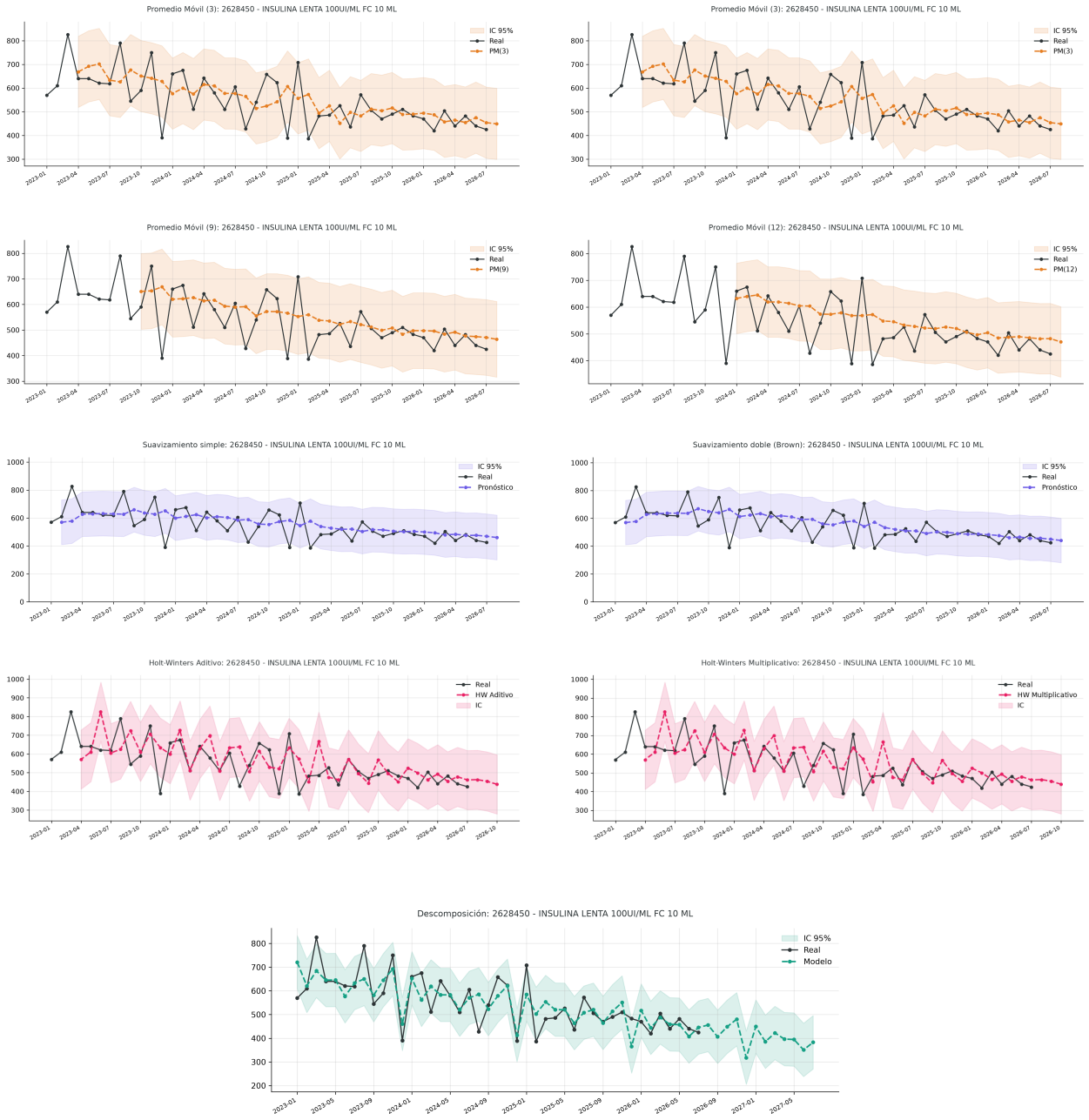
El quinto caso evalúa la Insulina Lenta. A diferencia de las variantes de acción rápida, la serie histórica de este insumo revela un fenómeno operativo: una contracción sostenida y progresiva de su demanda desde principios de 2023 hasta mediados de 2026, proyectando una continuidad a la baja hacia 2027. Además de esta disminución, el consumo está marcado por caídas recurrentes en periodos específicos (como se observa a inicios de 2024, 2025 y 2026), lo que dificulta la calibración de los algoritmos y aumenta el riesgo de sobreabastecimiento.

Figura 8-21: Foto referencia Insulina Lenta 100UI/ML FC 10 ML



Siguiendo la metodología del caso anterior, la evaluación de este fármaco contempla la aplicación de todos los modelos de series de tiempo. El comportamiento predictivo y la capacidad de adaptación de cada algoritmo se detallan en la Figura 8-22. La exposición de estos escenarios evalúa cómo reacciona cada técnica frente al contexto operativo, el cual se encuentra condicionado por una disminución de la demanda en el año 2025 y una dispersión en sus datos históricos constante.

Figura 8-22: Gráficos consolidados de pronósticos para Insulina Lenta 10ML.



Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

El análisis de la Tabla 8-14 evidencia que la descomposición multiplicativa presenta el mejor desempeño entre los modelos evaluados. A diferencia de los métodos que tienden a sobre-estimar la demanda, este enfoque representa de mejor manera la tendencia decreciente de la serie.

Además, registra los menores indicadores de error, con un MAD de 51 y un RMSE de 68, junto con un intervalo de predicción más acotado. En consecuencia, MODEFA selecciona este método como la alternativa de mejor ajuste para proyectar la demanda de Insulina Lenta y reducir el riesgo de sobreabastecimiento.

Tabla 8-14: Tabla comparativa de errores y pronósticos para Insulina Lenta 100UI/ML.

Método	**Pronóstico [Unid]**	**Lím. Inf [Unid]**	**Lím. Sup [Unid]**	**MAD [Unid]**	**RMSE [Unid]**
Promedio Móvil (3)	449	299	599	70	91
Promedio Móvil (6)	452	303	601	68	90
Promedio Móvil (9)	464	316	612	66	90
Promedio Móvil (12)	470	338	602	60	80
Suavizamiento Simple ($\alpha = 0,20$)	460	301	620	69	97
Suavizamiento Doble (Método Brown) ($\alpha = 0,10$)	441	281	601	67	97
HW Multiplicativo ($\alpha = 0,0021; \beta = 0,9992; \gamma = 0,4995$)	464	306	622	70	96
HW Aditivo ($\alpha = 0,0018; \beta = 0,9992; \gamma = 0,4972$)	462	304	620	70	96
Descomposición Multiplicativa	456	343	568	51	68

8.7.1.6 Insulina aspartato recomb. ultrarrápida 100ML

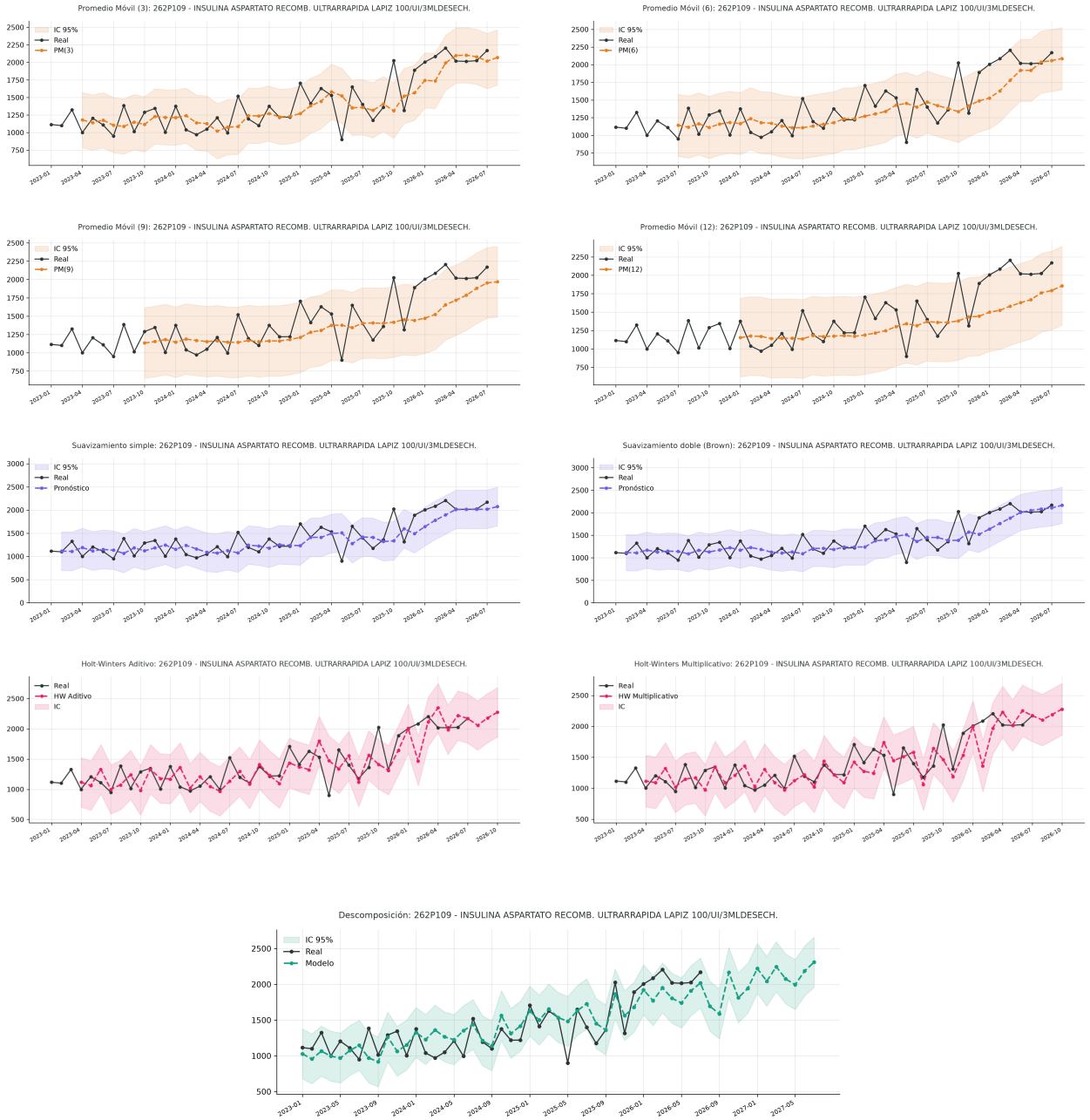
El sexto caso es la Insulina Aspartato, otro insumo crítico para el manejo de pacientes diabéticos. De manera similar a la insulina glargina, la serie histórica de este medicamento evidencia una agresiva y sostenida tendencia al alza, duplicando su volumen de consumo entre el inicio de 2023 y mediados del año 2026, lo que presenta un desafío mayor para las predicciones.

Figura 8-23: Foto referencia Insulina aspartato recomb. ultrarrápida



A continuación, en la Figura 8-24 se presenta el consolidado de todos los modelos matemáticos aplicados. Esta estructura permite visualizar de forma directa cómo reacciona cada método ante el crecimiento continuo y los quiebres abruptos de la serie temporal.

Figura 8-24: Gráficos consolidados de pronósticos para Insulina Aspartato Recomb. Ultrarrápida.



Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

Al observar la matriz gráfica, al igual que en casos anteriores queda en evidencia que los métodos de promedios móviles presentan una demora frente a la fuerte pendiente de crecimiento, trazando proyecciones que subestiman el consumo real. Los modelos de suavizamiento exponencial y Holt-Winters logran seguir la tendencia al alza, pero su sensibilidad a las caídas puntuales genera bandas de confianza amplias. Visualmente, el modelo de descomposición multiplicativa evidencia un ajuste superior, logrando seguir la trayectoria estructural de crecimiento mientras estabiliza de mejor manera el intervalo de predicción frente a la volatilidad.

El análisis detallado en la Tabla 8-15 consolida el rendimiento predictivo de todos los algoritmos evaluados. Las métricas resultantes explican la superioridad estadística del método de descomposición multiplicativa. Al lograr asimilar la tendencia creciente y aislar simultáneamente el ruido de la serie, este modelo se encarga de minimizar las desviaciones globales, registrando los indicadores de error más bajos de toda la evaluación con un MAD de 167 y un RMSE de 212, lo que consolida dicho método como la alternativa más robusta para orientar la estrategia predictiva de los siguientes doce meses de evaluación.

Tabla 8-15: Tabla comparativa de errores y pronósticos para Insulina Aspartato Ultrarrápida.

Método	**Pronóstico [Unid]**	**Lím. Inf [Unid]**	**Lím. Sup [Unid]**	**MAD [Unid]**	**RMSE [Unid]**
Promedio Móvil (3)	2.070	1.676	2.464	182	239
Promedio Móvil (6)	2.087	1.647	2.527	210	267
Promedio Móvil (9)	1.970	1.488	2.452	237	292
Promedio Móvil (12)	1.858	1.323	2.392	265	324
Suavizamiento Simple ($\alpha = 0,38$)	2.076	1.659	2.494	188	253
Suavizamiento Doble (Método Brown) ($\alpha = 0,14$)	2.166	1.764	2.569	184	244
HW Multiplicativo ($\alpha = 0,0855; \beta = 0,1563; \gamma = 0,7183$)	2.103	1.687	2.520	192	252
HW Aditivo ($\alpha = 0,3048; \beta = 0,0994; \gamma = 0,6176$)	2.056	1.648	2.464	187	247
Descomposición Multiplicativa	1.694	1.344	2.043	167	212

8.7.1.7 Fisiológico 0.9 % 500ML

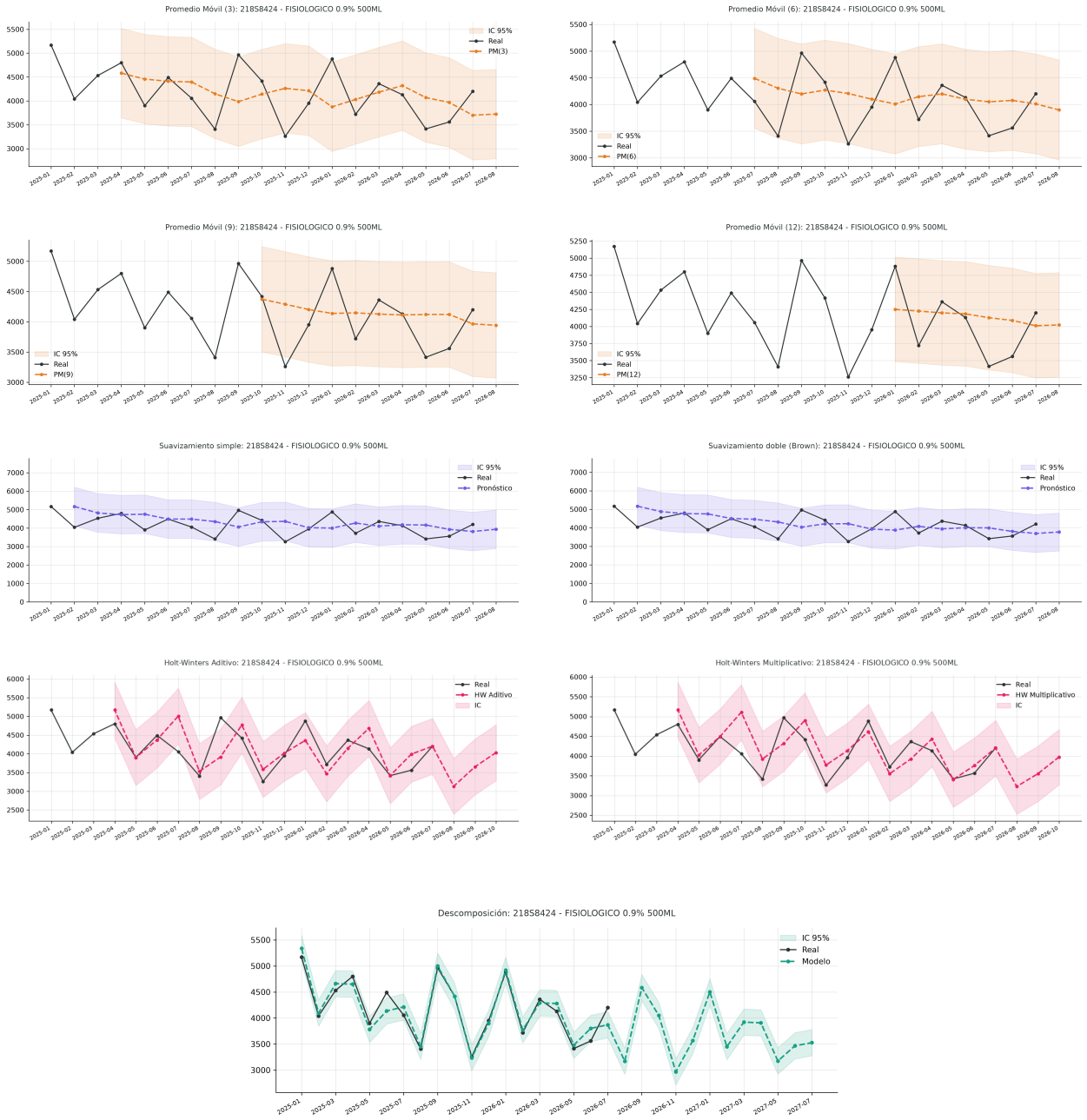
El Suero Fisiológico al 0.9 % es un insumo clínico altamente versátil, por lo que el hospital maneja diversas presentaciones para cubrir una amplia gama de necesidades asistenciales, abarcando formatos de 100 ML, 250 ML, 500 ML, 1.000 ML y 3.000 ML. De este grupo, el caso de interés específico será el suero de 500ML, destacado por ser un insumo de uso masivo y transversal en prácticamente todas las unidades clínicas del hospital. Específicamente, en bodega activa este insumo presenta registros de datos desde el año 2025 hasta la actualidad. Su serie se caracteriza por un volumen de consumo elevado con una ligera tendencia a la baja en los últimos periodos, acompañada de cambios cíclicos marcados por alzas y caídas recurrentes que cambian la parametrización de los algoritmos.

Figura 8-25: Foto referencia Fisiológico 0.9 % 500ML



Para evaluar el comportamiento de este insumo, la Figura 8-26 presenta una matriz consolidada con todos los modelos matemáticos aplicados. Esta disposición permite una comparación visual directa de cómo cada método asimila la variabilidad de la demanda y ajusta sus intervalos de predicción.

Figura 8-26: Gráficos consolidados de pronósticos para Fisiológico 0.9 % 500ML.



Fuente: Elaboración propia a partir del software propuesto.

Al analizar la matriz de resultados, los modelos de promedio móvil suavizan su serie a medida que aumenta la ventana de cálculo, reduciendo su capacidad para seguir las variaciones mensuales de la demanda. Los métodos de suavizamiento exponencial muestran una respuesta

más gradual frente a los cambios recientes, mientras que las variantes de Holt-Winters reproducen con mayor sensibilidad las oscilaciones observadas, aunque mantienen intervalos de confianza amplios. Finalmente, la descomposición multiplicativa representa cercanamente los incrementos y disminuciones de la serie, manteniendo además un intervalo de predicción más acotado.

La Tabla 8-16 confirma estas diferencias mediante las métricas. La descomposición multiplicativa registra el mejor desempeño, con un MAD de 118 y un RMSE de 153, valores inferiores a los obtenidos por los demás modelos. En consecuencia, MODEFA selecciona este método como la alternativa de mejor ajuste para el pronóstico de demanda del Fisiológico.

Tabla 8-16: Tabla comparativa de errores y pronósticos para Fisiológico 0.9 % 500ML.

Método	**Pronóstico [Unid]**	**Lím. Inf [Unid]**	**Lím. Sup [Unid]**	**MAD [Unid]**	**RMSE [Unid]**
Promedio Móvil (3)	3.725	2.788	4.661	481	568
Promedio Móvil (6)	3.897	2.961	4.834	474	568
Promedio Móvil (9)	3.942	3.071	4.812	425	528
Promedio Móvil (12)	4.022	3.257	4.788	398	464
Suavizamiento Simple ($\alpha = 0,31$)	3.936	2.891	4.981	480	633
Suavizamiento Doble (Método Brown) ($\alpha = 0,13$)	3.775	2.751	4.798	476	620
HW Multiplicativo ($\alpha = 0,0362; \beta = 0,8920; \gamma = 0,0000$)	3.224	2.524	3.924	329	424
HW Aditivo ($\alpha = 0,3243; \beta = 0,1753; \gamma = 0,1139$)	3.131	2.385	3.877	332	452
Descomposición Multiplicativa	3.172	2.920	3.424	118	153

8.7.2 Procedimiento de pronóstico aplicado a los fármacos restantes

Como se muestra en la Tabla 8-17, los resultados de MODEFA comprueban que la descomposición multiplicativa es el modelo que presentó menores indicadores de error. Para el segundo grupo y el tercer grupo, este modelo logra absorber la volatilidad de los datos, proporcionando proyecciones con valores de MAD bajos. Esto garantiza un alto nivel de precisión en las operaciones, particularmente en fármacos de menor escala como la tenecteplasa y el glucagón.

En cuanto al cuarto grupo, la descomposición multiplicativa modela exitosamente medicamentos de gran volumen, estabilizando las proyecciones de la Linagliptina y la Mesalazina. Dentro de este grupo, el Paracetamol inyectable es la excepción. La estructura de su demanda mantiene una mejora en el ajuste matemático a través del suavizamiento doble (Brown), lo que permitió reducir sus desviaciones globales con un factor de corrección $\alpha = 0,32$.

Tabla 8-17: Tabla resultados de pronóstico de demanda y errores por grupo.

Descripción del Fármaco	Pronóstico [Unid]	Lím. Inf [Unid]	Lím. Sup [Unid]	Método	MAD [Unid]	RMSE [Unid]
GRUPO 2: VITALES Y VARIABILIDAD MEDIA (AVY)						
AZTREONAM 1 G FA	764	441	1.086	Desc. Multiplicativa	146	193
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	470	285	655	Desc. Multiplicativa	83	111
GLUCAGON 1MG	33	16	50	Desc. Multiplicativa	9	10
TENECTEPLASA 10.000 UI 50 MG	13	8	18	Desc. Multiplicativa	2	3
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	92	42	141	Desc. Multiplicativa	23	30
GRUPO 3: ESENCIALES Y VARIABILIDAD BAJA (AEX)						
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	137	100	173	Desc. Multiplicativa	17	22
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	48	28	68	Desc. Multiplicativa	9	12
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	1.091	949	1.234	Desc. Multiplicativa	68	85
GRUPO 4: ESENCIALES Y VARIABILIDAD MEDIA (AEY)						
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	210	133	288	Desc. Multiplicativa	39	46
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	159	107	210	Desc. Multiplicativa	24	31
LINAGLIPTINA 5 MG CM	21.448	15.051	27.845	Desc. Multiplicativa	2.940	3.832
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	15.833	11.143	20.524	Desc. Multiplicativa	2.238	2.810
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	5.134	4.344	5.924	Brown (α=0,32)	313	479

8.7.2.1 Evaluación de resultados de MODEFA

A partir de la base histórica previamente depurada y consolidada, MODEFA ejecutó los modelos de series de tiempo definidos para cada medicamento y comparó su desempeño mediante las métricas de error establecidas. Este procedimiento permitió seleccionar, de manera individual, la configuración predictiva con mejor ajuste para cada serie de consumo.

Para evaluar el desempeño de las proyecciones sobre información no incorporada en el ajus-

te de los modelos, se compararon los pronósticos generados para agosto de 2026 con los consumos efectivamente registrados durante dicho mes. Para cada medicamento se calculó la diferencia neta mediante la Ecuación 41, la desviación porcentual respecto del pronóstico mediante la Ecuación 42 y el peso de cada desviación sobre la desviación absoluta total mediante la Ecuación 43.

La Tabla 8-18 presenta los resultados obtenidos. De acuerdo con la convención utilizada, una diferencia neta positiva indica que el pronóstico superó el consumo registrado, mientras que un valor negativo representa una subestimación de la demanda real.

Tabla 8-18: Tabla comparativa de precisión del pronóstico vs. consumo real para agosto.

Glosa	**Pronóstico** [Unid]	**Real** [Unid]	**Dif. neta** [Unid]	**Desviación porcentual** [%]	**Peso del Error** [%]
METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	15.596	15.643	-47	0,3 %	0,6 %
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	92	90	+2	2,2 %	0,0 %
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	456	427	+29	6,4 %	0,4 %
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	470	499	-29	6,2 %	0,4 %
LINAGLIPTINA 5 MG CM	21.448	20.245	+1.203	5,6 %	16,2 %
ENOXAPARINA 40 MG	3.304	3.551	-247	7,5 %	3,3 %
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	1.906	1.760	+146	7,7 %	2,0 %
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	48	44	+4	8,3 %	0,1 %
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	1.091	1.190	-99	9,1 %	1,3 %
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	5.134	4.567	+567	11,0 %	7,6 %
HEPARINA 25.000 UI/5ML	1.189	1.050	+139	11,7 %	1,9 %
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	210	184	+26	12,4 %	0,3 %
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	15.833	13.369	+2.464	15,6 %	33,1 %
INSULINA ASPARTATO ULTRARRAPIDA LAPIZ	1.694	2.030	-336	19,8 %	4,5 %
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	137	108	+29	21,2 %	0,4 %
GLUCAGON 1MG	33	25	+8	24,2 %	0,1 %
AZTREONAM 1 G FA	764	1.012	-248	32,5 %	3,3 %
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	159	96	+63	39,6 %	0,8 %
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	3.172	4.920	-1.748	55,1 %	23,5 %
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA +JERINGA	13	5	+8	61,5 %	0,1 %

El análisis de la Tabla 8-18 evidencia que la evaluación de los pronósticos no debe limitarse únicamente a la desviación porcentual respecto del pronóstico, ya que su interpretación se encuentra condicionada por el volumen de consumo de cada medicamento. Por ejemplo, el Metamizol

presenta una diferencia neta de 47 unidades respecto del consumo real, mientras que medicamentos de baja rotación, como la Tenecteplasa, registran desviaciones porcentuales elevadas aun cuando la diferencia corresponde a pocas unidades.

Por esta razón, el peso del error complementa el análisis al considerar la participación de cada desviación sobre la desviación absoluta total. La Mesalazina concentra el 33,1 % de dicha desviación, seguida por el Fisiológico 500 ML con un 23,5 % y la Linagliptina con un 16,2 %. En conjunto, estos tres medicamentos representan el 72,8 % de la desviación absoluta total observada durante agosto.

Estos resultados demuestran que un error porcentual moderado puede generar un gran impacto en medicamentos de alto volumen, mientras que desviaciones porcentuales elevadas en productos de baja rotación representan diferencias marginales en unidades físicas. En consecuencia, ambas métricas deben analizarse de manera complementaria para interpretar adecuadamente el desempeño de los modelos. Más aún, dado que persisten desviaciones inherentes a la variabilidad del consumo hospitalario, estas proyecciones predictivas deben entenderse como una línea base para la planificación, haciendo indispensable integrarlas con políticas de inventario que absorban dicha incertidumbre mediante el dimensionamiento del inventario de seguridad y el punto de reorden.

8.7.3 Propuesta de modelo de pronósticos para los medicamentos estudiados

Con base en estos resultados, se elaboró la proyección de demanda para un horizonte de doce meses. Conforme al procedimiento y a las condiciones de proyección multiperiodo definidas en la Sección 7.7.5, esta etapa consideró los 18 medicamentos cuyo modelo seleccionado correspondió a la descomposición multiplicativa.

La Tabla 8-19 presenta las estimaciones obtenidas entre agosto de 2026 y julio de 2027, permitiendo visualizar la evolución esperada de sus requerimientos mensuales.

Tabla 8-19: Tabla propuesta de pronósticos para doce meses de medicamentos seleccionados.

Descripción del Fármaco	2026					2027						
	Ago [Unid]	Sep [Unid]	Oct [Unid]	Nov [Unid]	Dic [Unid]	Ene [Unid]	Feb [Unid]	Mar [Unid]	Abr [Unid]	May [Unid]	Jun [Unid]	Jul [Unid]
ENOXAPARINA 40 MG	3.304	3.367	3.813	3.112	3.259	3.193	2.860	3.466	3.361	3.129	3.291	3.452
HEPARINA 25.000 UI/5ML	1.189	946	1.175	1.202	1.296	1.127	1.124	1.461	1.110	1.188	1.312	1.448
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	1.906	1.777	1.667	1.863	1.878	2.007	1.784	2.036	2.137	1.955	1.747	2.171
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	456	406	449	480	318	449	385	423	396	395	351	383
INSULINA ASPARTATO RECOMB. ULTRARRÁPIDA	1.694	1.586	2.165	1.812	1.944	2.222	2.043	2.246	2.074	1.995	2.187	2.310
FISIOLÓGICO 0.9 % 500ML	3.172	4.586	4.050	2.966	3.569	4.503	3.450	3.922	3.908	3.176	3.467	3.527
AZTREONAM 1 G FA	764	842	789	921	964	591	1.037	790	1.391	830	1.362	1.289
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	470	405	532	467	433	448	502	432	709	544	658	675
GLUCAGÓN 1MG	33	33	37	42	39	30	41	30	34	39	34	44
TENECTEPLASA 10.000 UI 50 MG	13	14	14	13	14	16	14	20	19	9	23	17
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	92	105	85	94	128	91	107	69	159	91	97	132
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	137	133	126	118	146	134	126	141	132	145	119	139
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	48	41	46	36	47	41	38	41	36	34	27	34
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	1.091	1.051	1.276	1.151	1.214	1.195	1.086	1.368	1.212	1.332	1.377	1.594
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	210	172	264	205	230	194	170	222	277	243	201	190
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	159	99	86	103	185	104	88	102	70	37	188	78
LINAGLIPTINA 5 MG CM	21.448	20.785	27.748	14.540	19.373	29.443	18.544	32.829	29.109	24.431	25.684	32.255
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	15.833	5.904	11.307	10.987	16.838	12.579	11.816	16.907	16.252	18.572	13.288	14.477

Las proyecciones obtenidas constituyen el resultado final de la etapa de pronóstico de demanda y entregan una estimación cuantitativa de los requerimientos futuros de los medicamentos seleccionados. Su incorporación dentro de MODEFA permite transformar el análisis histórico en información operativa para apoyar la planificación del abastecimiento.

De esta manera, la etapa predictiva proporciona la base necesaria para avanzar hacia la formulación de las políticas de inventario. En las secciones siguientes, estas estimaciones serán integradas con los costos de adquisición y gestión, los tiempos de reposición y la variabilidad del consumo, con el propósito de determinar los tamaños óptimos de pedido, los puntos de reorden y los niveles de inventario de seguridad para los medicamentos analizados.

8.8 Políticas de inventario

Las políticas de inventario representan la base normativa del abastecimiento hospitalario, cuyo fin principal es asegurar la continuidad de los tratamientos médicos. A través de este marco, aplicado directamente a la gestión de la Bodega Activa, se definen las reglas de control de existencias, los criterios de reposición y las restricciones presupuestarias de compra. De esta forma, el sistema logra equilibrar la calidad del servicio clínico con la eficiencia económica del área de farmacia.

8.8.1 Definición de los modelos a aplicar para los medicamentos

A partir de la categorización integral de los fármacos establecidos en la etapa previa (Tabla 8-9), se diseñaron estrategias de reabastecimiento que responden directamente a la realidad operativa del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca. Adaptando el abastecimiento a la rotación y criticidad clínica de cada fármaco, la gestión de inventarios se estructuró bajo un enfoque de revisión continua mediante dos métodos matemáticos:

- Modelo de lote económico (EOQ): Encargado de establecer el sistema logístico del hospital asumiendo condiciones teóricas ideales. Con parámetros deterministas y tasas de consumo constantes, aísla el comportamiento del inventario para determinar el volumen de compra teórico que minimiza el costo logístico relevante asociado a ordenar y mantener inventario.
- Modelo de lote económico con demanda incierta: Este modelo incorpora la variabilidad estocástica del consumo histórico. Su aplicación permite dimensionar matemáticamente el inventario de seguridad y ajustar el punto de reorden para mitigar el riesgo de quiebres de inventario, garantizando así el nivel de servicio exigido por el hospital.

8.8.2 Estimación de parámetros de los modelos

La estimación de los parámetros utilizados en los modelos de inventario se realizó siguiendo el procedimiento establecido en la Sección 7.8. A partir de esta parametrización se obtuvieron los valores necesarios para determinar posteriormente el tamaño óptimo de pedido (Q^*), el número de pedidos (N), el inventario de seguridad (IS) y el punto de reorden (PRO).

8.8.2.1 Nivel de servicio

De acuerdo con el procedimiento establecido en la Sección 7.8.4, se adoptó un nivel de servicio del 95 % para los medicamentos seleccionados. Este porcentaje se traduce en un factor de servicio de $z = 1{,}645$, parámetro utilizado posteriormente para dimensionar el inventario de seguridad asociado a cada medicamento.

8.8.2.2 Lead time

El tiempo de reposición fue determinado conforme lo establecido en la Sección 7.8.4. De acuerdo con lo establecido por los profesionales como resultado, se consideró un lead time de 2 días para todos los medicamentos evaluados, correspondiente al periodo comprendido entre la emisión de la solicitud de compra y su recepción en la bodega de farmacia.

8.8.3 Parametrización de los costos de inventario

Los costos operativos asociados al proceso de abastecimiento fueron determinados conforme a los criterios de estimación establecidos en las Secciones 7.8.2 y 7.8.3, considerando tanto el costo de emisión de órdenes como el costo asociado al mantenimiento de existencias.

Para determinar el costo de emisión de una orden (S), se consideraron dos estructuras operativas. La primera estructura, correspondiente a la gestión interna de bodega y farmacia, contempla la participación de tres profesionales, cuyos valores hora fueron estimados en \$3.750, \$3.438 y \$3.563, respectivamente. Considerando el tiempo destinado a la gestión de cada pedido, se obtuvieron costos individuales de \$625, \$573 y \$594 por orden. La suma de estos componentes determina un costo de emisión para esta estructura de:

$$S_1 = 1.792 \left[\frac{\$}{\text{Pedido}}\right] \tag{53}$$

Por otra parte, la segunda estructura incorpora las actividades de coordinación técnica y abastecimiento estratégico desarrolladas por el profesional responsable, cuyo valor hora corresponde a \$19.375. Los costos obtenidos para las actividades de Programación CENABAST, Gestión ICP, Reprogramación y Revisión de faltas ascienden a \$1.911, \$1.173, \$783 y \$807 por pedido, respectivamente. Entonces, el costo consolidado de emisión para esta estructura corresponde a:

$$S_2 = 4.674 \left[\frac{\$}{\text{Pedido}}\right] \tag{54}$$

En relación con el costo de mantenimiento del inventario (H), se adoptó una tasa anual del 25 %, conforme al criterio establecido en la Sección 7.8.3. De esta manera, el costo anual de mantener una unidad en inventario corresponde al 25 % de su costo unitario de adquisición.

Los parámetros operacionales consolidados, los cuales constituyen las variables de entrada para la ejecución de los modelos matemáticos de inventario, se resumen en la Tabla 8-20:

Tabla 8-20: Tabla resumen de parámetros consolidados para los modelos de inventario.

Descripción del parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Costo de emisión – Primera estructura	S_1	1.792	[$/Pedido]
Costo de emisión – Segunda estructura	S_2	4.674	[$/Pedido]
Tasa anual de mantenimiento	I	25	[%]
Nivel de servicio	NS	95	[%]
Tiempo de reposición (*lead time*)	L	2	[Días]

Estos parámetros constituyen las condiciones de entrada utilizadas por MODEFA para la aplicación del procedimiento definido en la Sección 7.8.1.

8.8.4 Aplicación de los modelos de inventario

Una vez estimados los parámetros, MODEFA integró para cada fármaco la demanda proyectada, su variabilidad, el costo unitario de adquisición y los parámetros operativos definidos previamente. A partir de estos antecedentes, la plataforma determinó el tamaño óptimo de pedido (Q^*), el número y frecuencia de reposiciones, el inventario de seguridad (IS) y el punto de reorden (PRO).

Los cálculos se ejecutaron bajo las dos estructuras de costo de emisión consideradas en la investigación, permitiendo comparar su efecto sobre la política de reposición. Los resultados obtenidos se presentan en las secciones siguientes, manteniendo la segmentación de los medicamentos establecida mediante la clasificación ABC–VED–XYZ.

8.9 Aplicación de las políticas de inventario

La aplicación de las políticas de inventario se desarrolló en dos etapas. Inicialmente, se consolidaron las variables de entrada de los 20 medicamentos seleccionados, utilizando la información histórica disponible para analizar su demanda y comparar el efecto de las dos estructuras de costo de emisión. La Tabla 8-21 resume la demanda anual, el costo unitario y el gasto total estimado de adquisición correspondiente al año 2025.

Posteriormente, las políticas de inventario proyectadas desde agosto de 2026 hasta julio de 2027 se formularon sobre los 18 medicamentos incluidos en la proyección multiperiodo, utilizando los parámetros de demanda obtenidos mediante el procedimiento presentado en la Sección 7.7.6.

Tabla 8-21: Tabla consolidada de parámetros del grupo seleccionado de medicamentos.

Descripción del Fármaco	D **Demanda Anual [Unid/Año]**	σ **Desv. Std [Unid]**	C_i **Costo Unitario [$/Unid]**	DC **Gasto Anual de Adquisición [$]**
Grupo 1: VITALES Y VARIABILIDAD BAJA (AVX)				
ENOXAPARINA 40 MG	41.470	611,84	1.349	55.943.030
METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	187.072	1.289,53	108	20.203.776
HEPARINA 25.000 UI/5ML	13.383	179,67	2.250	30.111.750
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	16.790	235,41	9.840	165.213.600
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	6.055	78,57	1.850	11.201.750
INSULINA ASPARTATO ULTRARRAPIDA LAPIZ	17.993	308,50	4.000	71.972.000
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	50.990	588,17	405	20.650.950
Grupo 2: VITALES Y VARIABILIDAD MEDIA (AVY)				
AZTREONAM 1 G FA	5.955	236,10	4.200	25.011.000
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	3.668	103,49	79.418	291.305.224
GLUCAGON 1MG	393	14,21	33.000	12.969.000
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA	119	3,42	704.483	83.833.477
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	1.074	31,53	20.330	21.834.420
Grupo 3: ESENCIALES Y VARIABILIDAD BAJA (AEX)				
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	1.176	14,82	117.774	138.502.224
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	624	12,42	59.001	36.816.624
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	11.155	138,36	11.500	128.282.500
Grupo 4: ESENCIALES Y VARIABILIDAD MEDIA (AEY)				
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	2.242	56,41	12.590	28.226.780
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	969	33,57	178.500	172.966.500
LINAGLIPTINA 5 MG CM	213.087	4.836,82	741	157.897.467
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	117.694	4.063,23	105	12.357.870
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	28.990	717,65	439	12.726.610

8.9.1 Modelo de lote económico (EOQ)

A partir de la formulación teórica del modelo de lote económico presentada previamente, se aplicó el EOQ a los medicamentos seleccionados bajo un escenario de demanda determinista. En esta etapa, el análisis se orientó a determinar el tamaño óptimo de pedido (Q^*) para cada fármaco y a evaluar el efecto de las dos estructuras de costo de emisión definidas anteriormente sobre la política de reposición.

La Tabla 8-22 presenta los parámetros logísticos correspondientes a la primera estructura operativa. Dado su menor costo de emisión (S), este escenario favorece lotes de compra más reducidos y, en consecuencia, una mayor frecuencia de reposición. Para representar adecuadamente la operación física de la bodega, el lote económico (Q^*) fue aproximado al número entero más cercano.

Tabla 8-22: Tabla de datos logísticos y cálculo de lote económico de primera estructura.

Descripción del Fármaco	D **Demanda Anual [Unid/Año]**	C_O **Costo Anual de Ordenar [$/Año]**	C_i **Costo Unitario [$/Unid]**	I **Tasa Mant. [%]**	Q^* **Lote Óptimo [Unid]**
ENOXAPARINA 40 MG	41.470	111.943	1.349	25	664
METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	187.072	67.273	108	25	4.983
HEPARINA 25.000 UI/5ML	13.383	82.128	2.250	25	292
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	16.790	192.374	9.840	25	156
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	6.055	50.092	1.850	25	217
INSULINA ASPARTATO ULTRARRAPIDA LAPIZ	17.993	126.971	4.000	25	254
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	50.990	68.013	405	25	1.343
AZTREONAM 1 G FA	5.955	74.850	4.200	25	143
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	3.668	255.445	79.418	25	26
GLUCAGON 1MG	393	53.899	33.000	25	13
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA	119	137.035	704.483	25	2
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	1.074	69.935	20.330	25	28
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	1.176	176.138	117.774	25	12
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	624	90.813	59.001	25	12
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	11.155	169.515	11.500	25	118
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF FA	2.242	79.516	12.590	25	51
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	969	196.836	178.500	25	9
LINAGLIPTINA 5 MG CM	213.087	188.067	741	25	2.030
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	117.694	52.613	105	25	4.009
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	28.990	53.393	439	25	973

En contraste, la Tabla 8-23 expone el lote económico del listado de medicamentos bajo condiciones de la segunda estructura. Al aumentar los costos de tramitación debido a mayores requerimientos de validación técnica, la optimización esta falta expandiendo el tamaño del pedido óptimo (Q^*). Esto disminuye los mayores gastos administrativos al espaciar temporalmente las órdenes de compra, adaptando la gestión de abastecimiento al contexto financiero.

Tabla 8-23: Tabla de datos logísticos y cálculo de lote económico de segunda categoría.

Descripción del Fármaco	D **Demanda Anual [Unid/Año]**	C_O **Costo Anual de Ordenar [$/Año]**	C_i **Costo Unitario [$/Unid]**	I **Tasa Mant. [%]**	Q^* **Lote Óptimo [Unid]**
ENOXAPARINA 40 MG	41.470	180.789	1.349	25	1.072
METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	187.072	108.646	108	25	8.048
HEPARINA 25.000 UI/5ML	13.383	132.638	2.250	25	472
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	16.790	310.686	9.840	25	253
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	6.055	80.899	1.850	25	350
INSULINA ASPARTATO RECOMB. ULTRARRAPIDA LAPIZ	17.993	205.060	4.000	25	410
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	50.990	109.842	405	25	2.170
AZTREONAM 1 G FA	5.955	120.883	4.200	25	230
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	3.668	412.547	79.418	25	42
GLUCAGON 1MG	393	87.047	33.000	25	21
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA +JERINGA SVTE	119	221.314	704.483	25	3
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	1.074	112.946	20.330	25	44
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	1.176	284.464	117.774	25	19
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML (ENBREL)	624	146.663	59.001	25	20
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	11.155	273.768	11.500	25	190
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	2.242	128.419	12.590	25	82
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	969	317.893	178.500	25	14
LINAGLIPTINA 5 MG CM	213.087	303.729	741	25	3.279
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	117.694	84.971	105	25	6.474
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	28.990	86.229	439	25	1.571

8.9.2 Modelo de lote económico con demanda incierta

A diferencia del escenario determinista anterior, la gestión hospitalaria enfrenta cambios constantes en el consumo clínico. Para garantizar la operatividad continua y mitigar el riesgo de desabastecimiento, este modelo integra la variabilidad probabilística de la demanda mediante el dimensionamiento matemático del inventario de seguridad (IS) y el consecuente reajuste del punto de reorden hacia su valor con inventario de seguridad.

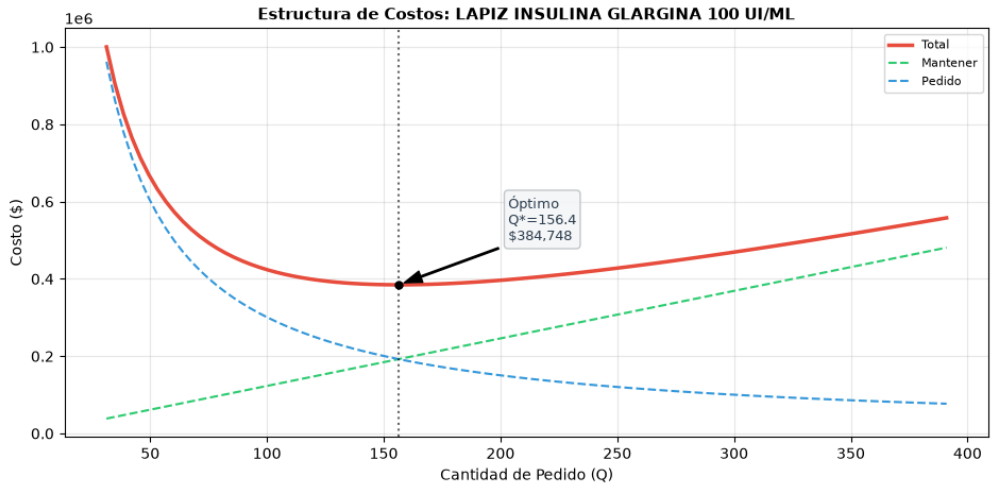
Dada la lista planteada, se iniciará esta sección con una muestra representativa de los tres medicamentos que exigen el mayor esfuerzo financiero. Priorizar estos medicamentos ilustra con mayor claridad el impacto económico y operativo que implica enfocarse en el inventario frente a la incertidumbre. A continuación, se expone la estructura de costos y la dinámica de reabastecimiento para estos medicamentos, manteniendo la comparativa entre la primera y segunda estructura.

8.9.2.1 Lápiz insulina glargina 100 UI/ML

En el primer grupo, el Lápiz de Insulina Glargina (Figura 8-19) se destacó durante 2025 por su elevado nivel de consumo, alcanzando una demanda de 16.790 unidades y un gasto anual de $165.213.600. Dada su relevancia asistencial y presupuestaria, la política de inventario se recalculó en un escenario de demanda incierta para incorporar variaciones imprevistas del consumo.

En primer lugar, se analiza la estructura de costos asociados a la gestión bajo las condiciones del primer escenario. La Figura 8-27 ilustra el punto de equilibrio financiero para este escenario, determinando el tamaño óptimo de pedido al minimizar el costo logístico relevante.

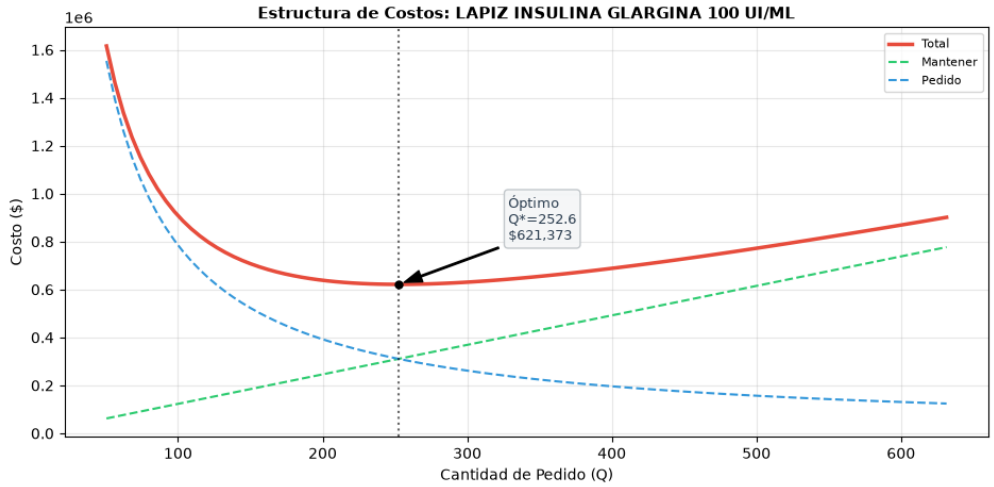
Figura 8-27: Gráfico de costos anuales para primera estructura: Lápiz insulina glargina 100 UI/ML



Fuente: Elaboración propia a través del software propuesto.

Por otra parte, la Figura 8-28 muestra el comportamiento financiero de la segunda estructura de costo. El mayor costo de emisión modifica el lote económico (Q^*), mientras que los parámetros asociados a la protección frente a la incertidumbre del consumo se mantienen constantes.

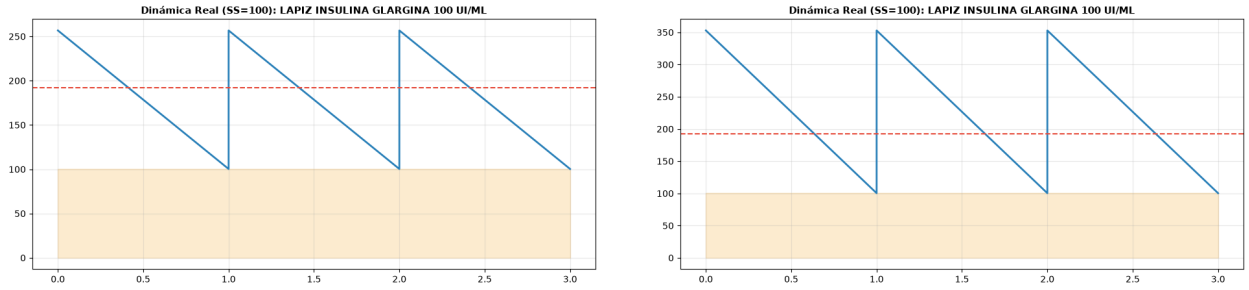
Figura 8-28: Gráfico de costos anuales para segunda estructura: Lápiz insulina glargina 100 UI/ML



Fuente: Elaboración propia a través del software propuesto.

Para dimensionar el comportamiento físico del inventario, la Figura 8-29 presenta la comparación entre ambas estructuras. A diferencia del modelo determinista, el nivel de inventario incorpora un margen de protección dado por el inventario de seguridad, evitando que la reposición se planifique hasta un nivel nulo de existencias. Este mecanismo permite reducir la probabilidad de quiebre ante variaciones imprevistas del consumo, bajo los supuestos establecidos por el modelo.

Figura 8-29: Dinámica proyectada con inventario de seguridad: primera y segunda estructura de costo para Lápiz insulina glargina 100 UI/ML



Fuente: Elaboración propia a partir de registros históricos del recinto hospitalario.

La Tabla 8-24 resume los resultados obtenidos para la Insulina Glargina bajo ambas categorías operativas. En la primera, MODEFA determina un lote óptimo de 156 unidades, asociado a 107 pedidos anuales y un costo logístico anual de $384.748. En la segunda estructura, el mayor costo de emisión aumenta el lote óptimo a 253 unidades y reduce la reposición a 66 pedidos anuales, alcanzando un costo de $621.373. Por su parte, el inventario de seguridad ($IS = 100$) y el punto de reorden ($PRO = 192$) son constantes en ambos escenarios, ya que dependen de la variabilidad de la demanda y de los parámetros de servicio establecidos previamente.

Tabla 8-24: Tabla de resultados óptimos de gestión: Lápiz insulina glargina 100 UI/ML

Indicador Logístico	**Primera estructura**	**Segunda estructura**	**Unidad**
Tamaño de lote EOQ (Q^*)	156	253	[Unid]
Inventario de seguridad (IS)	100	100	[Unid]
Punto de reorden (PRO)	192	192	[Unid]
Número de pedidos (N)	107	66	[Pedido/Año]
Frecuencia de pedido (T)	3	5	[Días]
Costo logístico anual (C_R)	384.748	621.373	[$/Año]

8.9.2.2 Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G FA

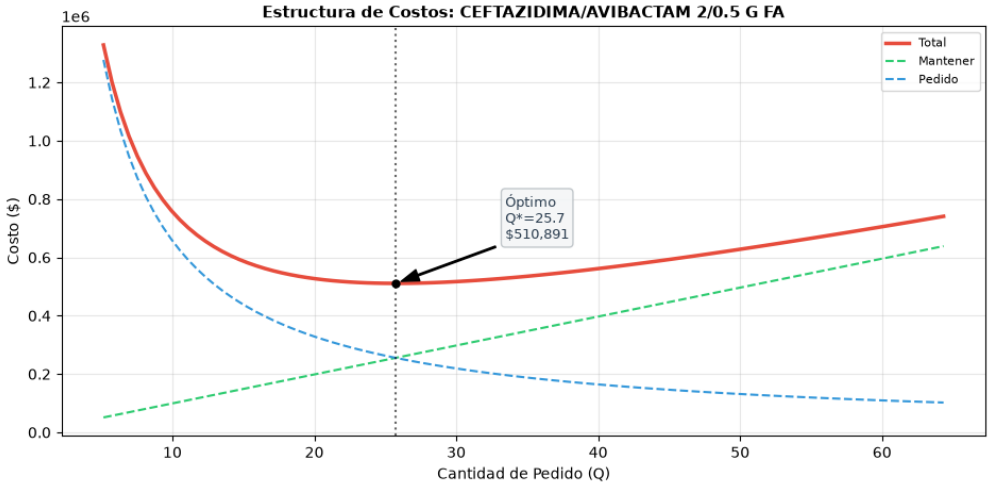
El segundo fármaco seleccionado corresponde a la Ceftazidima/Avibactam (ver Figura 8-30). Durante 2025, registró una demanda anual de 3.668 unidades, pero concentró el mayor gasto entre los casos analizados, alcanzando $291.305.224. El bajo volumen y alto costo lo convierten en un caso relevante para evaluar la influencia de los costos sobre la política de abastecimiento.

Figura 8-30: Referencia visual: Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G FA



Para incorporar la incertidumbre asociada a la demanda, el modelo considera el inventario de seguridad y ajusta el punto de reorden respecto del caso determinista. La Figura 8-31 presenta el comportamiento de los costos bajo la primera estructura de costo, evidenciando la incorporación de estos parámetros de protección y su efecto sobre la política de reposición.

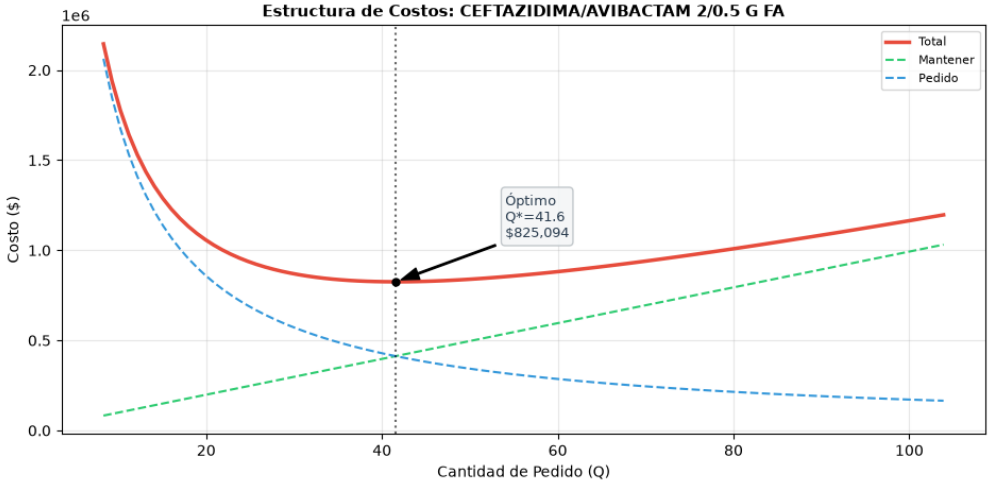
Figura 8-31: Gráfico de costos anuales para primera estructura: Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G



Fuente: Elaboración propia a través del software propuesto.

Por otro lado, la Figura 8-32 ilustra cómo, bajo la segunda estructura de costo, el mayor costo de emisión desplaza el Q^*hacia valores superiores, reduciendo la frecuencia de reposición.

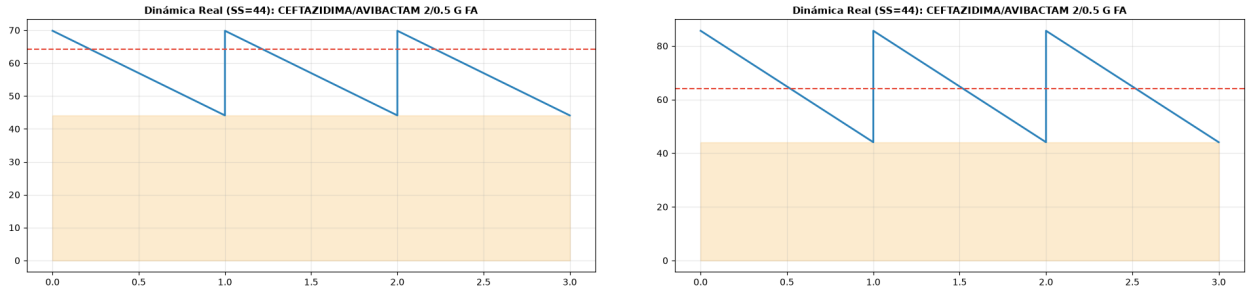
Figura 8-32: Gráfico de costos anuales para segunda estructura: Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G



Fuente: Elaboración propia a través del software propuesto.

Desde la perspectiva operativa, se evidencia en la Figura 8-33, el comportamiento temporal del inventario converge de manera segura sobre el margen de protección del punto de reorden, reduciendo la probabilidad de quiebre bajo los supuestos del modelo.

Figura 8-33: Dinámica proyectada con inventario de seguridad: Primera vs. Segunda categoría para Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G FA



Fuente: Elaboración propia a partir de registros históricos del recinto hospitalario.

La Tabla 8-25 resume los resultados obtenidos para la Ceftazidima/Avibactam. En la primera categoría, MODEFA determina un lote óptimo de $Q^* = 26$ unidades, con 143 pedidos anuales y un costo logístico anual de \$510.891, mientras que en la segunda el lote aumenta a 42 unidades y los pedidos disminuyen a 88, elevando el costo anual a \$825.094. Dado el alto costo del medicamento, esta diferencia resulta relevante para la gestión presupuestaria. En ambos escenarios, el inventario de seguridad ($IS = 44$) y el punto de reorden ($PRO = 64$) se mantienen constantes.

Tabla 8-25: Tabla de resultados óptimos de gestión: Ceftazidima/Avibactam 2/0.5 G FA

Indicador Logístico	**Primera estructura**	**Segunda estructura**	**Unidad**
Tamaño de lote EOQ (Q^*)	26	42	[Unid]
Inventario de seguridad (IS)	44	44	[Unid]
Punto de reorden (PRO)	64	64	[Unid]
Número de pedidos (N)	143	88	[Pedidos/Año]
Frecuencia de pedido (T)	3	4	[Días]
Costo logístico anual (C_R)	510.891	825.094	[\$/Año]

8.9.2.3 Inmunoglobulina humana 5 G FA 100 ML

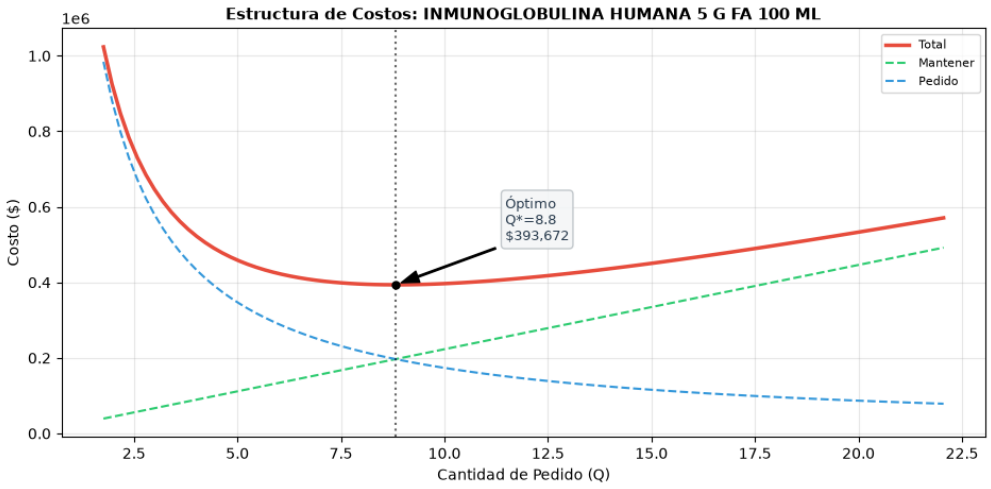
El tercer caso de estudio corresponde a la Inmunoglobulina Humana (ver Figura 8-34). Puesto que la lógica matemática del modelo y la estructura de análisis probabilístico ya han sido explicadas en detalle durante los dos casos anteriores, el análisis se centra directamente en los resultados operativos. Similar a la Ceftazidima, este fármaco registra una baja rotación con 969 unidades anuales pero un alto impacto financiero para el área con un costo total de $172.966.500.

Figura 8-34: Referencia visual: Inmunoglobulina Humana 5 G FA 100 ML



Replicando el proceso anterior, la Figura 8-35 expone los costos logísticos para la primera estructura, determinando el lote óptimo Q^* que minimiza el costo logístico relevante.

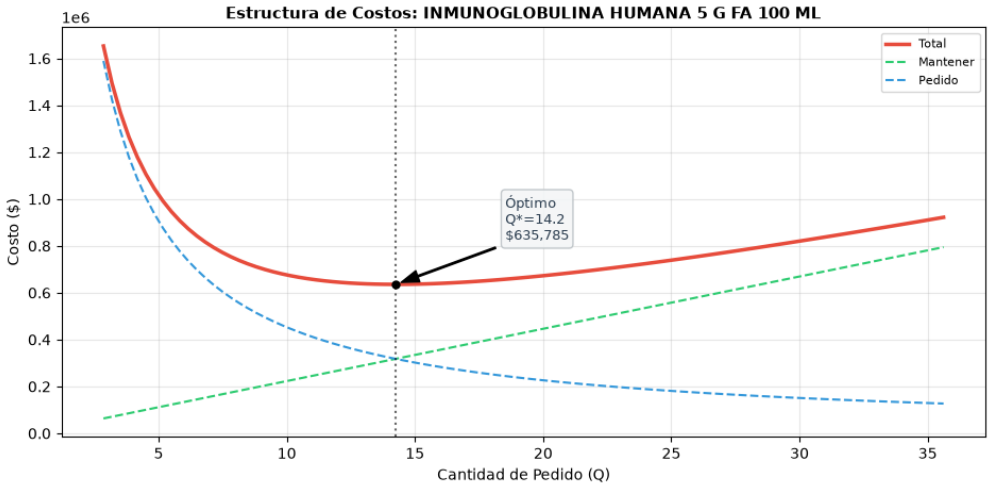
Figura 8-35: Gráfico de costos anuales para primera estructura: Inmunoglobulina humana 5 G FA 100 ML



Fuente: Elaboración propia a través del software propuesto.

Como en los escenarios anteriores, la Figura 8-36 ilustra la segunda estructura. El aumentar Q^* para reducir los mayores costos de validación técnica se combina con el nuevo stock de seguridad, protegiendo así el impacto financiero ante el riesgo de desabastecimiento.

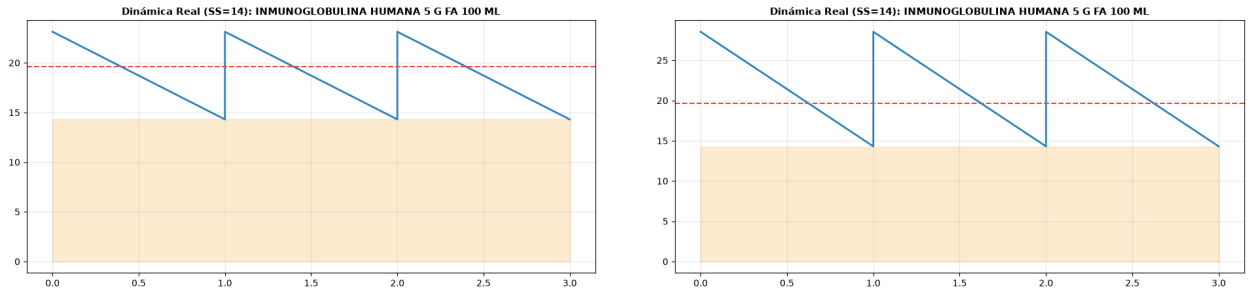
Figura 8-36: Gráfico de costos anuales para segunda estructura: Inmunoglobulina humana 5 G FA 100 ML



Fuente: Elaboración propia a través del software propuesto.

De acuerdo con lo comprobado en los casos anteriores, la Figura 8-37 representa que, en términos de almacenamiento, el sistema reduce la probabilidad de quiebre bajo los supuestos del modelo. Independientemente de si la estrategia obliga a ciclos cortos o extendidos, la curva de consumo converge hacia el punto de reorden con inventario de seguridad.

Figura 8-37: Dinámica proyectada con inventario de seguridad: Primera vs. Segunda estructura para Inmunoglobulina humana 5 G FA 100 ML



Fuente: Elaboración propia a partir de registros históricos del recinto hospitalario.

La Tabla 8-26 resume los resultados de la Inmunoglobulina Humana. En la primera estructura, MODEFA determina un lote de $Q^* = 9$ unidades, asociado a 110 pedidos anuales y un costo logístico anual de $393.672, mientras que en la segunda el lote aumenta a 14 unidades y los pedidos disminuyen a 68, elevando el costo anual a $635.785. Este aumento se relaciona con el mayor costo de emisión y con el aumento del inventario promedio mantenido. En ambos escenarios, el inventario de seguridad ($IS = 14$) y el punto de reorden ($PRO = 20$) permanecen constantes, al depender de la variabilidad de la demanda y de los parámetros de servicio definidos previamente.

Tabla 8-26: Tabla de resultados óptimos de gestión: Inmunoglobulina Humana 5 G FA 100 ML

Indicador Logístico	**Primera estructura**	**Segunda estructura**	**Unidad**
Tamaño de lote EOQ (Q^*)	9	14	[Unid]
Inventario de seguridad (IS)	14	14	[Unid]
Punto de reorden (PRO)	20	20	[Unid]
Número de pedidos (N)	110	68	[Pedido/Año]
Frecuencia de pedido (T)	3	5	[Días]
Costo logístico anual (C_R)	393.672	635.785	[$/Año]

8.9.2.4 Análisis transversal de los modelos aplicados a los fármacos restantes

Para consolidar los resultados del modelo general, se detallan a continuación los parámetros finales para la lista de fármacos seleccionada. Con el objetivo de asegurar su viabilidad operativa y ajustarse a los estándares de reposición, los valores han sido aproximados a números enteros.

La definición de estos parámetros demuestra que la asignación de la estructura de compra para cada fármaco es una decisión estratégica. Según la clasificación de riesgo y el valor del medicamento, para algunos es mejor tener una gestión más segura, mientras que para otros, es preferible elegir una gestión más simple que disminuya la interacción continua con los proveedores.

En cuanto a la primera estructura de costo, la Tabla 8-27 presenta los resultados obtenidos. Su menor costo de emisión genera lotes económicos (Q^*) más reducidos y, en consecuencia, una mayor frecuencia de reposición. El inventario de seguridad y el punto de reorden incorporan la variabilidad de la demanda y permiten reducir la probabilidad de quiebre bajo los supuestos establecidos por el modelo.

Tabla 8-27: Tabla de parámetros de reabastecimiento para primera estructura de costo.

Descripción del Fármaco	Q^* **Lote Óptimo [Unid]**	IS **Stock Seg. [Unid]**	PRO **(Sin IS) [Unid]**	PRO **(Con IS) [Unid]**	N^* **N° Pedidos [Pedido/Año]**	T^* **Frecuencia [Días]**	C_R **Costo Logístico Anual [$/Año]**
ENOXAPARINA 40 MG	664	261	227	488	62	6	223.886
HEPARINA 25.000 UI/5ML	292	77	73	150	46	8	164.256
INSULINA ASPARTATO ULTRARRAPIDA LAPIZ	254	131	99	230	71	5	253.943
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	217	33	33	67	28	13	100.184
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	156	100	92	192	107	3	384.748
METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	4.983	549	1.025	1.574	38	10	134.546
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	26	44	20	64	143	3	510.891
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	12	6	6	13	98	4	352.275
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	12	5	3	9	51	7	181.625
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	118	59	61	120	95	4	339.030
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	51	24	12	36	44	8	159.032
LINAGLIPTINA 5 MG CM	2.030	2.061	1.168	3.228	105	3	376.133
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	4.009	1.731	645	2.376	29	12	105.227
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	973	306	159	465	30	12	106.785
AZTREONAM 1 G FA	143	101	33	133	42	9	149.699
GLUCAGON 1MG	13	6	2	8	30	12	107.797
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA	2	1	1	2	76	5	274.071
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	9	14	5	20	110	3	393.672
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	28	13	6	19	39	9	139.870
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	1.343	251	279	530	38	10	136.027

Por su parte, la Tabla 8-28 presenta los resultados correspondientes a la segunda estructura de costo. El mayor costo de emisión incrementa el lote económico (Q^*), reduce el número de pedidos (N) y amplía el intervalo entre reposiciones (T), aumentando también el costo logístico relevante (C_R). En cambio, el inventario de seguridad (IS) y el punto de reorden (PRO) permanecen constantes, dado que dependen de la demanda, su variabilidad, el nivel de servicio y el tiempo de reposición, parámetros que no se modifican entre ambas estructuras.

Tabla 8-28: Tabla de parámetros de reabastecimiento para segunda estructura de costo.

Descripción del Fármaco	Q^* Lote Óptimo [Unid]	IS Stock Seg. [Unid]	PRO (Sin IS) [Unid]	PRO (Con IS) [Unid]	N^* N° Pedidos [Pedido/Año]	T^* Frecuencia [Días]	C_R Costo Logístico Anual [$/Año]
ENOXAPARINA 40 MG	1.072	261	227	488	39	9	361.578
HEPARINA 25.000 UI/5ML	472	77	73	150	28	13	265.276
INSULINA ASPARTATO ULTRARRAPIDA LAPIZ	410	131	99	230	44	8	410.120
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	350	33	33	67	17	21	161.798
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	253	100	92	192	66	5	621.373
METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	8.048	549	1.025	1.574	23	16	217.293
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	42	44	20	64	88	4	825.094
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	19	6	6	13	61	6	568.929
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	20	5	3	9	31	12	293.327
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	190	59	61	120	59	6	547.536
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	82	24	12	36	27	13	256.838
LINAGLIPTINA 5 MG CM	3.279	2.061	1.168	3.228	65	6	607.459
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	6.474	1.731	645	2.376	18	20	169.942
PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	1.571	306	159	465	18	20	172.459
AZTREONAM 1 G FA	230	101	33	133	26	14	241.766
GLUCAGON 1MG	21	6	2	8	19	20	174.094
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA	3	1	1	2	47	8	442.627
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	14	14	5	20	68	5	635.785
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	44	13	6	19	24	15	225.892
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	2.170	251	279	530	24	16	219.684

8.9.3 Proyección de demanda y consolidación de parámetros

Una vez generadas las proyecciones mensuales para el periodo comprendido entre agosto de 2026 y julio de 2027, se consolidaron los parámetros de demanda correspondientes a los 18 medicamentos incluidos en la proyección multiperiodo, de acuerdo con el procedimiento establecido en la Sección 7.7.5.

A partir de estas proyecciones, la herramienta consolidó los doce meses siguiendo el procedimiento establecido en la Sección 7.7.6. De esta manera, para cada medicamento se obtuvo la demanda total proyectada (D), mediante la Ecuación 44, y la desviación estándar de las estimaciones mensuales (σ), calculada según la Ecuación 45.

Estos resultados permiten transformar la proyección mensual en parámetros directamente

utilizables por los modelos de inventario. La demanda total representa el requerimiento esperado durante el horizonte de planificación, mientras que la desviación estándar refleja la variabilidad entre los meses proyectados. Junto con el costo unitario de adquisición (C_i), estos indicadores permiten cuantificar los requerimientos logísticos y su impacto presupuestario.

La Tabla 8-29 consolida los resultados correspondientes a los 18 medicamentos modelados mediante descomposición multiplicativa.

Tabla 8-29: Tabla de parámetros con medicamentos por descomposición multiplicativa.

Descripción del Fármaco	D **Demanda Total [Unid]**	σ **Desv. Std. Pron [Unid]**	C_i **Costo Unitario [$/Unid]**	DC **Gasto Anual de Adquisición [$]**
Grupo 1: VITALES Y VARIABILIDAD BAJA (AVX)				
ENOXAPARINA 40 MG	39.606	232	1.349	53.427.982
HEPARINA 25.000 UI/5ML	14.578	146	2.250	32.800.733
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	22.928	157	9.840	225.616.219
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	4.891	47	1.850	9.048.131
INSULINA ASPARTATO ULTRARRAPIDA LAPIZ	24.277	228	4.000	97.108.503
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	44.296	513	405	17.939.880
Grupo 2: VITALES Y VARIABILIDAD MEDIA (AVY)				
AZTREONAM 1 G FA	11.570	257	4.200	48.593.461
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	6.276	104	79.418	498.430.994
GLUCAGON 1MG	437	5	33.000	14.431.584
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA	185	4	704.483	130.217.884
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	1.250	25	20.330	25.407.875
Grupo 3: ESENCIALES Y VARIABILIDAD BAJA (AEX)				
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	1.595	9	117.774	187.832.257
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	471	6	59.001	27.794.992
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	14.948	155	11.500	171.906.324
Grupo 4: ESENCIALES Y VARIABILIDAD MEDIA (AEY)				
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	2.580	34	12.590	32.483.026
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	1.297	46	178.500	231.572.265
LINAGLIPTINA 5 MG CM	296.190	5.806	741	219.476.925
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	164.761	3.495	105	17.299.857

8.9.3.1 Cálculo de políticas de inventario y lote económico

Una vez consolidados los parámetros de demanda y variabilidad mediante el procedimiento anterior, se aplicaron las políticas de inventario definidas en la Sección 7.8. Para ello, MODEFA

integró la demanda total proyectada (D), la desviación estándar (σ), los costos unitarios de adquisición y los parámetros operativos definidos previamente.

Debido a la existencia de dos estructuras de costo de emisión, los cálculos fueron ejecutados para ambas estructuras operativas. Esto permitió analizar su efecto sobre el tamaño óptimo de pedido (Q^*), el número y frecuencia de reposiciones, manteniendo los parámetros de protección asociados al nivel de servicio y a la variabilidad de la demanda.

Las Tablas 8-30 y 8-31 presentan los resultados obtenidos para ambas configuraciones.

Tabla 8-30: Tabla de parámetros del modelo final propuesto para primera estructura.

Descripción del Fármaco	Q^* **Lote Óptimo [Unid]**	IS **Stock Seg. [Unid]**	PRO **(Sin IS) [Unid]**	PRO **(Con IS) [Unid]**	N^* **N° Pedidos [Pedido/Año]**	T^* **Frecuencia [Días]**	C_R **Costo Logístico Anual [$/Año]**
ENOXAPARINA 40 MG	649	99	218	317	61	6	218.796
HEPARINA 25.000 UI/5ML	305	62	80	142	48	8	171.434
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	183	67	126	193	125	3	449.613
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	195	20	27	47	25	14	90.040
INSULINA ASPARTATO ULTRARRAPIDA LAPIZ	295	97	133	231	82	4	294.973
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	1.252	219	243	462	35	10	126.784
AZTREONAM 1 G FA	199	109	64	173	58	6	208.662
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	34	44	34	79	186	2	668.277
GLUCAGON 1MG	14	2	2	4	32	11	113.713
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA	2	2	1	3	95	4	341.578
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	30	10	7	17	42	9	150.882
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	14	4	9	13	114	3	410.241
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	11	3	3	5	44	8	157.811
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	137	66	82	148	110	3	392.464
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	54	14	14	29	48	8	170.601
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	10	20	7	27	127	3	455.509
LINAGLIPTINA 5 MG CM	2.394	2.474	1.627	4.101	124	3	443.454
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	4.743	1.489	905	2.394	35	10	124.502

Tabla 8-31: Tabla de parámetros del modelo final propuesto para segunda estructura.

Descripción del Fármaco	Q^* **Lote Óptimo [Unid]**	IS **Stock Seg. [Unid]**	PRO **(Sin IS) [Unid]**	PRO **(Con IS) [Unid]**	N^* **N° Pedidos [Pedido/Año]**	T^* **Frecuencia [Días]**	C_R **Costo Logístico Anual [$/Año]**
ENOXAPARINA 40 MG	1.048	99	218	317	38	10	353.357
HEPARINA 25.000 UI/5ML	492	62	80	142	30	12	276.867
LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	295	67	126	193	78	5	726.130
INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	314	20	27	47	16	23	145.415
INSULINA ASPARTATO ULTRARRAPIDA LAPIZ	476	97	133	231	51	7	476.385
FISIOLOGICO 0.9 % 500ML	2.022	219	243	462	22	17	204.757
AZTREONAM 1 G FA	321	109	64	173	36	10	336.991
CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	54	44	34	79	115	3	1.079.274
GLUCAGON 1MG	22	2	2	4	20	19	183.648
TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA	3	2	1	3	59	6	551.651
VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	48	10	7	17	26	14	243.676
ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	23	4	9	13	71	5	662.544
ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML	17	3	3	5	27	13	254.866
INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	220	66	82	148	68	5	633.834
ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	88	14	14	29	29	12	275.523
INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	16	20	7	27	79	5	735.652
LINAGLIPTINA 5 MG CM	3.866	2.474	1.627	4.101	77	5	716.183
MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	7.660	1.489	905	2.394	22	17	201.072

El análisis de ambas estructuras evidencia el efecto del costo de emisión de órdenes sobre la política de reposición. En la segunda estructura, el mayor costo de emisión incrementa el lote económico, reduce el número anual de pedidos y amplía el intervalo entre reposiciones. En términos agregados, las órdenes disminuyen de 1.391 a 864 pedidos anuales, equivalente a una reducción aproximada del 37,9 %. Sin embargo, el costo logístico relevante anual aumenta desde aproximadamente $4.99 millones en la primera estructura hasta $8.06 millones en la segunda.

Por otra parte, el inventario de seguridad y el punto de reorden permanecen constantes entre ambas estructuras, debido a que dependen de la demanda proyectada, su variabilidad, el nivel de servicio y el tiempo de reposición. Asimismo, se observan diferencias entre medicamentos: los de mayor costo unitario presentan lotes más reducidos y mayores costos logísticos, mientras que aquellos de mayor consumo requieren lotes de mayor tamaño. Esto refuerza la necesidad de definir políticas de reposición específicas para cada medicamento.

9 Discusión

Los resultados muestran que la gestión del inventario farmacéutico requiere diferenciar los medicamentos según sus características. La clasificación ABC permitió identificar la concentración del gasto, mientras que las dimensiones VED y XYZ incorporaron la criticidad clínica y la variabilidad del consumo. Esta combinación resulta relevante, ya que un medicamento de bajo volumen puede representar igualmente un alto impacto asistencial o presupuestario. Asimismo, la evolución observada en la clasificación XYZ evidencia que la variabilidad puede cambiar con el tiempo, por lo que las clasificaciones y parámetros del modelo deben actualizarse periódicamente.

Además, los resultados del pronóstico confirman que no existe un único método para las series. La descomposición multiplicativa presentó el mejor desempeño en 18 de los 20 medicamentos evaluados, mientras que el Metamizol se ajustó mejor con el promedio móvil de 12 periodos y el Paracetamol solución inyectable con el método de Brown. Esto respalda la evaluación individual de cada serie y demuestra que una mayor complejidad matemática no implica necesariamente una mejor precisión. En este sentido, MODEFA aporta en lograr sistematizar la comparación de alternativas y seleccionar el modelo de mejor desempeño para cada medicamento.

La validación con consumos posteriores al ajuste mostró que, aun cuando los modelos presentan un buen desempeño, existe incertidumbre en la demanda. Además, el error porcentual debe interpretarse junto con la desviación en unidades, ya que pequeñas diferencias pueden generar porcentajes elevados en medicamentos de baja rotación, mientras que desviaciones porcentualmente menores pueden representar un volumen considerable en productos de alto consumo.

Esta incertidumbre justifica complementar los pronósticos con políticas de inventario. El inventario de seguridad y el punto de reorden permiten incorporar un margen de protección frente a desviaciones de la demanda, mientras que el modelo EOQ establece el equilibrio entre los costos de ordenar y mantener existencias. Los resultados obtenidos bajo las dos estructuras de costo de emisión muestran que, al aumentar dicho costo, se incrementa el tamaño óptimo del pedido y disminuye la frecuencia de reposición. En cambio, el inventario de seguridad y el punto de reorden dependen de la variabilidad de la demanda, el tiempo de reposición y el nivel de servicio definido.

Los resultados también confirman que el volumen de consumo no representa por sí solo la importancia logística de un medicamento. Fármacos de menor demanda, como la Ceftazidima/Avibactam, pueden generar un impacto presupuestario elevado debido a su costo unitario, reforzando la necesidad de considerar conjuntamente demanda, costo y criticidad. En este contexto, MODEFA integra el procesamiento de datos, la evaluación de pronósticos y el cálculo de políticas de inventario en una misma herramienta, facilitando la actualización de los análisis sin sustituir el criterio profesional frente a situaciones extraordinarias.

Finalmente, los resultados deben interpretarse considerando las limitaciones del estudio. El consumo dispensado se utiliza como aproximación de la demanda, el análisis se concentra en un conjunto priorizado de medicamentos y se emplean supuestos comunes de tiempo de reposición y nivel de servicio. Asimismo, la validación disponible corresponde a un periodo acotado. Por ello, la principal contribución de la propuesta consiste en estructurar la incertidumbre mediante un procedimiento cuantitativo y reproducible que vincula clasificación, pronóstico y políticas de inventario, proporcionando una base para apoyar y actualizar la gestión de abastecimiento hospitalario.

10 Conclusiones y Recomendaciones

La presente investigación permitió desarrollar una propuesta integrada de pronóstico de demanda y gestión de inventarios para medicamentos priorizados de la Unidad de Farmacia del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca. El procedimiento articuló la clasificación de los medicamentos, el análisis de sus series históricas, la evaluación de modelos de pronóstico y la formulación de políticas de reabastecimiento, integrando posteriormente estos componentes mediante la plataforma computacional MODEFA.

La clasificación ABC–VED–XYZ permitió priorizar el catálogo considerando simultáneamente el impacto económico, la criticidad clínica y la variabilidad del consumo. A partir de esta segmentación fue posible concentrar el modelamiento en aquellos medicamentos de mayor relevancia para el abastecimiento y con series adecuadas para la aplicación de técnicas de pronóstico. De esta manera, la clasificación constituyó el vínculo entre el diagnóstico general del inventario y la selección de los medicamentos sometidos al análisis cuantitativo.

En relación con el pronóstico de demanda, los resultados evidenciaron que no existe un método que deba aplicarse uniformemente a todas las series. La descomposición multiplicativa presentó el mejor desempeño, según MAD y RMSE, en 18 de los 20 medicamentos evaluados, mientras que el promedio móvil de 12 periodos obtuvo los menores errores para el Metamizol y el método de Brown fue seleccionado para el Paracetamol solución inyectable. Estos resultados respaldan la conveniencia de evaluar distintas configuraciones y seleccionar el modelo de manera individual de acuerdo con el comportamiento de cada medicamento.

La validación mediante información posterior al ajuste mostró, además, que las proyecciones mantienen un grado de incertidumbre variable entre los medicamentos. El análisis conjunto del error porcentual y de la desviación en unidades evidenció que la importancia de una diferencia depende también del volumen de consumo de cada fármaco. Por esta razón, los pronósticos deben interpretarse como estimaciones cuantitativas de apoyo a la planificación y no como valores deterministas capaces de representar por sí solos la demanda futura.

A partir de las proyecciones se formularon políticas de inventario bajo un esquema de revisión continua, incorporando el lote económico de compra, el inventario de seguridad y el punto de reorden. La comparación de las dos estructuras de costo de emisión confirmó el comportamiento esperado del modelo EOQ: un mayor costo por pedido conduce a lotes de mayor tamaño y a una menor frecuencia de reposición. Por otra parte, el inventario de seguridad y el punto de reorden permanecen determinados por la demanda, su variabilidad, el nivel de servicio y el tiempo de reposición establecido.

La integración mediante MODEFA permitió sistematizar el procesamiento de la información, la comparación de modelos de pronóstico y el cálculo de los parámetros asociados a las políticas de inventario. Más allá de los modelos utilizados en esta investigación, la estructura metodológica desarrollada puede servir como base para futuras extensiones que incorporen nuevas técnicas de pronóstico y permitan comparar su desempeño mediante criterios de evaluación equivalentes. De igual forma, el procedimiento de gestión de inventarios puede ampliarse mediante otras formulaciones que representen condiciones operativas diferentes a las consideradas en el modelo de lote económico clásico.

En particular, una línea de continuidad corresponde a la incorporación del modelo de lote económico con reabastecimiento no instantáneo, cuya aplicación permitiría representar situaciones en las que la recepción de los medicamentos ocurra de manera progresiva. Para ello, futuras investigaciones deberán disponer de información asociada a las tasas de entrega y consumo requeridas por este modelo, permitiendo evaluar su pertinencia frente a las políticas de reposición desarrolladas en esta memoria. Asimismo, MODEFA puede extenderse para incorporar nuevos algoritmos de pronóstico, medicamentos con patrones de consumo más irregulares y parámetros logísticos diferenciados por proveedor o tipo de abastecimiento.

No obstante, los resultados obtenidos corresponden a una propuesta de apoyo a la planificación y no permiten afirmar todavía una reducción efectiva de costos, de quiebres de inventario o una mejora de indicadores clínicos. La comprobación de estos efectos requiere una aplicación prospectiva de las políticas propuestas y su comparación con el desempeño operacional observado durante un periodo suficiente. Del mismo modo, la actualización periódica de los registros y parámetros será necesaria para mantener la representatividad de los modelos frente a cambios en el comportamiento de la demanda y en las condiciones de abastecimiento.

En síntesis, la investigación establece un procedimiento cuantitativo y reproducible que vincula clasificación, pronóstico e inventarios dentro de una misma estructura de análisis. Su principal contribución no se limita a los resultados obtenidos para los medicamentos estudiados, sino que proporciona una base metodológica y computacional susceptible de ser actualizada y extendida mediante nuevas técnicas de pronóstico y modelos de gestión de inventarios. De esta manera, la propuesta constituye un punto de partida para futuras investigaciones orientadas a profundizar y ampliar el apoyo cuantitativo a la planificación del abastecimiento farmacéutico.

Referencias Bibliográficas

Acuña Garcia, José Hipólito, Adriana Mercedes Lam Vivanco y Flor María Espinoza Carrión (2024). «Relación entre la Gestión de Inventarios y Disponibilidad de Medicamentos en el Hospital Público Dr. Francisco Vásquez Balda de Pedernales en Manabí». En: *Revista Científica Arbitrada en Investigaciones de la Salud (RVDC)* 6.2. DOI: 10.61616/rvdc.v6i2.626. URL: https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i2.626 (Citado en las páginas 30, 32).

Ballou, Ronald H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. 5.ª ed. México: Pearson Educación (Citado en las páginas 41, 43, 48, 56, 58, 61, 63 s., 66 s.).

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (2026). *Reporte Comunal 2026: Quillota*. Reporte en línea. [Reporte en línea. Sistema Integrado de Información Territorial (SIIT)]. Santiago, Chile. URL: https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?idcom=5501 (Citado en la página 26).

Canal Local (mayo de 2026). *Preocupación por recorte al Hospital Biprovincial Quillota-Petorca tras decisión de Hacienda*. Página web oficial. (Visitado 29-06-2026) (Citado en la página 31).

CENABAST (2026). *Quiénes Somos - Institución*. Página web oficial. URL: https://www.cenabast.cl/institucion/quienes-somos/ (visitado 01-05-2026) (Citado en la página 20).

Fernández-Calderón, Gabriela De Lourdes (2025). «Gestión de riesgo en procesos críticos asistenciales, revisión sistemática». En: *Gestio et Productio. Revista Electrónica de Ciencias Gerenciales* 7.13. DOI: 10.35381/gep.v7i13.542 (Citado en la página 30).

Gobierno de Chile (2022). *Presidente Boric participa en la puesta en marcha del Hospital Biprovincial Quillota-Petorca*. Página web. [Página web en línea]. URL: https://www.gob.cl/noticias/presidente-boric-participa-en-puesta-en-marcha-del-hospital-biprovincial-quillota-petorca/ (Citado en la página 27).

González, C., C. Castillo-Laborde e I. Matute, eds. (2019). *Serie de salud poblacional: Estructura y funcionamiento del sistema de salud chileno*. Santiago, Chile: Centro de Epidemiología y Políticas de Salud (CEPS), Facultad de Medicina CAS-UDD (Citado en las páginas 14 ss., 20).

Hansun, Seng (sep. de 2016). «A New Approach of Brown's Double Exponential Smoothing Method in Time Series Analysis». En: *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering* 4.2. ISSN: 2147-284X. URL: https://www.researchgate.net/publication/309165009_A_New_Approach_of_Brown's_Double_Exponential_Smoothing_Method_in_Time_Series_Analysis (Citado en la página 46).

Heizer, Jay y Barry Render (2004). *Principios de administración de operaciones*. 7.ª ed. México: Pearson Educación (Citado en la página 77).

Hogarth, Robin M. y Spyros Makridakis (feb. de 1981). «Forecasting and Planning: An Evaluation». En: *Management Science* 27.2, págs. 115-138. DOI: 10.1287/mnsc.27.2.115. URL: https://doi.org/10.1287/mnsc.27.2.115 (Citado en la página 38).

Hospital Biprovincial Quillota-Petorca (2026). *Acerca del Hospital*. Página web oficial. URL: [https://www.hospitalquillotapetorca.cl/quienes-somos/acerca-del-hospital/] (visitado 03-08-2026) (Citado en la página 26).

Instituto de Salud Pública de Chile (2013). *Medicamentos en Chile: Revisión de la evidencia del mercado nacional de fármacos*. [Informe. Santiago, Chile. Centro Nacional de Farmacoeconomía (CENAFAR)]. Santiago, Chile. URL: https://www.ispch.cl/sites/default/files/EstudioMedicamentos-22012014A.pdf (Citado en la página 30).

Jacobs, F. Robert y Richard B. Chase (2019). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. 15.ª ed. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Education (Citado en las páginas 24, 54 s., 57).

Krajewski, Lee J., Larry P. Ritzman y Manoj K. Malhotra (2008). *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor*. 8.ª ed. México: Pearson Educación (Citado en las páginas 32, 38, 45 s., 53, 108).

López, Nicolás Andrés (ene. de 2021). «Propuesta de modelo de inventario de medicamentos para el área farmacéutica del Hospital San Martín de Quillota». Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María (Citado en las páginas 68, 95).

Ministerio de Salud de Chile y Central Nacional de Abastecimiento (CENABAST) (feb. de 2018). *Los 10 medicamentos que generan el mayor gasto en el sector público de salud. Chile 2016*. Santiago, Chile: Ministerio de Salud de Chile (Citado en la página 21).

Minitab (2026). *Métodos y fórmulas para el Método de Winters*. Soporte de Minitab. URL: https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/time-series/how-to/winters-method/methods-and-formulas/methods-and-formulas/#additive (visitado 25-09-2026) (Citado en las páginas 49 s.).

Morales Ibarra, Rafael (ago. de 2019). *Unidad de Aprendizaje: Series de Tiempo. Método por descomposición*. Notas de curso. Facultad de Economía, Universidad Autónoma del Estado de México (Citado en la página 47).

Organización Mundial de la Salud (2024). *Medicamentos esenciales*. Página web. [Página web en línea]. URL: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/essential-medicines (Citado en la página 30).

Pazols Gelman, I. (2020). *Modelo para estimar la demanda y gestionar el inventario de antibióticos estandarizados en el Hospital Clínico de la Red de Salud UC Christus*. Memoria de título. [Memoria de título. Santiago, Chile. Universidad de Chile]. Santiago, Chile (Citado en la página 31).

Rojas Zúñiga, Fernando et al. (2015). «Propuesta de abastecimiento de medicamentos coordinando multiniveles de demanda. Un caso ilustrativo chileno». En: *Estudios Gerenciales* 31.137, págs. 419-431. DOI: 10.1016/j.estger.2015.08.001 (Citado en la página 25).

Silva-Aravena, Fabián, Irlanda Ceballos-Fuentealba y Eduardo Álvarez-Miranda (2020). «Inventory Management at a Chilean Hospital Pharmacy: Case Study of a Dynamic Decision-Aid Tool». En: *Mathematics* 8.11, pág. 1962. DOI: 10.3390/math8111962. URL: https://www.mdpi.com/2227-7390/8/11/1962 (Citado en las páginas 31 s.).

Urbagesa (2024). *El proceso ABC en farmacias: cómo funciona*. Artículo en línea. [Artículo en línea. Madrid, España.]. Madrid, España. URL: https://www.comprar-farmacias-urbagesa.es/noticias/el-proceso-abc-en-farmacias-como-funciona (Citado en la página 68).

Vandeput, Nicolas (2020). *Inventory Optimization: Models and Simulations*. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH. ISBN: 978-3-11-067391-3 (Citado en la página 88).

Anexos

Figura 10-1: Tabla de distribución normal estándar

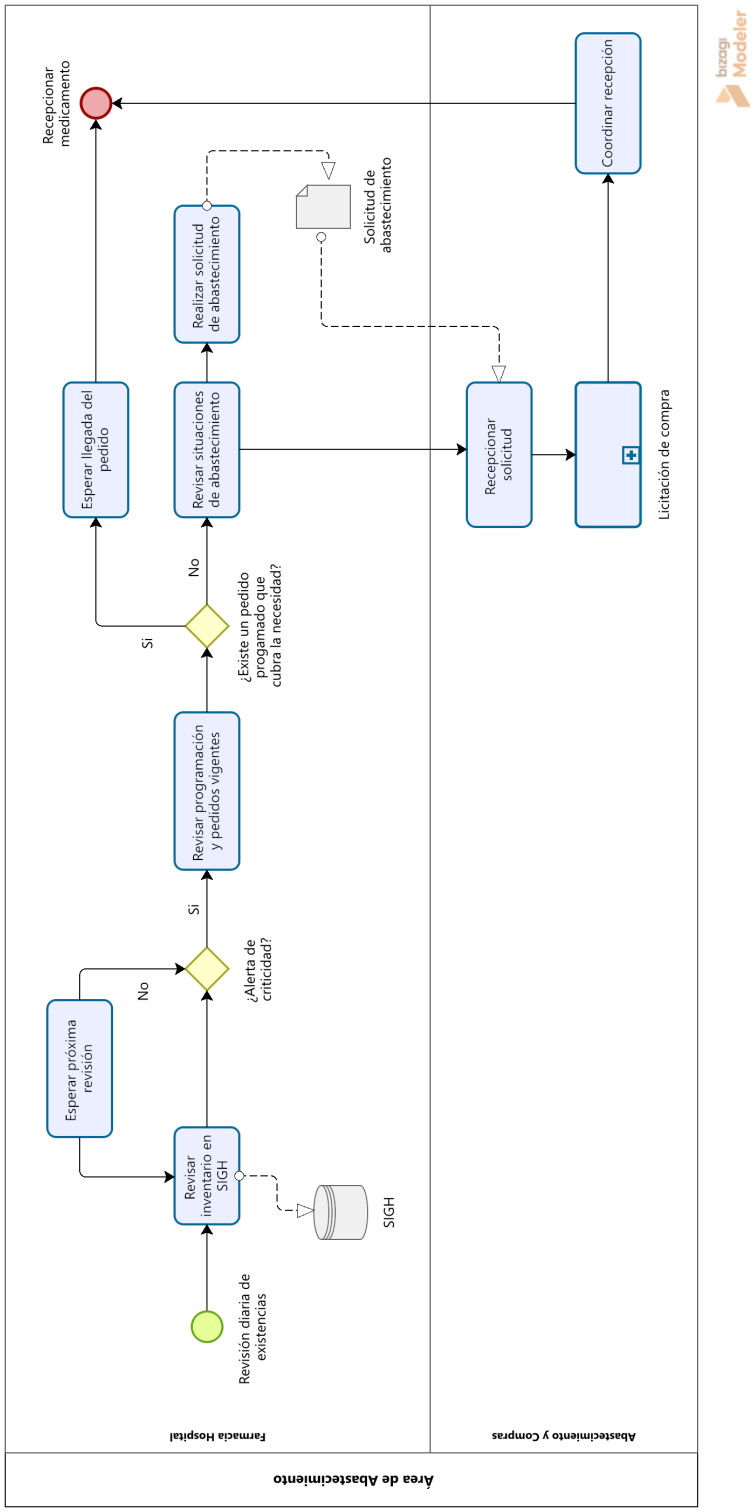
TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

$$P(Z \leq z) = F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$



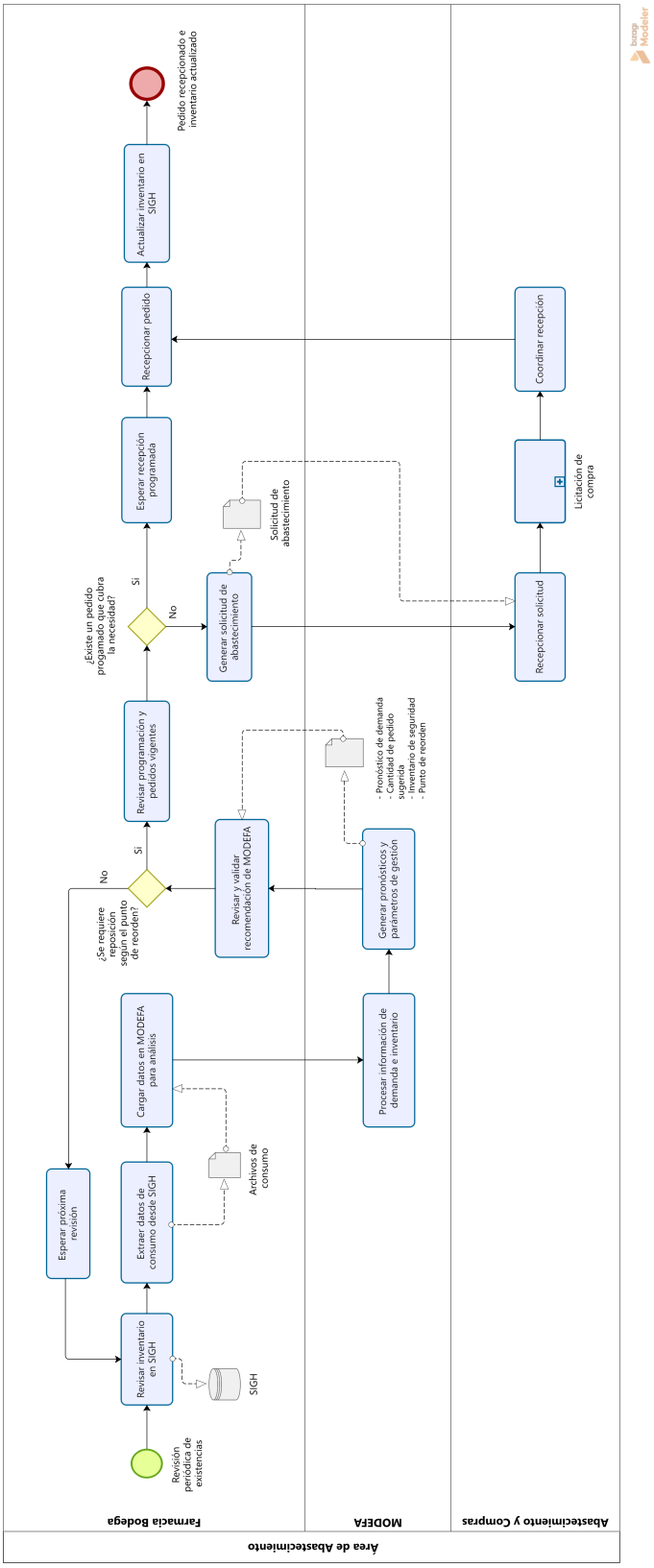
z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

Figura 10-2: Proceso de abastecimiento actual



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10-3: Proceso propuesto de abastecimiento con apoyo de MODEFA



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10-1: Tabla de dimensiones y volumetría estandarizada según categoría de empaque.

Categoría de Empaque	Dimensiones (cm)			Volumen (cm^3)
	Largo	Ancho	Alto	
Grandes bultos				
Caja grande x 20 unidades	38	33	23	28.842
Caja grande x 2 o 4 unidades	38	24	22	20.064
Caja especial inyectable	23	41	9,5	8.959
Caja grande 40 a 100 u	40	29	27	31.320
Ampollas o frasco ampolla				
Caja ampolla x100	11	12	8	1.056
Caja frasco ampolla x 50	14	27	6	2.268
Caja ampolla grande x100	17,5	19,5	10	3.413
Caja ampolla pequeña x5 o x10	3	7,5	7,5	169
Caja especial X1	9	15	3	405
Gotas o Frascos				
Frasco gotas o ampolla x 1	3,5	8	4	112
Comprimidos o cápsulas				
Caja 1000 CM	22	23	9	4.554
Caja +/- 30 CM	8,5	6,5	3	166
Caja +/- 100 CM	10	7	7	490
Caja especial CM	9	15	3	405
Caja crema x 1	13	3,5	3	137
Insulinas				
Caja insulina x 1	7,5	2,5	2	38
Caja insulina x 1 grande	16	6	3,5	336
Caja insulina x 5	16,5	8	2,5	330

Tabla 10-2: Tabla de Tiempos logísticos y cálculo de costo por pedido para segunda estructura.

Actividad	**Artículos**	**Horas Totales**	**Tiempo por Pedido**	**Costo por Hora**	**Costo por Pedido**
	[Unid]	[Hora/Año]	[Hora]	[$/Hora]	[$/Pedido]
Programación CENABAST	446	44	0,099	19.375	1.911
Gestión ICP	446	324	0,061	19.375	1.173
Reprogramación	446	216	0,040	19.375	783
Revisión faltas	650	1.300	0,041	19.375	807
Total	**2.434**	**2.208**	**0,241**	**19.375**	**4.674**

Tabla 10-3: Tabla de desglose de costos del grupo de profesionales por estructura.

Profesional	**Sueldo Base**	**Costo Diario**	**Costo por Hora**	**Tiempo por Pedido**	**Costo por Pedido**
	[$/Mes]	[$/Día]	[$/Hora]	[Hora]	[$/Pedido]
Primera estructura (S_1)					
Profesional 1	600.000	30.000	3.750	0,167	625
Profesional 2	550.000	27.500	3.438	0,167	573
Profesional 3	570.000	28.500	3.563	0,167	594
Subtotal	**1.720.000**	**86.000**	**10.750**	**-**	**1.792**
Segunda estructura (S_2)					
Profesional 4	3.100.000	155.000	19.375	0,241	4.674

Nº	Glosa	Forma Farmacéutica	ABC	VED	XYZ
1	ACICLOVIR	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
2	AMIKACINA SULFATO 100MG/2ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
3	AMIKACINA SULFATO 500MG/2ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
4	AMOXICILINA 500MG.	Comprimidos o cápsulas	C	V	X
5	AMOXICILINA 500MG/5 ML SUSP.POLVO	Grandes bultos	C	E	Z
6	AMPICILINA 500 MG FA INYECTABLE EV	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Y
7	AZTREONAM 1 G FA	Ampollas o frasco ampolla	A	V	Y
8	OSELTAMIVIR 75 MG CM O CP	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
9	CEFAZOLINA 1 GR. FAM	Ampollas o frasco ampolla	B	V	X
10	CEFTRIAXONA 1 GR. FAM	Ampollas o frasco ampolla	B	V	X
11	CEFOTAXIMA 1 GR. FAM	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
12	CLINDAMICINA 600 MG/4 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Y
13	CLORANFENICOL SOL.OFT.	Gotas o Frascos	C	V	X
14	CLORANFENICOL UNG. OFT.	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
15	CIPROFLOXACINO 500 MG (COMPRIMIDOS)	Comprimidos o cápsulas	C	V	Y
16	CLOXACILINA 500MG. FA	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
17	CLOXACILINA SODICA 500 MG COMP	Grandes bultos	C	E	Z
18	HIDROCORTISONA 20 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
19	HIDROCORTISONA 100 MG.POLVO LIOFILIZADO	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Y
20	HIDROCORTISONA 500 MG POLVO LIOFILIZADO	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
21	FLUCONAZOL 150MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
22	FLUCLOXACILINA 250 MG/5 ML X 60ML FC	Grandes bultos	C	V	Z
23	FLUCLOXACILINA 500 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	V	Y
24	GENTAMICINA 80MG/2ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
25	GENTAMICINA SULFATO 3MG/1ML (0.3%) FCO DE 5 ML SOL. OFT (COLIRIO)	Gotas o Frascos	C	V	Z
26	GENTAMICINA UNG. OFT. TU	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
27	ISONIAZIDA 100 MG.CM	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
28	NISTATINA UNGUENTO 100.000 UNG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
29	PENICILINA.BENZATINA 1.200.000 UI.SOLO VIA IM.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
30	PENICILINA SODICA 2000000 UI (VIA IM. IV)	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
31	PIRAZINAMIDA 500 MG CP	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
32	PREDNISONA 20 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
33	PREDNISONA 20 MG/5 ML SOL. ORAL FRASCO 60 ML	Grandes bultos	C	E	Z
34	METILPREDNISOLONA ACETATO 40MG/ML SOLO ADM VIA IM. PERIARTICULAR. INTRASINOVIAL. INTRABURSAL.	Gotas o Frascos	C	E	Z
35	METILPREDNISOLONA SUCCINATO 1 GR.	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Z
36	METILPREDNISOLONA SUCC. 125 MG FA	Gotas o Frascos	C	D	Z
37	PREDNISONA 5 MG	Comprimidos o cápsulas	B	V	X
38	RIFAMPICINA 150 MG CM (SOLO TBC)	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
39	NIFURTIMOX 120 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
40	BENZNIDAZOL 100 MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
41	CEFTAZIDIMA 1GR	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Y
42	SULBACTAM 0.5GR/AMPICILINA 1GR	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Y
43	BETAMETS.ACETATO/BETAMETS.FOSFATO (CIDOTEN RAPI LENTO) 3 MG / ML -FCO 3 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	V	X
44	GENTAMICINA/BETAMETASONA COLIRIO FC	Gotas o Frascos	C	E	Z
45	GENTAMICINA/BETAMETASONA UNG OFT	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
46	DEXAMETASONA FOSFATO SODICO 4MG/ML AM.	Ampollas o frasco ampolla	B	E	X
47	CLARITROMICINA 250 MG/5 ML FC 60 - 80 ML	Grandes bultos	C	D	Z
48	CLARITROMICINA 500 MG	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
49	AZITROMICINA 500 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
50	TOBRAMICINA 0.3% COLIRIO FC	Gotas o Frascos	C	V	Z
51	CEFEPIME 1 G FAM	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
52	CIPROFLOXACINO 0.3%/DEXAMETASONA 0.1% SOL. OTICA	Gotas o Frascos	C	V	Z
53	LINEZOLIDA 600MG/300ML	Grandes bultos	B	V	Z
54	DEXAMETASONA 4MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
55	CEFADROXILO 250MG/5 ML FC 60 ML	Grandes bultos	C	E	Z
56	BETAMETASONA 0.05 15 GR. CREMA	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
57	ETAMBUTOL 400MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
58	AZITROMICINA 500 MG FA	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Z
59	AMOXICILINA 875 MG.+AC.CLAVULANICO	Comprimidos o cápsulas	B	V	Y
60	CIPROFLOXACINO 0.3%/5ML SOL.OFT.	Gotas o Frascos	C	E	Z
61	IMIQUIMOD 5% CREMA TOPICA	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
62	METILPREDNISOLONA 500 MG	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
63	COL. TOBRAMICINA-DEXAMETASONA	Gotas o Frascos	B	E	Z
64	UNG. TOBRAMICINA-DEXAMETASONA	Comprimidos o cápsulas	B	E	Z
65	VANCOMICINA 500MG/10ML	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Y
66	VANCOMICINA 1 G FA	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Y
67	FOSFOMICINA 1GR EV.	Ampollas o frasco ampolla	A	V	Z
68	AMOXICLAV 800/57 MG/5 ML SUSP 70 ML	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
69	IMIPENEM 500 MG +CILASTATINA 500 MG	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Y
70	CIPROFLOXACINO 200 MG/100 ML AMPOLLA	Grandes bultos	C	D	Z
71	ACICLOVIR 250 MG FA POLVO LIOF.	Gotas o Frascos	B	E	Z
72	LAMIVUDINA 150MG + ZIDOVUDINA 300MG (COMBIVIR)	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
73	OSELTAMIVIR SUSP. 12 MG/ML FC 75 ML	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
74	ERTAPENEM 1 G POLVO LIOF. FA	Ampollas o frasco ampolla	A	E	Y
75	TAZOBACTAM 500 MG + PIPERACILINA 4 G FA	Ampollas o frasco ampolla	A	E	Y
76	AZITROMICINA 200 MG/5 ML SUSP 15 A 30 ML	Grandes bultos	C	D	Z
77	LEVOFLOXACINO 500 MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
78	ANIDULAFUNGINA 100 MG FA	Gotas o Frascos	A	D	Z
79	VANCOMICINA 250 MG CAPSULAS	Comprimidos o cápsulas	B	D	Z
80	COLISTIN 100 MG FRASCO AMPOLLA	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z

Nº	Glosa	Forma Farmacéutica	ABC	VED	XYZ
81	COLISTIN 150 MG POLVO P INYECCIÒN FA	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
82	MOXIFLOXACINO 0.5% SOL OFTALMICO 5 ML	Gotas o Frascos	B	E	Y
83	RIFAXIMINA 200 MG CM	Comprimidos o cápsulas	A	D	Y
84	MEROPENEM 1 G FA	Ampollas o frasco ampolla	B	D	Y
85	MOMETASONA 50 MCG/DOSIS NEBULIZADOR NASAL	Gotas o Frascos	B	D	Y
86	CEFADROXILO 500 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	E	X
87	LEVOFLOXACINO 500 MG/100 ML MATRAZ	Grandes bultos	C	E	Z
88	DOXICICLINA 100 MG CM (UNACESS)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
89	CLOTRIMAZOL 1% CREMA TUBO 15 A 20 G	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
90	TRIAMCINOLONA ACETONIDO 40 MG/ML AM	Gotas o Frascos	C	D	Z
91	FLUDROCORTISONA 0.1 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
92	CEFTAZIDIMA/AVIBACTAM 2/0.5 G FA	Ampollas o frasco ampolla	A	V	Y
93	ACENOCUMAROL 4 MG.CM	Comprimidos o cápsulas	B	V	Y
94	ACETAZOLAMIDA 250MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
95	AC. ACETILSALICILICO 100 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	X
96	ALOE VERA 150 MG CAPSULAS	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
97	FUROSEMIDA 40 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
98	CALCIO CARBONATO 500 MG (SOLO PED Y UPC)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
99	CINACALCET 30 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	E	Y
100	ALOPURINOL 100 MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
101	AMIODARONA 200 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	V	Y
102	AMITRIPTILINA 25 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
103	ATENOLOL 50 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
104	CALCIO 500 MG + VIT D 400 UI	Comprimidos o cápsulas	A	D	X
105	CARBAMAZEPINA 200MG.	Comprimidos o cápsulas	C	V	Y
106	CAPTOPRIL 25 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
107	CICLOSPORINA 100 MG CAPSULAS (FUSO)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
108	CLORFENAMINA 4MG.	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
109	CLORPROMAZINA 100MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
110	COTRIMOXAZOL FORTE	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
111	DIGOXINA 0.25 MG	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
112	DONEPEZILO 10 MG COMPRIMIDO (SOLO NEUROLOGOS)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
113	METAMIZOL SODICO 300MG COMP	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
114	DICLOFENACO SODICO 50MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	X
115	ENALAPRILA 10MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
116	FENITOINA 100MG.	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
117	FLUOXETINA 20 MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	X
118	SULFATO FERROSO 200MG.	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
119	HIERRO + AC.FOLICO + VIT C (FOLIFER)	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
120	HALOPERIDOL 5 MG COMP	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
121	HALOPERIDOL 1MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
122	HIDRALAZINA 50 MG.	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
123	HIDROCLOROTIAZIDA 50MG.	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
124	IMIPRAMINA 25MG.	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
125	ISOSORBIDE 10 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
126	LEVOTIROXINA 100 MCG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
127	LINAGLIPTINA 5 MG CM	Comprimidos o cápsulas	A	E	Y
128	LOPERAMIDA 2 MG COMPRIMIDO	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
129	OMEPRAZOL 20MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
130	ONDANSETRON 4 MG COMPRIMIDOS O LAMINAS	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
131	MEMANTINA 20 MG COMPRIMIDOS	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
132	METILDOPA 250 MG	Comprimidos o cápsulas	B	V	Y
133	METFORMINA 850 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	V	Y
134	METOCLOPRAMIDA 10MG COMP	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
135	NITROFURANTOINA 100MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
136	LITIO CARBONATO 300 MG	Comprimidos o cápsulas	B	V	X
137	ATORVASTATINA 20 MG COMPRIMIDOS	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
138	ATORVASTATINA 40 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
139	LOSARTAN 50MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	Y
140	PARACETAMOL CM 500 MG.	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
141	PRIMIDONA 250MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
142	PROPRANOLOL 10 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
143	PROPRANOLOL 40MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	X
144	SALES REHIDRATANTES ORAL 60MEQ	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
145	ESPIRONOLACTONA 25 MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
146	TRIHEXIFENIDILO 2 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	D	X
147	QUETIAPINA 25 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
148	ACIDO VALPROICO 250 MG	Comprimidos o cápsulas	B	V	Y
149	ACIDO TRANEXAMICO 500MG (SOLO PALIATIVO)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
150	ONDANSETRON 8MG / COMPRIMIDOS BUCODISPERSABLES	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
151	SULFASALAZINA 500MG CM CON RECUBIERTA ENTERICA	Comprimidos o cápsulas	B	E	Y
152	CLOPIDOGREL 75MG	Comprimidos o cápsulas	B	V	Y
153	HIDROXICLOROQUINA SULFATO 200MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
154	ACIDO URSODESOXICOLICO 250MG	Comprimidos o cápsulas	A	E	Y
155	HIDROXIZINA 20 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
156	LUTAMIDAL 150MG (BICALUTAMIDA) CM	Comprimidos o cápsulas	B	E	Z
157	IBUPROFENO 400MG (SOLO ACCIDENTES ESCOLARES)	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
158	LEFLUNOMIDA 20 MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
159	ACIDO FOLICO 5MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
160	LEVOTIROXINA 25MCG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y

Nº	Glosa	Forma Farmacéutica	ABC	VED	XYZ
161	PRAMIPEXOL 0.25MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
162	PRAMIPEXOL 1MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
163	ACETATO DE CALCIO 667 MG.(PHOSLO)	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
164	FLUNARIZINA 10 MG.	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
165	ALBENDAZOL 200 MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	Z
166	DOXAZOSINA 4MG (FUSO)	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
167	TIAMAZOL 10MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
168	ALENDRONATO DE SODIO 70 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
169	PREGABALINA 75MG CM O CP	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
170	CALCITRIOL 0.5 MCG	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
171	CARVEDILOL 6.25 MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	X
172	VIGABATRIN 500 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	D	Z
173	DESLORATADINA 5MG	Comprimidos o cápsulas	C	V	Y
174	WARFARINA 5MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	Z
175	FLUTAMIDA 250MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
176	GEMFIBROZILO 600MG	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
177	MICOFENOLATO 500MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
178	AZATIOPRINA 50MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
179	BICALUTAMIDA 50 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
180	LEVODOPA 250 MG + CARBIDOPA 25 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
181	TRAMADOL LIBERACION PROLONGADA 100 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
182	NIFEDIPINO 20MG (SOLO EMBARAZADAS)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
183	TAMSULOSINA 0.4 MG CAPSULAS	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
184	SACCHAROMYCES B. SOBRE O CAPSULA ORAL	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
185	PIRIDOSTIGMINA 60 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
186	DABIGATRAN 110 MG	Comprimidos o cápsulas	A	D	Y
187	ATORVASTATINA 80 MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	X
188	METFORMINA 750 MG COMPRIMIDO	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
189	LEVETIRACETAM 500 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
190	BISOPROLOL 5MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	Y
191	AMLODIPINO 5MG	Comprimidos o cápsulas	C	D	X
192	FIERRO COMPLEJO HIERRO III POLIMALTOSADO 357 MG (MALTOFER)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
193	CARVEDILOL 12.5 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
194	CIPROFIBRATO 100 MG CAPSULA	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
195	SILDENAFIL 50 MG COMPRIMIDOS	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
196	TIZANIDINA 2 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
197	BACLOFENO 10 MG COMPRIMIDOS	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
198	METRONIDAZOL 500 MG / COMPRIMIDO	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
199	PIRFENIDONA 267MG	Comprimidos o cápsulas	A	D	Y
200	TOPIRAMATO 25MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
201	MESALAZINA 500 MG COMPRIMIDO	Comprimidos o cápsulas	A	E	Y
202	HIDROXICARBAMIDA 500 MG	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
203	OXCARBAZEPINA 300 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	V	Z
204	BISOPROLOL 1.25 MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	Y
205	CELECOXIB 200 MG CM	Ampollas o frasco ampolla	B	D	Y
206	MODAFINILO 200 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
207	LACOSAMIDA 200 MG CM RECUBIERTOS	Comprimidos o cápsulas	B	D	Z
208	MELATONINA 3 MG CM (PEDIATRÍA)	Comprimidos o cápsulas	C	D	X
209	LITIO CARBONATO 450 MG LIB. SOSTENIDA CM (SOLO PSIQUIATRIA)	Comprimidos o cápsulas	B	E	Z
210	SACUBITRILO VALSARTAN 100 MG (SOLO CARDIOLOGO)	Comprimidos o cápsulas	A	E	Z
211	ETOSUXIMIDA 250 MG CÁPSULAS	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
212	DUTASTERIDE 0.5MG/TAMSULOSINA 0.4 MG COMPRIMIDO. (SOLO UROLOGOS)	Comprimidos o cápsulas	A	E	Y
213	MONTELUKAST 4 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
214	MONTELUKAST 5 MG COMPRIMIDO	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
215	DULOXETINA 60 MG CM (SOLO FISIATRIA Y REUMATOLOGIA)	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
216	DULOXETINA 30 MG CM (SOLO FISIATRIA Y REUMATOLOGIA)	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
217	DABIGATRAN 150 MG CM	Comprimidos o cápsulas	A	D	Y
218	OXIBUTININA 5 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
219	TRAZODONA 100 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
220	TOPIRAMATO 50 MG COMPRIMIDOS ORALES	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
221	TOPIRAMATO 100 MG COMPRIMIDOS ORALES	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
222	TROSPIO 30 MG CM/CM REC (UROLOGÍA)	Comprimidos o cápsulas	A	E	Z
223	DIVALPROATO DE SODIO 500MG CP/CM REC LIB PROL. (SOLO PSIQUIATRIA)	Comprimidos o cápsulas	A	E	Y
224	EMPAGLIFLOZINA 10 MG CM REC	Comprimidos o cápsulas	A	V	Z
225	CICLOSPORINA 50 MG CAPSULA BLANDA (FUSO)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
226	ALFACETO ANALOGOS DE AMINOACIDOS EN COMPRIMIDOS	Comprimidos o cápsulas	A	D	Z
227	APIXABAN 2.5 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
228	GABAPENTINA 300 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
229	ELTROMBOPAG 25 MG CM (USO HEMATOLOGIA))	Comprimidos o cápsulas	B	V	Z
230	TOFACITINIB 5 MG CM	Comprimidos o cápsulas	A	E	Y
231	TALCO ESTERIL. 5 GR	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
232	BICARBONATO DE SODIO 1GR. CAPSULA	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
233	LUGOL 1% FC 125 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
234	AGUA BIDESTILADA 5 ML.	Grandes bultos	C	V	Z
235	AMIODARONA 150MG/3 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
236	ATROPINA 1 MG/1ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	X
237	BUPIVACAINA 0.5% AM O FA 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	X
238	BUPIVACAINA HIPERBARICA 0.75% AM 2 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	E	X
239	GLUCONATO DE CALCIO AL 10% AMPOLLA 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	X
240	CIANOCOBALAMINA 0.1 MG/1ML SOLO VIA IM O SC PROFUNDA	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Y

Nº	Glosa	Forma Farmacéutica	ABC	VED	XYZ
241	CLORFENAMINA 10MG/1ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	X
242	CLORPROMAZINA 25MG/2ML FAM	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
243	FLUMAZENIL O.5 MG/5ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
244	LANATOSIDO C 0.4MG/2ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
245	DOBUTAMINA 250 MG/5 ML AMPOLLA	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
246	DICLOFENACO 75MG/3ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Y
247	EFEDRINA SULFATO 6%. 1ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
248	METAMIZOL 1 GR/2ML. EV	Ampollas o frasco ampolla	A	V	X
249	DOPAMINA 200MG/5ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
250	EPINEFRINA 1 MG/1ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
251	ERGOMETRINA O.20MG/1ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
252	FITOQUINONA 10MG/1ML. I.M.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
253	FUROSEMIDA 20MG/1 A 2 ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
254	GLUCOSA 30% AM 20 ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
255	HALOPERIDOL 5MG/1ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Y
256	HEPARINA 25.000 UI/5ML	Ampollas o frasco ampolla	A	V	X
257	LIDOCAINA 2% 5 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	X
258	MAGNESIO SULFATO 25% AM 5ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
259	METOCLOPRAMIDA 10 MG/2ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	E	X
260	METRONIDAZOL 500MG/100ML	Grandes bultos	B	V	X
261	MULTIVITAMINICO INYECTABLE	Ampollas o frasco ampolla	A	D	Y
262	NITROGLICERINA 50 MG/10 ML AM 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
263	NEOSTIGMINAO.5MG/1ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
264	PARACETAMOL SOL INY 1G/100 ML FA	Grandes bultos	A	E	Y
265	PIRIDOXINA 100MG/1 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
266	OXITOCINA SINTETICA 5 UI/1 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
267	OLIGOELEMENTOS 2 ML.	Ampollas o frasco ampolla	B	D	Y
268	POTASIO CLORURO 10%	Ampollas o frasco ampolla	B	V	X
269	PROPRANOLOL 1 MG	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
270	SODIO BICARBONATO 8.4% AM 10ML	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Y
271	SODIO CLORURO 0.9% 5 ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Y
272	SODIO CLORURO 0.9% AM 20ML	Ampollas o frasco ampolla	B	D	X
273	SODIO CLORURO 10% AM 20ML	Grandes bultos	C	E	Z
274	TIAMINA 30 MG/1ML.	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Y
275	TRAMADOL 100 MG/2ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	X
276	VASELINA ESTERIL 10 ML.	Ampollas o frasco ampolla	B	E	X
277	AZUL DE METILENO 1%. FAM 5 ML	Gotas o Frascos	C	V	Z
278	SULFATO ZINC 0.88% AM 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
279	PAMIDRONATO DISODICO P. LIOFILIZADO 90MG (AMINOMUX)	Grandes bultos	C	D	Z
280	DANTROLENO SODICO 20MG	Grandes bultos	C	V	Z
281	KETOPROFENO 100MG/2ML VIA INTRAVENOSA	Ampollas o frasco ampolla	B	E	X
282	FLUCONAZOL 200MG X 100ML	Grandes bultos	C	D	Z
283	ESCOPOLAMINA 20MG/1ML (N-BUTIL BROMURO DE HIOSCINA))	Gotas o Frascos	C	E	X
284	HIERRO SACAROSA 100MG/5ML FAM	Ampollas o frasco ampolla	B	D	X
285	OCTREOTIDA 0.1MG/1 ML AM	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Z
286	CARBAMILCOLINA 0.01% 1.5 ML FRASCO AMPOLLA	Gotas o Frascos	B	D	Z
287	ACIDO TRANEXAMICO 1 G AM 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	E	X
288	IOVERSOL 67.8% FRASCO AMPOLLA 50 ML	Grandes bultos	B	V	Z
289	ÉSTERES GRASOS YODADOS AC. ADORMIDERA AM 10 ML	Gotas o Frascos	A	E	Z
290	DALTEPARINA SODICA 5000 UI	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
291	DALTEPARINA SODICA 2500 UI	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
292	UNDECANOATO DE TESTOSTERONA 1000 MG/4ML	Ampollas o frasco ampolla	A	E	Y
293	ONDANSETRON 8 MG AM	Grandes bultos	B	E	X
294	ACIDO FOLINICO 50 MG/5 ML	Gotas o Frascos	C	D	Z
295	PROPOFOL 1% AM 50 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	E	X
296	PROPOFOL 1% AM 20 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Y
297	GLUCAGON 1MG	Insulinas	A	V	Y
298	LABETALOL 100 MG/20 ML AM 20 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
299	ADENOSINA 6MG/2 ML AMPOLLA	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
300	SULFAMETOXAZOL 400MG + TRIMETOPRIM 80MG/5 ML AMPOLLA	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
301	AZUL DE ISOSULFAN/PATENTE 1% AM 5ML	Gotas o Frascos	C	D	Z
302	IOVERSOL 67.8% JERINGA PRE LLENADA 75 ML	Grandes bultos	A	V	Z
303	IOVERSOL 67.8% JERINGA PRE LLENADA 100 ML	Grandes bultos	A	V	Y
304	IOVERSOL 67.8% JERINGA PRE LLENADA 125 ML	Grandes bultos	A	V	Z
305	SODIO BICARBONATO 2/3 MOLAR MATRAZ 250ML	Grandes bultos	C	D	Y
306	ETOMIDATO 20MG/10 ML AMPOLLA 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Y
307	INMUNOGLOBULINA HUMANA 5 G FA 100 ML	Ampollas o frasco ampolla	A	E	Y
308	EPOETINA ALFA 4.000 UI/1 ML POLVO LIOFILIZADO FA	Ampollas o frasco ampolla	A	D	Y
309	MEDROXIPROGESTERONA ACETATO 104MG/0.65ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
310	ETONOGESTREL 68MG IMPLANTE (PROGRAMA DE LA MUJER)	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
311	ACIDO ZOLEDRONICO POLVO LIOFILIZADO 4 MG O FCO. AMPOLLA 4MG/5ML	Gotas o Frascos	C	D	Z
312	HALOPERIDOL 50MG/1ML (SOLO PSIQUIATRAS)	Gotas o Frascos	B	V	Y
313	IDARUCIZUMAB 2.5 G/50 ML AM 50 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
314	DEGARELIX 80MG LIOF P/SUSP INY FAM SC (SOLO UROLOGOS)	Ampollas o frasco ampolla	A	E	Z
315	DEGARELIX 120MG LIOF P/SUSP INY FA SC (SOLO UROLOGOS)	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Z
316	PROPOFOL 2% FA 50 ML (UPC)	Ampollas o frasco ampolla	A	E	Y
317	VERAPAMILO 5 MG/2 ML AMPOLLA	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
318	SUGAMMADEX 200MG/2ML	Ampollas o frasco ampolla	B	E	X
319	ENOXAPARINA 20 MG.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
320	VASOPRESINA 20 UI/ML AMPOLLA	Ampollas o frasco ampolla	A	V	Y

N°	Glosa	Forma Farmacéutica	ABC	VED	XYZ
321	CARBOXIMALTOSA DE HIERRO 500MG/10ML	Gotas o Frascos	A	D	X
322	AZUL DE TRIPAN 0.1% AMPOLLA 1 ML.	Grandes bultos	A	E	Z
323	TINTA CHINA ESTÉRIL AMPOLLA 5 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
324	ZUCLOPENTIXOL 50 MG/ML FAM 1 ML (SOLO PSIQUIATRAS)	Gotas o Frascos	C	E	Z
325	FENITOINA 250 MG/5ML. FAM	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
326	NALOXONA 0.4 MG.	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
327	PROTAMINA 50 MG/5 ML SOL INY. FAM O AM	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Z
328	NOREPINEFRINA 1 MG/ML AM 4 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Y
329	ENOXAPARINA 40 MG	Ampollas o frasco ampolla	A	V	X
330	ENOXAPARINA 60 MG JERINGA	Ampollas o frasco ampolla	A	D	Y
331	ENOXAPARINA 80 MG JERINGA	Ampollas o frasco ampolla	A	D	Y
332	DROPERIDOL 5 MG/2 ML AM	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
333	OMEPRAZOL 40 MG FA	Gotas o Frascos	B	D	X
334	FOSFATO MONOPOTASICO 15% AM 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Y
335	FITOMENADIONA 10 MG SOL IV Y ORAL AM 1 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Y
336	CARBETOCIN 100 UG/ML AM 1 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	D	Y
337	GOSERELINA ACETATO 10.8 MG IMPLANTE	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Z
338	FLUPENTIXOL DECANOATO 20 MG AM	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
339	EPOETINA ALFA 2000 U.I./1 ML FA 1 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	D	Y
340	FENILEFRINA 1% AM 1 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Y
341	MILRINONA 10 MG/10 ML AM	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Z
342	LEVETIRACETAM 100MG/ML FA 5 ML (500MG)	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Y
343	TENECTEPLASA 10.000 UI (50 MG) FA +JERINGA SVTE	Ampollas o frasco ampolla	A	V	Y
344	ALTEPLASA 50 MG AM + SOLVENTE SET (UNIDAD)	Ampollas o frasco ampolla	A	V	Z
345	DEXMEDETOMIDINA 200 MCG/2 ML AM 2 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Y
346	INDIGO CARMIN 0.5% AM 5 ML (FUSO)	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
347	URAPIDILO 5 MG/ML AM 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	A	V	Z
348	PALIPERIDONA PALMITATO 50 MG/0.5 ML JERINGA	Ampollas o frasco ampolla	B	D	Y
349	PALIPERIDONA PALMITATO 75 MG/0.75 ML JERINGA	Ampollas o frasco ampolla	B	D	Z
350	PALIPERIDONA PALMITATO 100 MG/1 ML JERINGA	Ampollas o frasco ampolla	A	D	Y
351	PALIPERIDONA PALMITATO 150 MG/1.5 ML JERINGA	Ampollas o frasco ampolla	A	D	Y
352	ACIDO GADOTERICO 15 MG FRASCO AMPOLLA 10 ML	Gotas o Frascos	B	D	Z
353	ACIDO GADOTERICO 15 MG FRASCO AMPOLLA 15 ML	Gotas o Frascos	A	D	Y
354	ANTIESPASMODICO SP. ADULTO 440/50MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
355	ATROPINA 1% SOL OFT.	Gotas o Frascos	C	E	Y
356	ENEMA FOSFATO P/ADULTO RECTAL	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
357	METAMIZOL SODICO 250MG.SUP.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
358	SALBUTAMOL INHALADOR FC X 200 DOSIS.	Gotas o Frascos	B	V	X
359	LAGRIMAS ARTIFICIALES GOTAS	Gotas o Frascos	A	D	X
360	LIDOCAINA GEL 4%	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
361	METRONIDAZOL OV VAG. 500MG.	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
362	PARACETAMOL 100 MG/ML (10%) SOL ORAL 3-3.3 MG/GOTA FRASCO 15-25 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
363	PASTA LASSAR TIPO. CREMA CICATRIZANTE 50 A 100 GR	Grandes bultos	C	E	Z
364	POLIVITAMINICO ACD GOTAS ORALES (VIT A 2500UI+VT D3 400UI+ VIT C75MG/ML) FCO 30 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Y
365	POTASIO GLUCONATO 31.2% X 200ML (YONKA)	Grandes bultos	C	D	Y
366	SULFATO FERROSO GOTAS	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
367	TIMOLOL MALEATO 0.5% SOL.OFT.	Gotas o Frascos	C	E	Y
368	TROPICAMIDA 1% SOL.OFT. (MYDRIACIL 15 ML)	Gotas o Frascos	C	D	Z
369	SOLUCION MONSEL (SUBSULFATO FERRICO 70%) 10 ML	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Z
370	BROMURO DE IPRATROPIO/BROMHIDRATO DE FENOTEROL (0.25/0.50MG) (BERODUAL SOLUCION)	Gotas o Frascos	C	E	Y
371	CLORHIDRATO DE CICLOPENTOLATO 1% SOL.OFT.	Gotas o Frascos	C	D	Z
372	FENILEFRINA 2.5% SOL.OFT. (MYDFRIN 5 ML)	Gotas o Frascos	C	D	Z
373	TRAMADOL 100 MG/ML 2.5 MG/GOTA FRASCO 10ML	Gotas o Frascos	B	D	Y
374	SALMETEROL 25MCG	Gotas o Frascos	C	D	Z
375	FLEET FOSFO-SODA LAX.ORAL	Gotas o Frascos	C	E	Z
376	PROPARACAINA 0.5% SOL.OFT. 10-15 ML	Gotas o Frascos	C	V	Z
377	FLUTICASONA/SALMETEROL 250MCG/25MCG	Gotas o Frascos	B	V	X
378	LIDOCAINA 5% PARCHE X CAJA	Ampollas o frasco ampolla	A	D	Z
379	DOMPERIDONA 10MG/ML 20 ML.	Gotas o Frascos	B	E	X
380	IPRATROPIO BROMURO INHALADOR	Gotas o Frascos	A	E	Y
381	BUDESONIDA 200 MCG/DOSIS INHALADOR	Gotas o Frascos	B	E	Z
382	CETIRIZINA 5MG/ 5ML SOL. ORAL FCO 60 A 100 ML	Grandes bultos	C	D	Y
383	DESMOPRESINA ACETATO 10 MCG/DOSIS NEBULIZADOR (PROCURA)	Gotas o Frascos	C	E	Z
384	LAGRIMAS ARTIFICIALES GEL.	Gotas o Frascos	C	D	Z
385	DESLORATADINA 2.5MG/5ML 60-120ML	Grandes bultos	C	D	Z
386	POVIDONA YODADA 5%/1 ML COL. OFT. JERINGA PRE LLENADA	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Y
387	IBUPROFENO 200MG/5ML	Grandes bultos	C	E	Z
388	FLUTICASONA/SALMETEROL INH.(125/25MG)	Gotas o Frascos	C	E	Y
389	LATANOPROST 0.005% SOL OFT 2.5 A 3.0 ML	Gotas o Frascos	B	V	X
390	DICLOFENACO 50MG SUPOS.AD.	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
391	FLUTICASONA 92 MCG/UMECLIDINIO 55MCG/VILANTEROL 22 MCG	Comprimidos o cápsulas	A	E	Z
392	TROPICAMIDA/FENILEFRINA/LIDOCAINA (KIT)(SOLO OFTALM.)	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
393	LACTULOSA 65%. FC 1 L	Grandes bultos	B	D	X
394	VITAMINA D3 800U.I/4 GOTAS. FCO 10-20 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
395	LACTULOSA 65% FC 200 ML	Grandes bultos	B	D	Z
396	LIDOCAINA 3%+CLORHEXIDINA DIGL. 0.25% GEL TOPICO (SOLO UROLOGIA)	Ampollas o frasco ampolla	B	E	X
397	ACIDO VALPROICO 10 MG/GOTA GOTAS FCO 30 ML	Gotas o Frascos	B	V	Y
398	N-ACETILCISTEINA 600 MG CAPSULA O SOBRE	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
399	ESTRIOL 0.5 MG OVULOS VAGINALES	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
400	OXCARBAZEPINA 60 MG/ML FC 100 ML (NEUROLOG.INF)	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z

N°	Glosa	Forma Farmacéutica	ABC	VED	XYZ
401	DORZOLAMIDA 20MG/5ML SOL.OFT	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Y
402	PROGESTERONA 200 MG CAP. BLANDAS VAGINALES	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
403	DORZOLAMIDA 20 MG+TIMOLOL 5 MG/ML FCO 5 ML	Gotas o Frascos	B	E	X
404	BUDESONIDA/FORMOTEROL 160/4.5 MCG	Gotas o Frascos	C	E	Z
405	POLIETILENGLICOL 3350 POLVO/SUSPEN X GRS (DIGITAR X GR)	Grandes bultos	C	E	Z
406	POLIESTIRENO SULFONATO DE CALCIO GRAMOS	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
407	RISPERIDONA 1MG/1ML GTS ORALES X 30 A 60ML (USO RESTRINGUIDO)	Gotas o Frascos	C	D	Y
408	CLORHEXIDINA 0.12% SOLUCION ORAL 150 A 250 ML	Grandes bultos	C	D	Y
409	JARABE POLIVITAMÍNICO (VIT A B C D E) 100 ML	Grandes bultos	C	D	Z
410	ZINC SOLUCION GOTAS ORALES 5 MG/ML FCO 30 ML	Gotas o Frascos	C	D	Y
411	UMECLIDINIO+VILANTEROL 55+22 MCG INHALADOR	Ampollas o frasco ampolla	A	D	X
412	TIOTROPIO 2.5 MCG/DOSIS INH 60 DOSIS	Gotas o Frascos	A	D	X
413	MESALAZINA 500 MG SUPOSITORIOS	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
414	SOLUCIÓN GLUCOSALINA HIPERTóNICA TU 500 ML	Grandes bultos	C	D	Y
415	GLICINA 1.5%. IRRIGACION 3LT	Grandes bultos	C	E	Z
416	GLUCOSA 30% 500ML	Grandes bultos	C	V	Y
417	SLN. AMINOACIDOS 10% 100 ML (PEDIATRICO) SOLO UTI-NEO	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
418	FISIOLOGICO 0.9% 250ML	Grandes bultos	A	D	X
419	SOLUCION DE AMINOACIDOS 10%. 500 ML	Grandes bultos	C	D	Z
420	FISIOLOGICO 0.9% 100 ML TU	Grandes bultos	A	D	X
421	NUTRICION PARENTERAL PRELLENADA DE 3 CAMARAS 1850 -2000 ML.	Grandes bultos	A	V	Y
422	SUERO FISIOLOGICO 0.9%. 3 LITROS	Grandes bultos	B	E	Z
423	RINGER-LACTATO BS 3000 ML	Grandes bultos	C	D	Z
424	ALBUMINA HUMANA 20% FCO 50 ML	Grandes bultos	A	V	Y
425	SOLUCION HEMOFILTRACION 0K BS 5 L	Grandes bultos	A	D	Y
426	AGUA BIDESTILADA 500 ML MATRAZ	Grandes bultos	C	E	Z
427	GLUCOSA 5% 500ML	Grandes bultos	B	E	X
428	GLUCOSA 5% 1000ML	Grandes bultos	C	D	Z
429	GLUCOSA 10% 500ML	Grandes bultos	C	E	X
430	GLUCOSA 10% 1000ML	Grandes bultos	C	D	Z
431	GLUCOSALINO ISOTONICO 500ML	Grandes bultos	A	D	X
432	MANITOL 15%	Grandes bultos	C	D	Z
433	FISIOLOGICO 0.9% 500ML	Grandes bultos	A	V	X
434	FISIOLOGICO 0.9% 1000ML	Grandes bultos	B	V	X
435	RINGER-LACTATO TU 500 ML	Grandes bultos	B	V	X
436	GELATINA SUCCINILADA 4% TU 500 ML	Grandes bultos	C	E	Z
437	METOTREXATO 2.5 MG.	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Y
438	LETROZOL 2.5 MG CM	Comprimidos o cápsulas	B	E	Z
439	EXEMESTANO 25 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	V	Z
440	METOTREXATO 25 MG/ML FA 2 ML	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
441	METOTREXATO 15 MG SOL INY SUBCU DISP PRE	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
442	METOTREXATO 20 MG SOL INY SUBCU DISP PRE	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
443	CICLOFOSFAMIDA 501-1000 MG EV BOLSA PREP. MAGISTRAL	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
444	ABATACEPT 125 MG/ML JERINGA 1 ML	Ampollas o frasco ampolla	A	E	X
445	ADALIMUMAB 40 MG/0.8 ML SOL. INY LAPIZ (HYRIMOZ-LRS)	Ampollas o frasco ampolla	B	E	Z
446	ETANERCEPT 50 MG/ML AUTOINYECTOR 1 ML (ENBREL)	Ampollas o frasco ampolla	A	E	X
447	TOXOIDE TETANICO DIFTERICO	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
448	VACUNA BCG 2-800.000 CFU/0.1ML FA 1 ML	Gotas o Frascos	C	V	Z
449	SUCCINILCOLINA 100MG	Ampollas o frasco ampolla	B	V	X
450	GAMAGLOBULINA ANTI RH	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Z
451	INSULINA CRISTALINA 100 UI/ML FC 10 ML	Insulinas	B	V	X
452	INSULINA LENTA 100UI/ML FC 10 ML	Insulinas	A	V	X
453	INSULINA DEGLUDEC 100 UI/ML LÁPIZ 3 ML	Insulinas	A	E	X
454	ATRACURIO BESILATO 25 MG AMPOLLA	Ampollas o frasco ampolla	C	V	Z
455	ROCURONIO 50 MG/5 ML AM	Ampollas o frasco ampolla	A	E	Y
456	BEVACIZUMAB 1.25MG/0.05ML JERINGA PRELLENADA	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
457	TERLIPRESINA 1MG	Gotas o Frascos	A	D	Z
458	VACUNA ANTIHEPATITIS B PED. 10MCG/0.5ML	Gotas o Frascos	C	V	Z
459	FILGRASTIM 300 MCG FAM	Ampollas o frasco ampolla	C	E	Z
460	BCG 30MG INTRAVESICAL CEPA DANISH 1331	Gotas o Frascos	A	E	Y
461	INSULINA ASPARTATO RECOMB. ULTRARRAPIDA LAPIZ 100/UI/3MLDESECH.	Insulinas	A	V	X
462	INSULINA ULTRARRAPIDA 100 U/ML CARTUCHO 3 ML	Insulinas	B	V	Y
463	INSULINA DETEMIR 100U/ML LAPIZ 3 ML	Insulinas	C	E	Z
464	LAPIZ INSULINA GLARGINA 100 UI/ML	Insulinas	A	V	X
465	TRIPTORELINA 11.25 MG	Ampollas o frasco ampolla	A	E	Y
466	SOLVENTE PARA VACUNA BCG FA 1 ML	Gotas o Frascos	C	V	Z
467	TETRACOSACTIDA 1 MG/ML AM 1 ML (SYNACTHEN DEPOT-FUSO)	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
468	DUPILUMAB 300MG/2ML	Ampollas o frasco ampolla	A	D	Y
469	INSULINA ASPARTA 100UI/ML CARTUCHO (FIASP)	Insulinas	C	V	Z
470	ALBUMINA HUMANA 5% (25GR/500 ML)	Grandes bultos	A	V	Y
471	SURFACTANTE PULMONAR 240MG/3ML	Ampollas o frasco ampolla	B	V	Z
472	RITUXIMAB 100 MG/10 ML FA (SOLO REUMAT. Y HEMATOL.)	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
473	TOXINA BOTULINICA TIPO A 500 U + KIT DE ADMINISTRACIÓN (SOLO FISIATRAS)	Gotas o Frascos	A	E	Y
474	TOXINA BOTULINICA TIPO A 100 UD FA + KIT DE ADMINISTRACIÓN (SOLO FISIATRAS)	Gotas o Frascos	B	D	Z
475	COMPLEJO PROTROMBINICO 500 UI/20 ML POLVO LIOF +SVTE	Ampollas o frasco ampolla	A	V	Y
476	DINOPROSTONA 10 MG OVULOS VAGINALES	Gotas o Frascos	A	E	Z
477	TRIPTORELINA 22.5 MG FC LIOF.	Ampollas o frasco ampolla	A	D	X
478	TOCILIZUMAB 162 MG/0.9 ML JERINGA	Ampollas o frasco ampolla	A	D	X
479	TAMOXIFENO 20 MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	Y
480	RISPERIDONA 3 MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y

N°	Glosa	Forma Farmacéutica	ABC	VED	XYZ
480	RISPERIDONA 3 MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
481	RISPERIDONA 1 MG.	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
482	PAROXETINA 20MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
483	BUPROPION CM 150MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	Y
484	VENLAFAXINA 75 MG LIB PROLONGADA	Comprimidos o cápsulas	B	D	X
485	OLANZAPINA 10 MG. COMP	Comprimidos o cápsulas	C	E	X
486	ZIPRASIDONA 40MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
487	SERTRALINA 50 MG	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
488	QUETIAPINA 100MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	X
489	CLOZAPINA 100MG.	Comprimidos o cápsulas	B	E	X
490	ESCITALOPRAM 20MG	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
491	ARIPIPRAZOL 10 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	E	X
492	MIRTAZAPINA 30 MG (USO PSIQUIATRIA. GINECO Y PEDIAT)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Y
493	ESZOPICLONA 3MG COMP. TRISECTADO	Comprimidos o cápsulas	B	V	Y
494	ESCITALOPRAM 10 MG CM	Comprimidos o cápsulas	C	E	Y
495	CLOMIPRAMINA CLORH. 25 MG (SOLO PSIQUIATRIA)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
496	CLOMIPRAMINA CLORH. 75 MG CM (SOLO PSIQUIATRIA)	Comprimidos o cápsulas	C	D	Z
497	ZIPRASIDONA 80MG CM. (SOLO PSIQUIATRIA)	Comprimidos o cápsulas	B	E	Z
498	LAMOTRIGINA 200MG COMP. (SOLO PSIQUIATRIA)	Comprimidos o cápsulas	C	E	Z
499	QUETIAPINA 300MG (SOLO PSIQUIATRIA)	Ampollas o frasco ampolla	C	D	Z
500	OLANZAPINA 10 MG FA (SOLO PSIQUIATRIA)	Gotas o Frascos	B	E	Z