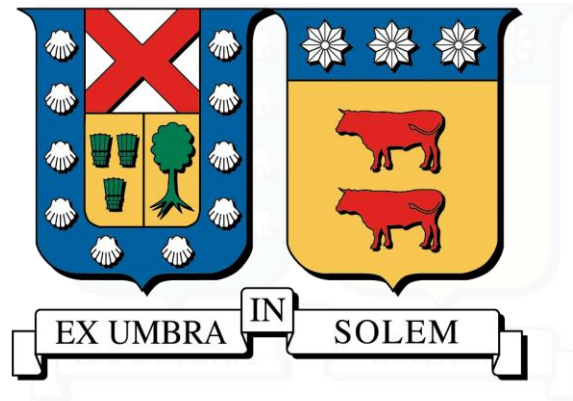


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO - CHILE



**DESARROLLO DE PROTOTIPO FUNCIONAL DE
MODELO EOQ PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE
INVENTARIO EN EL CESFAM SALVADOR BUSTOS DE
ÑUÑO A**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
INDUSTRIAL

AUTORA: DANIELA PARADA ROA

PROFESOR GUÍA	:	RAFAEL FAVEREAU
PROFESOR CORREFERENTE	:	ELOY ALVARADO NARVÁEZ

Agradecimientos

A mi familia, Héctor, Ruth, Maribel y Elías. Por su incondicionalidad y su amor, gracias por sostenerme siempre.

A mi compañero, René, a quién admiro profundamente. Por acompañar y contener con ternura los días más difíciles de este proceso.

A mi familia de Santiago, Patricia y Luciano, con quienes construí el hogar que nos refugió en la borrasca capital, por las risas y los momentos memorables.

A mis amigas y amigos de Talca, de Santiago y de tantos otros lugares, por compartir y disfrutar conmigo sus días.

Al profesor Rafael, por su disposición, su guía y por permitirme desarrollar un proyecto en algo tan importante como lo es la Salud Pública.

Finalmente, a la Cooperativa La Cacerola de Talca, organización colectiva de abastecimiento de la cual soy parte hace más de 3 años. Por ser una experiencia enriquecedora y una fuente de aprendizaje constante tanto en términos laborales como personales.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de tesis se enfoca en el desarrollo e implementación de un prototipo funcional de un modelo de inventario EOQ para el CESFAM Salvador Bustos de Ñuñoa. El objetivo principal es mejorar la gestión de inventario de medicamentos de este centro de Salud, garantizando el suministro eficiente de medicamentos para los pacientes y reduciendo costos innecesarios.

El prototipo desarrollado, incluye una aplicación en Access que utiliza códigos de programación en lenguaje Python ejecutados automáticamente para calcular la proyección de demanda, además de cálculos en la misma plataforma para obtener la cantidad óptima del pedido (Q), el punto de reorden y la planificación de los pedidos. En la interfaz gráfica de usuario que ofrece el software Access, se pueden realizar consultas de datos, cargar la información de las demandas históricas que se utilizan para realizar los pronósticos y obtener informes personalizados según las necesidades de los usuarios.

El proyecto se dividió en varias etapas, desde la revisión y análisis del modelo original de Juan Parra, donde escoge el modelo EOQ y el método de proyección de suavizamiento exponencial, pasando por el desarrollo del código de programación para implementar la proyección de demanda y el desarrollo del modelo en el software con la creación de tablas y sus relaciones, hasta la implementación y validación del prototipo. Se trabajó en colaboración con personal del CESSFAM Salvador Bustos para asegurar que el modelo se adaptara a sus requisitos específicos.

La implementación de este prototipo busca potenciar significativamente la gestión de inventario del CESFAM. Esto servirá como una demostración de que la utilización de tecnologías para la gestión de la información puede generar resultados mucho más precisos y eficientes, en contraste con la planificación de pedidos que actualmente se lleva a cabo de forma manual.

Índice de Contenido

1	Introducción.....	10
2	Objetivos.....	12
	2.1 Objetivo General.....	12
	2.2 Objetivos Específicos	12
3	Marco Teórico	13
	3.1 Sistema de Salud en Chile	13
	3.1.1 Los servicios de salud y la red asistencial pública.....	14
	3.1.2 Corporación Municipal de Desarrollo Social de Ñuñoa.	15
	3.1.3 Centro de Salud Familiar (CESFAM)	16
	3.1.4 Centro de Salud Familiar Salvador Bustos	16
	3.1.5 CENABAST.	17
	3.2 Administración de inventarios, proyección de demanda y modelo de cantidad fija.....	21
	3.2.1 Administración de inventarios.	22
	3.2.2 Pronóstico de la demanda.	23
	3.2.3 Tipos de pronóstico.....	23
	3.2.4 Componentes de la demanda	23
	3.2.5 Modelos de pronóstico de demanda.....	24
	3.2.6 Modelos de inventario	25
	3.2.7 Costos de inventario	26
	3.3 Metodologías	27
	3.3.1 Metodologías tradicionales versus metodologías ágiles	27
	3.3.2 Metodologías ágiles	28
	3.3.4 Metodología ágil de desarrollo de software: Scrum	29
	3.3.5 Roles de Scrum	30
	3.3.6 Ingeniería de software.....	32
	3.3.7 Caso de uso	32

3.3.8	Modelo Entidad- Relación	34
3.3.9	Modelo relacional	39
3.3.10	Gestión por Proceso	42
3.3.11	Diagramas de flujo.....	43
4	Metodología	45
4.1	Desarrollo de Scrum.	45
4.2	Elementos de Scrum	48
5	Antecedentes del caso de estudio	52
5.1	Objetivo del CESFAM Salvador Bustos	52
5.2	Sistema de información RAYEN.....	52
5.3	Administración de inventario en CESFAM Salvador Bustos.....	53
6	Modelo de Cantidad Económica de pedido (EOQ).....	61
6.1	Modelo de proyección de demanda	61
6.2	Modelo de inventario.....	63
6.2.1	Parámetros del modelo	63
6.2.2	Cantidad óptima (Q)	63
6.2.3	Punto de reorden (PRO).....	64
7	Aplicación metodológica.....	66
7.1	Impact Mapping.....	66
7.2	Use Story Mapping.....	67
7.3	Roles de Scrum.....	70
7.4	Product Backlog	70
7.5	Sprints.....	72
7.5.1	Sprints 1.....	72
7.5.2	Sprints 2.....	74
7.5.3	Sprints 3.....	76
7.5.4	Sprints 4.....	77
8	Desarrollo de prototipo funcional.....	79
8.1	Caso de uso de modelo general	79
8.2	Modelo entidad relación	80

8.3 Relaciones entre tablas del modelo.....	81
8.4 Conexión de código de programación y visualización de pronóstico de demanda	82
8.4.1 Tablas.....	83
8.5 Homologación modelo EOQ	84
8.5.1 Tablas.....	85
8.5.2 Consultas	86
8.6 Planificación de pedidos.....	87
8.6.1 Tablas.....	87
9 Funcionalidades.....	89
9.1 Formulario Medicamentos.....	89
9.2 Formulario Pronóstico Demanda.....	90
9.3 Formulario Planificación	90
9.4 Formulario Demanda unitaria.....	91
9.5 Formulario para importar archivo de demanda.....	92
9.6 Formulario Cálculo Demanda.....	93
9.7 Proceso de Planificación de pedidos.....	93
10 Análisis económico.....	95
10.1 Resultados anteriores del modelo	95
10.2 Costo de desarrollar aplicación a medida	96
10.3 Indicadores económicos.....	98
10.4 Análisis	99
11 Conclusiones	101
12 Referencias	103
A Anexos.....	105

Índice de Figuras

Figura 1:	Estructura funcional del sistema de salud chileno.	15
Figura 2:	Evolución de presupuesto según línea de operación.	19
Figura 3:	Detalle de volumen de operaciones según modalidad de compra.	20
Figura 4:	Gráfico de tiempo en función de la demanda, explica el comportamiento de la tendencia y temporalidad.	24
Figura 5:	Metodologías tradiciones vs metodologías Ágiles.	28
Figura 6:	Relación actor con caso de uso.	33
Figura 7:	Diagrama generalización entre casos de uso.	33
Figura 8:	Diagrama de inclusión caso de uso.	34
Figura 9:	Diagrama de extensión de caso de uso.	34
Figura 10:	Simbología modelo Entidad- Relación.	35
Figura 11:	Modelo relacional.	40
Figura 12:	Simbología Bizagi Process Modeler.	44
Figura 13:	Sprint Backlog.	49
Figura 14:	Flujo diagrama abastecimiento CENABAST de CESFAM Salvador Bustos.	55
Figura 15:	Flujo diagrama abastecimiento local de CESFAM Salvador Bustos.	56
Figura 16:	Tiempos mensuales de procesos de Complejo CESFAM Salvador Bustos.	58
Figura 17:	Tabla para calcular el costo del pedido (S).	64
Figura 18:	Use Story Mapping.	69
Figura 19:	Product Backlog.	71
Figura 20:	Sprint Backlog 1.	73

Figura 21: Sprint Backlog 2.	75
Figura 22: Sprint Backlog 3.	77
Figura 23: Sprint Backlog 4.	78
Figura 24: Diagrama caso de uso aplicación modelo EOQ para Cesfam Salvador Bustos	79
Figura 25: Mapa entidad relación de prototipo de software EOQ	80
Figura 26: Relación entre las tablas de la base de datos Access.	81
Figura 27: Vista diseño de tabla de base de datos Access. Medicamento.	83
Figura 28: Vista diseño de tabla de base de datos Access. Estado.....	84
Figura 29: Vista diseño tabla de base de datos Access. DemandaHF	84
Figura 30: Vista diseño de tabla de base de datos Access. Parametros.	85
Figura 31: Vista hoja de datos de tabla Parametros.	85
Figura 32: Vista diseño de tabla de base de datos Access. DemandaHF	86
Figura 33: Consultas en base de datos Access. Cálculo de campos para modelo EOQ.....	87
Figura 34: Vista diseño de tabla de base de datos Access. DemandaHF	88
Figura 35: Formulario Medicamentos. Base de datos Access	89
Figura 36: Formulario Pronóstico Demanda. Base de datos Access	90
Figura 37: Formulario Planificación. Base de datos Access.	91
Figura 38: Formulario demanda unitaria. Base de datos Access.	92
Figura 39: Formulario importar demanda de archivo. Base de datos Access	92
Figura 40: Archivo tipo de ingreso demanda.	92
Figura 41: Formulario Cálculo demanda. Base de datos Access	93
Figura 42: Mapa de proceso “Planificación de pedido”	94

Figura 43: Comparación entre costos mensuales de las compras de medicamentos	95
Figura 44: Tabla comparativa ventajas y desventajas de software a medida.....	99

1 | Introducción

La gestión eficiente de inventarios es fundamental para la calidad de los servicios que prestan las organizaciones públicas y privadas que manejan existencias. La capacidad de satisfacer las necesidades de los usuarios, garantizando la disponibilidad de los productos en el tiempo, forma y cantidad adecuada, es un objetivo clave en la gestión de los inventarios. Se debe encontrar un equilibrio entre la satisfacción de los clientes y los costos asociados al manejo de los inventarios. En particular, en el sector de salud, los inventarios son elementos críticos en cualquier institución. Los problemas en la gestión de inventarios pueden generar costos altos y tener consecuencias negativas como la falta de medicamentos e insumos, el vencimiento de los productos afectando directamente a los usuarios y funcionarios que depende de estos recursos.

Un estudio de comparación de la gestión de inventario entre un sistema de salud público y privado de Puerto Montt revela resultados significativos. Se identificó que, en el caso del hospital cinco personas estaban involucradas en el proceso de realizar pedidos, lo que representaba el 68% del tiempo dedicado a esta tarea. En contraste, en la clínica privada, cuatro personas participaban del proceso, representando un 19,91% del tiempo total de trabajo. Como resultado del estudio, se recomendó al hospital la incorporación de un software que genera pedidos de manera automática, considerando la demanda, los costos y los puntos de reorden de los insumos (SOTO GONZÁLEZ, 2009). Esto destaca la relevancia de optimizar los procesos en el sector público, donde a menudo no se cuenta con una gestión óptima y con los recursos necesarios en comparación con el sector privado. También es importante resaltar la importancia del uso de software y su manejo eficiente, lo que permite ahorrar tiempo y recursos humanos en las tareas de gestión de inventario.

La Central de Abastecimiento del Sistema Nacional de Servicios de Salud (CENABAST), tiene como objetivo mantener los establecimientos de servicios de salud, abasteciendo de fármacos e insumos clínicos necesarios para su operación. Según un informe del Observatorio Fiscal las compras de medicamentos representan el 32% del gasto total en bienes y servicios de consumo del Ministerio de Salud en Chile. En este informe se destacan las deficiencias en la gestión de compras y adquisiciones, y se propone una mejora en la planificación, dado que la gestión de compras actual se basa en la experiencia de los equipos, también se propone una modernización de los procesos y estructuras de la CENABAST. (Yarza, 2020)

Esto también ocurre a nivel de establecimientos asistenciales públicos, donde las consecuencias van desde pérdidas monetarias por vencimiento de medicamentos, hasta quiebres de stock que perjudican directamente a los usuarios de los establecimientos.

En este contexto, en la presente memoria se propone abordar la problemática de la gestión de inventarios en el sector de la salud, específicamente en el CESFAM Salvador Bustos de Ñuñoa. En su memoria de título, Juan Parra, analizó la situación del establecimiento y propuso la utilización del modelo EOQ para la gestión de la farmacia, este proporciona un marco sólido para determinar la cantidad óptima de medicamentos que se deben ordenar en cada pedido, teniendo en cuenta la proyección de demanda, los costos de mantener inventario y los costos de realizar el pedido. Se busca darle continuación a dicha investigación, centrándose en la aplicación práctica del modelo, es decir, analizar el funcionamiento actual de la gestión de inventario y diseñar e implementar un prototipo de aplicación que se adapte a las necesidades y características específicas del CESFAM.

2 | Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo funcional de aplicación a partir de un modelo de inventario de cantidad fija (EOQ), utilizando una aplicación de base de datos para optimizar la gestión de medicamentos del Cesfam Salvador Bustos de Ñuñoa.

2.2 Objetivos Específicos

1. Construir un prototipo funcional en una plataforma de base de datos, donde se pueda almacenar los datos históricos y realizar las consultas de proyección de demanda, formando una conexión efectiva con los códigos de programación que realizan el pronóstico con el método de suavizamiento exponencial triple (Holt-Winter)
2. Homologar el modelo EOQ desde una planilla de cálculo a la aplicación de base de datos, creando tablas, consultas y formularios que permitan realizar cálculos óptimos directamente desde la aplicación sobre cuánto y cuando pedir los medicamentos.
3. Validar los resultados obtenidos realizando una comparación con los resultados del modelo original.
4. Desarrollar ajustes, crear informes y analizar el formato de ingreso de datos según los requerimientos de los usuarios.
5. Realizar un análisis económico de la utilidad del prototipo.

3 | Marco Teórico

3.1 Sistema de Salud en Chile

La primera parte del marco teórico está enfocada en entender la estructura del sistema de salud, y las distintas instituciones que se relacionan con la organización estudiada y con su abastecimiento de medicamentos.

El sistema de salud tiene la obligación de garantizar a todos los y las ciudadanas el acceso libre e igualitario a todos los programas y servicios de salud. Se puede elegir entre servicios públicos y privados. El sector público cubre al 80% de la población, esto lo realiza el Fondo Nacional de Salud (FONASA) a través del Sistema Nacional de Servicio de Salud (SNSS), mientras que el sector privado está constituido por las Instituciones de Salud Previsional (ISAPRE), y cubren un 17.5% aproximadamente de la población, proveen servicios a través de instalaciones tanto privadas como públicas. Finalmente, un reducido sector de la población paga por la atención a la salud directamente de su bolsillo (Becerril-Montekio & de Dios Reyes, 2010).

El rector y regulador de todo es la Autoridad Sanitaria, está liderada por el Ministerio de Salud que se encarga de formular, fijar y controlar las políticas de salud. También son parte de la Autoridad Sanitaria, las secretarías Regionales Ministeriales de Salud (Seremis) y el Instituto de Salud Pública (ISP). El Ministerio está compuesto por 2 subsecretarías, de salud pública y de Redes Asistenciales y 16 Secretarías Regionales Ministeriales de Salud (Seremis). A la Subsecretaría de Salud Pública, le corresponde diseñar políticas, normas, planes y programas en materias relativas a la promoción de la salud, vigilancia, prevención y control de enfermedades que afectan a toda la población. Debe coordinar las acciones de FONASA y del ISP e impartirles instrucciones. La Subsecretaría de Redes Asistenciales está a cargo de la articulación y desarrollo de la red de asistencia del sistema, y de la regulación de la prestación de acciones de salud, también la definición de normas que determinan niveles de complejidad y de calidad de la atención de salud, para ello determina políticas, normas, planes y programas y vela por su cumplimiento y coordina su ejecución por los Servicios de Salud, la Central Nacional de

Abastecimiento (CENABAST) y otros organismos que componen el Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS).

3.1.1 Los servicios de salud y la red asistencial pública.

Son organismos estatales, descentralizados, tienen personalidad jurídica y patrimonio propio. Están bajo la supervigilancia de la Subsecretaría de Redes Asistenciales del Ministerio de Salud. Actualmente existen 29 Servicios de Salud distribuido a lo largo de Chile, a estos se les asigna un territorio y población. La función principal de los Servicios de Salud según el reglamento orgánico de los servicios de salud, en su artículo 1 es “la articulación, gestión y desarrollo de la red asistencial correspondiente, para la ejecución de las acciones integradas de fomento, protección y recuperación de la salud, como también la rehabilitación y cuidados paliativos de las personas enfermas” (Superintendencia de salud, 2004).

La red asistencial pública está constituida por el conjunto de establecimientos asistenciales públicos dependientes del Servicio de Salud, los establecimientos municipales de Atención Primaria de Salud (APS) de su territorio, y los demás establecimientos públicos o privados con los que tenga convenio. Según los datos del MINSAL, la red APS está compuesta por 2.514 establecimientos, con una dotación de 58.600 funcionarios contratados según el estatuto de APS, entre ellos están los centros y hospitales comunitarios tales como los hospitales de la familia y la comunidad (HC), los Centros Comunitarios de Salud Familiar (Cecosf). Los Centros de Salud, Consultorios y Postas, tales como los Centros de Salud Familiar (Cesfam), los Consultorios Generales Urbanos (CGU), los Consultorios Generales Rurales (CGR), las Postas de Salud Rural y las Estaciones Médico Rurales (EMR). Los Servicios de Urgencia de APS, tales como el Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU) y el Servicio de Atención de Urgencia de Alta Resolución (SAR). Finalmente, los Establecimientos de nivel secundario, están compuesto por los Cosam, los Centros de Referencia de Salud y los Centros de Diagnóstico Terapéutico y en el nivel terciario, están los hospitales e institutos de especialidad.

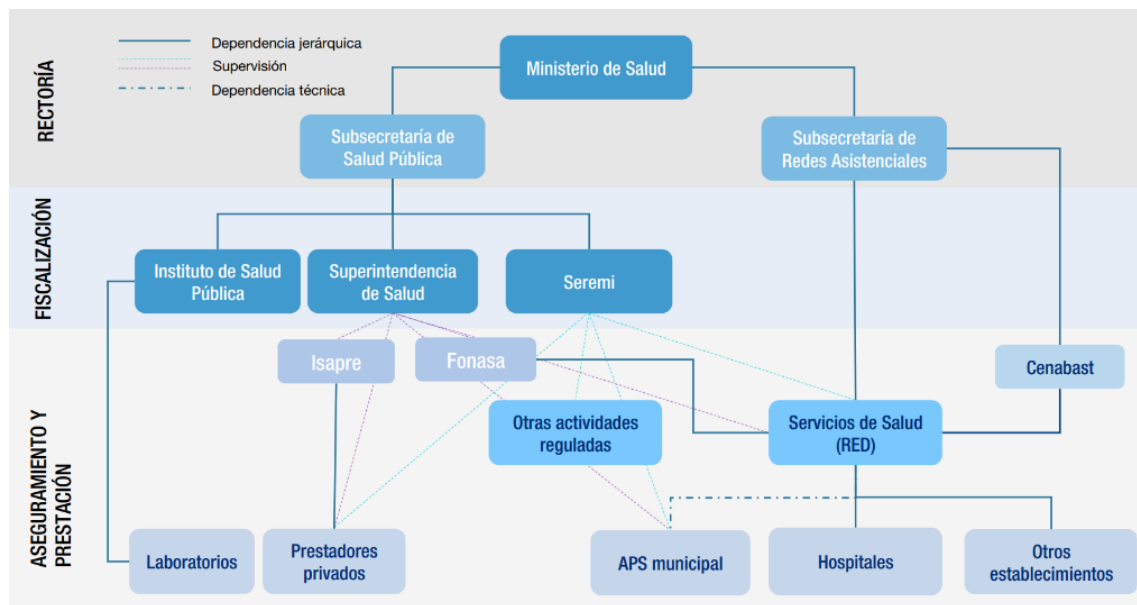


Figura 1: Estructura funcional del sistema de salud chileno.

Fuente: Centro de Epidemiología y Políticas de Salud & Facultad de Medicina Clínica Alemana - Universidad del Desarrollo, 2017

3.1.2 Corporación Municipal de Desarrollo Social de Ñuñoa.

Esta es la entidad responsable de la gestión y administración de la Salud Pública Municipal, la Corporación Municipal de Desarrollo Social de Ñuñoa, a través de su Departamento de Salud, cuenta con una red de Centros de Salud destinada a ofrecer a sus vecinos una atención de calidad, tanto a nivel primario, como con centros de apoyo para entregar una mayor resolutivez en sus prestaciones. En este contexto, se ha fortalecido a lo largo del ciclo vital, las actividades promocionales, preventivas y de recuperación, con énfasis en la satisfacción de las necesidades de salud de los usuarios, relevando la calidad de la atención, la accesibilidad y la continuidad del cuidado (Corporación Municipal de Ñuñoa, 2019).

La planificación de los Centros de Salud de Ñuñoa está regida por la Estrategia Nacional de Salud para el decenio 2011 – 2020, emanada del MINSAL, cuyos Objetivos Sanitarios son: mejorar la salud de la población, disminuir las desigualdades en salud, aumentar la satisfacción de la población frente a los servicios de salud y asegurar la calidad de las intervenciones sanitarias.

Los centros de salud con los que cuenta la Corporación Municipal de Desarrollo Social de Ñuñoa son:

- Centro Familiar Rosita Renard
- Centro de Salud Familiar Salvador Bustos
- Centro de Urgencia de Ñuñoa.
- Sapu Rosita Renard
- Centro de Salud Mental (COSAM)
- Laboratorio Clínico de Ñuñoa.
- La Botica de Ñuñoa
- Cecosf Villa Olímpica
- Cecosf Amapola.

3.1.3 Centro de Salud Familiar (CESFAM)

Este es un tipo de centro que se especializa en la atención de baja complejidad y amplia cobertura, se priorizan las atenciones ambulatorias, fortaleciendo la atención primaria, realizando controles, consultas, visitas domiciliarias, vacunaciones, entre otras.

La diferencia de esta institución con otras es que se basa en el Modelo de Salud Integral, que se enfoca en la promoción de la salud, la prevención de enfermedades y la participación de la comunidad. Este modelo busca adaptarse a las expectativas crecientes de la población, así como a los cambios demográficos y epidemiológicos, se busca que prime la equidad, la solidaridad y el uso eficiente de los recursos. Además, abarcan más población que el CECOSF y tiene una mayor variedad de prestaciones.

3.1.4 Centro de Salud Familiar Salvador Bustos

Esta investigación se centra en la farmacia del Cesfam Salvador Bustos, el que tiene como propósito la atención de salud de los beneficiarios inscritos en él, para acceder a las prestaciones, el paciente debe vivir dentro de la comuna de Ñuñoa. La institución divide a sus

pacientes en cinco sectores según su dirección, cada uno cuenta con un equipo de atención distinto.

Las prestaciones del Cesfam Salvador Bustos van desde atención de morbilidad, atención de pacientes crónicos, control de salud, atenciones del programa Mujer, atenciones del programa de Salud Mental, atenciones y controles odontológicos, atención kinesiológica, el Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI), toma de muestras, entrega de alimentos y horas de atención oftamológicas. Además, el centro cuenta con acciones específicas de un Centro de Salud Familiar, tales como: consejería familiar, visita domiciliaria integral, atención de postrados, cirugía menores, programas especiales y docencia. Otra área de la atención primaria es el trabajo en Promoción de la Salud y la Intersectorialidad, en particular con los jardines infantiles y colegios de la comuna, así como con la comunidad organizada (juntas de vecinos).

Para obtener la información necesaria del Cesfam Salvador Bustos, se recurre a distintas fuentes. Una de ellas es el levantamiento de proceso que realiza Michell Orleans, en su memoria en el año 2020. En ellos se puede encontrar los procesos de: dispensación, abastecimiento CENABAST y local, recepción de pedidos CENABAST y locales, reposición, control de temperatura y ajuste de inventario. También se encuentra una estimación de los tiempos mensuales de dichos procesos.

Adicionalmente, se obtiene la información a partir de entrevistas con el jefe de farmacia René Miranda y algunos trabajadores de la Corporación de Salud de Ñuñoa, así como de visitas realizadas tanto al Cesfam Salvador Bustos como a las farmacias populares de la comuna. Aquí se observa que los procesos de abastecimiento de medicamentos para las farmacias se realizan de forma manual, es decir según la experiencia de los equipos se define la cantidad a solicitar. Si bien se recurre a la información de compras para realizar esta estimación, hoy depende en gran parte del conocimiento del encargado de farmacia y no de un sistema de información para la gestión.

3.1.5 CENABAST.

Es una institución pública, descentralizada y autónoma, depende del Ministerio de Salud y se encarga de gestionar los procesos de compra determinados por el Ministerio de Salud, la

Subsecretaría de Redes Asistenciales, la Subsecretaría Pública, el Fondo Nacional de Salud, los Servicios de Salud, las Municipalidades y Corporaciones Municipales, y otras entidades que se adscriban al Sistema Nacional de Servicios de Salud. Los servicios de salud y hospitales del sector público pueden abastecerse con otros mecanismos, pero la CENABAST permite regular el mercado al conseguir precios más bajos, dado el volumen de compra que se obtiene al consolidar la demanda del cliente que pertenecen al Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS), Atención Primaria de Salud (APS) y extrasistema, cumpliendo su rol de intermediación (Centro de Epidemiología y Políticas de Salud & Facultad de Medicina Clínica Alemana - Universidad del Desarrollo, 2017).

Según La ley de presupuestos 2022 al menos un 80% de la cantidad de medicamentos y un 40% del monto de ellos de una canasta definida por la Central de Abastecimiento del Sistema Nacional de Servicios de Salud y la Subsecretaría de Redes Asistenciales, preferentemente los de alta rotación, deben ser provisto por CENABAST. Es de alta relevancia identificar esos medicamentos ya que tienen parámetros de entrega diferentes a los adquiridos directamente con las compañías farmacéuticas privadas (MINISTERIO DE HACIENDA DIRECCIÓN DE PRESUPUESTOS, 2022).

CENABAST cuenta con tres líneas de operación:

1. Farmacias privadas: El Servicio de abastecimiento a Farmacias Privadas está facultado por la Ley N° 21.198, conocida como “Ley CENABAST”, la cual permite a CENABAST abastecer a Farmacias Privadas y Organizaciones sin fines de lucro desde abril 2020, estableciendo un precio máximo de venta al público. (CENABAST, 2021)
2. Intermediación: En el Servicio de abastecimiento, CENABAST ofrece a la Red de Salud Pública un listado de medicamentos, insumos y dispositivos médicos a través de su sistema web, para que los establecimientos consoliden su demanda, con el objetivo de obtener un volumen de compra importante, de modo que permita acceder a descuentos en los precios.
3. Programas Ministeriales: En este Servicio de abastecimiento se gestionan los procesos de compra para la ejecución de Programas Ministeriales mandatados por el Ministerio de Salud,

Subsecretaría de Redes Asistenciales, Subsecretaría de Salud Pública y el Fondo Nacional de Salud.

En cuanto a las líneas de operación se observa en la Figura 2 la distribución de los montos brutos en millones de pesos.

Línea de operación	2018	2019	2020	2021
Farmacias Privadas			\$ 1.264	\$ 5.548
Intermediación	\$ 149.993	\$ 202.648	\$ 275.705	\$ 333.198
Programas Ministeriales	\$ 343.444	\$ 474.065	\$ 634.469	\$ 511.661
Ley Ricarte Soto	\$ 66.729	\$ 109.358	\$ 118.697	\$ 125.547
VIH/SIDA	\$ 55.252	\$ 93.607	\$ 80.124	\$ 78.587
PNI ¹	\$ 30.951	\$ 44.087	\$ 53.572	\$ 56.954
Urgencia	\$ 0		\$ 141.822	\$ 33.004
PNAC ²	\$ 36.763	\$ 39.539	\$ 31.164	\$ 26.061
PACAM ³	\$ 21.766	\$ 23.962	\$ 24.650	\$ 21.301
Otros Programas Ministeriales	\$ 131.983	\$ 163.511	\$ 184.441	\$ 170.207
Común ⁴			\$ 3.591	\$ 42.511
Total	\$ 493.437	\$ 676.712	\$ 915.029	\$ 892.918

Figura 2: Evolución de presupuesto según línea de operación.

Fuente: CENABAST 2021

Se observa que el mayor volumen de operación lo tienen los programas ministeriales, y han ido en aumento a lo largo de los años. Exceptuando el volumen del año 2021 donde se presenta una baja en particular en la línea de operación de los programas ministeriales, se piensa que esta baja se debe a la inyección de recursos para combatir el COVID en el año 2020. También como se mencionó con anterioridad, desde abril del 2020, por la ley 21.198, conocida como “Ley CENABAST”, se permite a CENABAST abastecer a Farmacias Privadas y Organizaciones sin fines de lucro.

Es importante destacar que CENABAST se rige por la Ley de compras N19.886, por lo que debe llevar a cabo sus adquisiciones a través del portal Mercado Público, a excepción de las compras mediante importación. El portal es administrado por la Dirección de Compras y Contratación Pública (ChileCompra), aquí los organismos públicos de Chile realizan los

procesos de compras y los proveedores ofrecen sus productos. Siguiendo la normativa, Cenabas define la modalidad de compra, priorizando la conveniencia económica, estas modalidades son:

1. Convenio Marco: Este sistema de compra se realiza a través de un catálogo electrónico de proveedores previamente aprobados por ChileCompra.
2. Licitación: CENABAST invita a los proveedores a presentar ofertas, evaluando y seleccionando la más favorable según los criterios establecidos en las Bases de la Licitación. Esta licitación puede ser pública o privada, dependiendo de si se invita a ciertos proveedores específicos.
3. Trato directo: Se lleva a cabo una contratación directa con un proveedor, previa emisión de una Resolución fundada o bajo ciertas condiciones que justifiquen la realización de este tipo de mecanismo excepcional.

En la Figura 3 se puede visualizar la distribución de las modalidades de compra de forma porcentual y el total de monto bruto en MM\$:

Tipo de compra	Monto bruto (MM\$)	Porcentaje del total
Licitación	\$ 601.934	67,4%
Trato directo	\$ 290.984	32,6%
Monoproveedor	\$ 108.894	12,2%
Renovación	\$ 79.939	9,0%
Urgencia	\$ 44.079	4,9%
Indispensable	\$ 21.131	2,4%
Imprevisto	\$ 18.426	2,1%
Importación	\$ 13.457	1,5%
Emergencia	\$ 5.050	0,6%
Menor o igual a 10 UTM	\$ 8	0,0%
Total	\$ 892.918	100,0%

Figura 3: Detalle de volumen de operaciones según modalidad de compra.

Fuente: CENABAST 2021

Se puede observar las razones de los tratos directos y su distribución siendo principalmente compras asociadas a un único proveedor (12,2%) y a renovaciones de contratos (9%).

En cuanto a los clientes, estos comprenden toda la red pública de salud del país. Durante el 2021, un total de 561 clientes realizaron solicitudes de productos a través de CENABAST en su línea de intermediación. En cuanto a su distribución de clientes por región, la Región Metropolitana significa el 21% del total, seguida de la Región de Valparaíso con un 12% y la Región de Biobío y la Araucanía con un 10%.

El CESFAM Salvador Bustos, abastece un gran porcentaje de su farmacia gracias a CENABAST, se beneficia de la economía de escala aprovechando los beneficios de comprar en grandes cantidades y compartir los costos de distribución con otros establecimientos de salud, permitiendo el acceso a los medicamentos a un precio más económico en comparación con las compras individuales. Además, CENABAST cuenta con una mayor disponibilidad de medicamentos esenciales para esta institución, ya que se especializa en los programas ministeriales con los que también cuenta el CESFAM.

Si bien primero existió un proceso de registro y afiliación para poder acceder a los servicios y beneficios de la CENABAST. Hoy el CESFAM Salvador Bustos se relaciona con CENABAST en los procesos de **Abastecimiento CENABAST**, en particular al momento de cargar la lista de medicamentos a la plataforma CENABAST y luego en el momento en donde CENABAST realiza la confirmación de los pedidos. También en el proceso de **Recepción Pedidos CENABAST**, aquí se reciben los productos enviados por la CENABAST, se revisa la factura y el pedido, en caso de tener un pedido incompleto, se realiza un reclamo en la plataforma.

3.2 Administración de inventarios, proyección de demanda y modelo de cantidad fija.

En esta segunda parte del marco teórico se pretende todo lo necesario para tener una comprensión de los modelos. Es decir, qué es la gestión de inventarios y por qué es importante en el abastecimiento de medicamentos, qué método de pronóstico de demanda se utiliza y por qué, así como el modelo de inventario de cantidad fija con sus ventajas e inconvenientes respecto a otros

modelos de inventario. Finalmente se abordan las herramientas informáticas a utilizar para llegar a operacionalizar los modelos mencionados anteriormente.

3.2.1 Administración de inventarios.

Los inventarios son las existencias de una pieza o de un recurso utilizado en una organización. Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles con los cuales se vigilan los niveles del inventario y se determina los que se van a mantener y el momento en que es necesario reabastecer. (B. Chase & Robert Jacobs, 2012)

Hay varios enfoques para abordar el problema de los inventarios algunos de ellos son:

La categorización ABC: determina una segmentación de los inventarios por diferente criterio de importancia, tales como la demanda, el costo, la rentabilidad, etc. Se dividen las piezas en 3 partes, el grupo A representa el 15% más alto de las piezas en términos de valor, puede requerir pedidos más frecuentes, el grupo B representa el 35% y el grupo C es el último 50%. Esta clasificación está centrada en la contribución al valor total del inventario. Se pueden identificar estrategias y políticas diferenciadas para el control, gestión y ubicación de los artículos además de optimizar el abastecimiento. (Garcia, 2016).

Justo a tiempo (JIT): es un enfoque de gestión de inventario que se basa en producir y entregar los productos justo cuando se necesita, de esta forma no se acumula inventario innecesario. Para esto es necesaria la sincronización precisa de la producción con la demanda, reduciendo los costos de inventario y mejorando la eficiencia al eliminar los desperdicios, el JIT necesita usar técnicas de programación y control de la producción, además de una estrecha relación con proveedores confiables.

Análisis EOQ: se utiliza el pronóstico de demanda para estimar la demanda de los periodos que sigue, en base a esto se puede calcular la cantidad económica de pedido óptimo en donde se minimizan los costos de inventario. Para la utilización de este enfoque es necesaria la información histórica de venta, mantener una demanda constante, un costo de pedido constante y un tiempo de entrega constante. Se busca encontrar un equilibrio entre los costos de mantener el inventario y los costos de realizar los pedidos. (B. Chase & Robert Jacobs, 2012)

Sistema de inventario periódico: es utilizado en la gestión de inventario donde el recuento y registro del inventario se realiza en intervalos regulares de tiempo. Para esto se debe existir un recuento del inventario, un registro de las ventas, un cálculo de inventario final y una realización de un pedido de reposición. Este sistema puede ser más simple de implementar y mantener, especialmente para empresas con amplia variedad de productos o con recursos limitados para la gestión (Relph, G. 2016).

3.2.2 Pronóstico de la demanda.

El propósito que tiene el manejo de la demanda es coordinar y controlar las fuentes de la demanda con el fin de usar con eficiencia el sistema productivo y entregar un producto a tiempo. No es fácil elaborar un sistema de pronóstico de la demanda, pero es fundamental para la planificación. Algunos pronósticos son estratégicos, estos se realizan para mediano y largos plazos y con ellos se toman decisiones relacionadas con el diseño y planes para satisfacer una demanda, también están los pronósticos tácticos, estos son a corto plazo y se emplean como entrada para tomar decisiones diarias destinadas a satisfacer una demanda.

3.2.3 Tipos de pronóstico.

Según “Administración de operaciones: producción y cadena de suministros”, estos se clasifican en 4 tipos básicos: cualitativos, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación. Las técnicas cualitativas son subjetivas y se basan en estimados y opiniones. El análisis de series de tiempo se basa en la idea de que es posible utilizar información de la demanda pasada para predecir la demanda futura. Esto es así dado que la información anterior incluye varios componentes, como influencias de tendencias, estacionales o cíclicas. En cuanto a las relaciones causales, este se analiza a través de la técnica de la regresión lineal, supone que la demanda se relaciona con algún factor subyacente en el ambiente. Finalmente, los modelos de simulación permiten manejar varias suposiciones acerca de la condición del pronóstico. En esta investigación se le da prioridad a abarcar el pronóstico de la demanda a través de las series de tiempo ya que existen datos acumulados que permiten una mejor predicción.

3.2.4 Componentes de la demanda

La demanda en la mayoría de los casos, tanto para productos como para servicios, se divide en 6 componentes, estos son: la demanda promedio para el periodo, una tendencia, elementos estacionales, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación. Como se ve en la Figura 2. Existe una demanda por un periodo de 4 años, se ve la línea del promedio, la tendencia y los componentes estacionales.

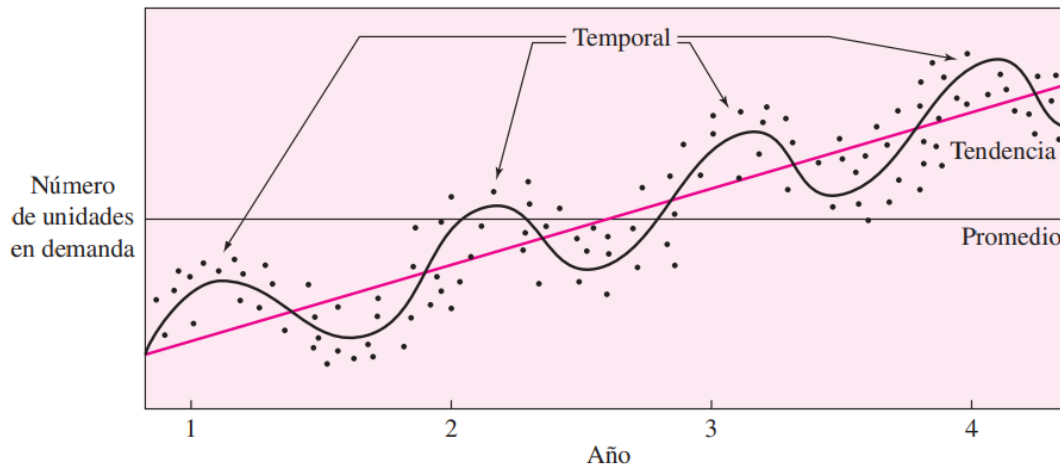


Figura 4: Gráfico de tiempo en función de la demanda, explica el comportamiento de la tendencia y temporalidad.

Fuente: Administración de operaciones: producción y cadena de suministros

3.2.5 Modelos de pronóstico de demanda.

Los de series de tiempo tratan de predecir el futuro con base en información anterior. En este caso, una empresa u organización debe elegir un modelo de pronóstico dependiendo de: el horizonte de tiempo al que se va a pronosticar, la disponibilidad de los datos, la precisión requerida, el tamaño del presupuesto para el pronóstico y la disponibilidad de personal calificado. También existen otros aspectos como el grado de flexibilidad tenga la organización, es decir cuál es su habilidad para reaccionar con rapidez a los cambios. Los modelos de pronóstico de demanda de series de tiempo son:

Regresión lineal: tiene un horizonte de tiempo de pronóstico de corto a mediano plazo, el patrón de los datos es estacionario, tendencias y temporalidad y se necesitan de 10 a 20 observaciones para la temporalidad, al menos 5 observaciones por temporada.

Promedio móvil simple: tiene un horizonte de tiempo de pronóstico de corto plazo, el patrón de los datos debe ser estacionarios, sin tendencia ni temporalidad y se necesitan los datos de 6 a 12 meses, a menudo se utilizan datos semanales.

Promedio móvil ponderado y suavización exponencial simple: tiene un horizonte de tiempo de pronóstico de corto plazo, los datos deben ser estacionarios y se necesitan de 5 a 10 observaciones para empezar.

Suavización exponencial con tendencia: tiene un horizonte de tiempo de pronóstico de corto plazo, los datos deben ser estacionarios y de tendencia y para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones.

3.2.6 Modelos de inventario

Existen modelos de un solo periodo, modelos de cantidad de pedido fijo y modelos de tiempo fijo. Para esta investigación se profundiza el modelo “Cálculo de punto de reorden con enfoque en el nivel de servicio” que es el utilizado en la tesis de Juan Parra, ya que es el óptimo para la operacionalización de la gestión de inventarios para la corporación de salud de Ñuñoa. Este modelo calcula una cantidad fija de pedido a partir de distintos parámetros, esta cantidad es solicitada cada vez que el inventario disponible llega al indicador del punto de reorden, el cual es determinado a partir de un nivel de servicio, demanda y desviación estándar de la muestra. (Parra Agurto, 2022)

En este caso la ecuación de la cantidad óptima del modelo es igual a la del modelo EOQ:

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

Donde:

D: demanda anual en unidades

S: Costo del pedido, en peso por pedido

H: Costo anual de almacenamiento, en peso por unidad

Y la ecuación para conocer el punto de reorden es:

$$PRO = X_{TE} + \sigma_{TE} * z$$

Donde:

X_{TE} : demanda promedio durante el tiempo de entrega, en unidades.

σ_{TE} : desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega, en unidades.

z : número de desviaciones estándar necesarias para lograr el nivel de servicio específico

3.2.7 Costos de inventario

Existen muchos tipos de costos que se pueden asociar al inventario, para tomar decisiones es importante considerarlos, estos son:

Costo de mantenimiento: estos son los que resultan de guardar o mantener, artículos durante un periodo. Son en general proporcionales a la cantidad promedio de artículos disponibles. Pueden ser considerados en cuatro clases: costos de espacio, costos de capital, costos de servicio de inventario y costos de riesgo de inventario.

Costos de adquisición: estos están asociados a la adquisición de los bienes para el reaprovisionamiento del inventario, son importantes para determinar las cantidades de reorden. Estos son el procesamiento, ejecución, transmisión, manejo y compra del pedido. Puntualmente, pueden ser el costo de manufactura del producto para varios tamaños de pedidos, el costo de los departamentos de contabilidad y compras, de procesar el pedido, el costo de transmitir el pedido al punto de suministro, el costo de transportar el pedido cuando estos costos no están incluido en el precio de los artículos comprados y el costo de cualquier manejo o procesamiento de materiales de los artículos en el punto de recepción.

Costos por falta de existencias: se incurre en este costo cuando existe un pedido, pero no puede surtirse desde el inventario que está normalmente asignado. Existen dos tipos de costos por falta de existencias: el costo por pérdidas de ventas y el costo por pedido pendiente. El primero ocurre cuando el cliente, por falta del producto, cancela su pedido. Y el segundo ocurre cuando un cliente espera que su pedido sea surtido, por lo que la venta no está perdida, sino retrasada. Estos pedidos pendientes pueden crear costos adicionales de transportación y manejo cuando no se satisfacen a través del canal normal de distribución (H. Ballou, 2004).

3.3 Metodologías

En la gestión de proyectos como este, una parte esencial en la planificación y ejecución de las tareas es la metodología. En el tiempo han surgido varios enfoques para abordar la gestión de proyectos, cada una de ella con características particulares, las dos categorías amplias que se destacan son las metodologías tradicionales y las metodologías ágiles.

3.3.1 Metodologías tradicionales versus metodologías ágiles

En las metodologías tradicionales se entiende un solo proyecto, de dimensiones grandes y estructura definida, se sigue un proceso secuencial en una sola dirección y sin marcha atrás, el proceso es rígido y no cambia, los requerimientos son acordados de una vez y para todo el proyecto, demandando grandes plazos de planeación previa y poca comunicación con el cliente una vez terminado ésta. (Navarro et al., 2013)

En cambio, las metodologías ágiles son flexibles, pueden ser modificadas para que se ajusten a la realidad del equipo de y del proyecto. Los proyectos ágiles se subdividen en proyectos más pequeños mediante una lista ordenada de características. Cada proyecto es tratado de manera independiente y desarrolla un subconjunto de características durante un tiempo corto, entre dos y seis semanas. La comunicación con el cliente es frecuente y los proyectos son altamente colaborativos, se adaptan mejor a los cambios. Tanto el producto como el proceso son mejorados frecuentemente. En la Figura 5 se puede revisar una tabla comparativa entre ambas metodologías.

Metodologías tradicionales	Metodologías ágiles
Predictivos	Adaptativos
Orientados a procesos	Orientados a personas
Proceso rígido	Proceso flexible
Se concibe como un proyecto	Un proyecto es subdividido en varios proyectos más pequeños
Poca comunicación con el cliente	Comunicación constante con el cliente
Entrega de software al finalizar el desarrollo	Entregas constantes de software
Documentación extensa	Poca documentación

Figura 5: Metodologías tradiciones vs metodologías Ágiles.

Fuente: Navarro et al., 2013

En este proyecto se escoge utilizar una metodología ágil dado que funciona mejor para proyectos donde los requerimientos no están completamente definidos al principio, además proporciona mayor flexibilidad, entregas rápidas y una mayor capacidad de satisfacer al cliente de manera efectiva.

3.3.2 Metodologías ágiles

Scrum: Se desarrolla en 1986 como un enfoque de desarrollo de productos basado en el Rugby Approach. Se enfoca en la colaboración efectiva en proyectos y utiliza un enfoque incremental basado en la teoría del control empírico. Se definen 3 roles clave, el Scrum Máster, Product Owner y el equipo de desarrollo. También utiliza ciclos de desarrollo llamados sprints con una duración máxima de un mes y los principales objetos que tiene son: Product Backlog, Sprint Backlog, Monitoreo de Progreso e Incremento.

Extreme programming (XP): Es desarrollada por Kent Beck para guiar equipos de desarrollo de software pequeños y medianos, se basa en cinco valores clave: Simplicidad, Comunicación, Retroalimentación, Respeto y Coraje. Los principios fundamentales son la retroalimentación

rápida, asumir simplicidad, cambio incremental y el trabajo de calidad. Las prácticas XP incluyen: "Planning Game," "Entregas Pequeñas," "Diseño Simple," "Programación en Pareja," "Pruebas," "Refactoring," "Integración Continua," "Propiedad Común del Código," "Paso Sostenible," "Cliente en Sitio," "Metáfora," y "Estándares de Código."

Crystal: Es una metodología centrada en las personas y la comunicación. Sus principios incluyen la reducción del trabajo intermedio mediante la producción frecuente de código, la adaptación a los cambios en el sistema y al tamaño del proyecto, y el ajuste continuo.

DSDM (Dynamic Systems Development Method): se centra en entregar la solución correcta en el momento adecuado. Utiliza un ciclo de vida iterativo y se enfoca en roles bien definidos y entregables para cada fase del proyecto. (Navarro et al., 2013)

ASD (Adaptative Software Development): se basa en la teoría de sistemas adaptativos complejos. Ve el desarrollo de software como un sistema adaptativo compuesto por agentes, entornos y salidas. Se enfoca en la adaptación constante y en la comunicación efectiva. (Navarro et al., 2013)

La elección de la metodología ágil más adecuada para este proyecto depende de las características y necesidades de la organización y del proyecto en sí, en este caso se escoge la metodología Scrum por su flexibilidad y adaptabilidad en caso de que los parámetros del modelo lo necesiten. También se escoge por las iteraciones y las entregas incrementales, dado que scrum se basa en ciclos de desarrollo iterativos (sprint), para un proyecto de inventario, esto significaría que se pueden librar módulos o funcionalidades específicas a lo largo del tiempo, lo que podría facilitar la implementación gradual. En cuanto a la colaboración y comunicación, Scrum promueve la comunicación abierta y continua, esto es esencial para comprender las necesidades cambiantes y las preferencias de los usuarios. Finalmente, en esta metodología existe la característica de priorización eficiente, teniendo la lista priorizada llamada "producto Backlog", esto permite que las funcionalidades se ordenen según su importancia y valor comercial, lo que garantiza que las características más críticas se aborden primero.

3.3.4 Metodología ágil de desarrollo de software: Scrum

Es un marco de trabajo diseñado para lograr la colaboración eficaz de equipos en proyectos, que emplea una serie de reglas, artefactos y definiciones de roles que generan la estructura necesaria para su funcionamiento. (Navarro et al., 2013)

En el 2001 se crea el Manifiesto por el desarrollo ágil de software, documento donde se acuerdan cuatro principios básicos para el desarrollo del software

- **Individuos e interacciones, por encima de procesos y herramientas:** pone énfasis en la importancia de las personas y las interacciones en el desarrollo del software. El éxito del proyecto depende de las habilidades, el compromiso y la comunicación efectiva entre los miembros del equipo. En comparación con el sistema tradicional que se enfoca en los procesos y las herramientas como principal preocupación.
- **Software funcionando, por encima de documentación extensiva:** destaca la prioridad de tener un software funcional y en funcionamiento como medida de progreso y éxito. Se reconoce que la documentación es importante, pero no el enfoque principal. En los sistemas tradicionales hay un mayor énfasis en la documentación detallada, lo que puede llevar a retrasos y a perder de vista la entrega de un producto de calidad.
- **Colaboración con el cliente por sobre negociación de contratos:** enfatiza la importancia de la colaboración estrecha con el cliente durante el proceso de desarrollo. Se busca establecer una relación de confianza y comprensión mutua para adaptarse a las necesidades cambiantes y obtener retroalimentación constante.
- **Respuesta al cambio por sobre el seguimiento de un plan:** este principio busca reconocer la naturaleza volátil y cambiante de los proyectos de software. Se promueve la capacidad de respuesta y adaptación rápida a medida que surgen nuevos requerimientos o se identifican mejores enfoques.

Además, el uso exitoso de Scrum depende de que las personas se vuelvan más competentes en vivir cinco valores: **Compromiso, Enfoque, Apertura. Respeto y Coraje.**

3.3.5 Roles de Scrum

ScrumMaster: es quien vela por la utilización de Scrum, la remoción de impedimentos y asiste al equipo, es considerado un facilitador encargado de acompañar al equipo de desarrollo. Según Sergio Díaz (2020), sus principales responsabilidades son:

- Velar por el correcto empleo y evolución del Scrum
- Facilitar el uso del Scrum a medida que avanza el tiempo. Esto incluye la responsabilidad de que todos asistan a tiempo a las daily meetings, reviews y retrospectivas.
- Asegurar que el equipo de desarrollo sea multifuncional y eficiente.
- Disminuir las distracciones y trabas externas que puedan influir en la confección del proyecto.
- Detectar, monitorear y facilitar la remoción de impedimentos que puedan surgir en el proyecto y la metodología.
- Asegurar la cooperación y comunicación dentro del equipo.

Product Owner: Es quien representa al negocio, stakeholders, cliente y usuarios finales. Tiene la responsabilidad de conducir al equipo de desarrollo hacia el producto adecuado. Según Sergio Díaz (2020) , sus principales responsabilidades son:

- Definir la visión del producto y hacia dónde va el equipo de desarrollo.
- Gestionar las expectativas de los Stakeholders.
- Recolectar los requerimientos usando la metodología de las historias de usuarios y los criterios de aceptación.
- Definir un Release Plan (planes de entregas), con el fin de tener una visión a futuro del proyecto. Esto se realiza mediante el proceso de “Inception” para que todo lo que se realice en el proyecto genere un impacto de verdad.
- Maximizar la rentabilidad del producto, utilizando técnicas de priorización, identificando las características funcionales de alto y bajo nivel.
- Cambiar las prioridades de las características según avanza el proyecto, acompañando así los cambios en el negocio.
- Aceptar/rechazar el producto construido durante el Sprint y proveer feedback valioso para su evolución.

- Poseer disponibilidad para aclarar dudas que pueden surgir en el Sprint y participar en las reuniones que se realizan en el Sprint

Equipo de Desarrollo: tiene como responsabilidad convertir lo que el cliente quiere, el Product Backlog, en iteraciones funcionales del producto, no tienen jerarquías y todos sus miembros tienen el mismo nivel y cargo: desarrollador. El tamaño óptimo del equipo está entre tres y nueve personas. Según Sergio Díaz (2020), sus principales responsabilidades son:

- Proveer las estimaciones de cuánto esfuerzo será requerido para cada una de las características del producto.
- Comprometerse al comienzo de cada Sprint a construir un conjunto determinado de características en el tiempo que dura el mismo.
- Entregar el producto terminado al finalizar cada Sprint.

3.3.6 Ingeniería de software

Dentro de la metodología para el desarrollo del software es relevante el uso de las herramientas de la ingeniería de software, estas son:

3.3.7 Caso de uso

Un caso de uso puede ser definido como “una secuencia de acciones, incluyendo variaciones, que el sistema puede ejecutar y que produce un resultado observable de valor para un actor que interactúa con el sistema.” Los diagramas pueden incluir varios casos de uso y las relaciones entre estos y los usuarios, los grupos o los sistemas que interactúan para llevar a cabo el caso de uso. Dentro de los diagramas de caso de uso existen elementos que lo componen, estos son:

Actor: si es una persona, se representa con el dibujo de una figura humana esquemática. Representa el rol de la persona que interactúa con el sistema. No todos los stakeholders son actores, sólo los que utilizan el sistema lo son.

Caso de uso: se muestra como una elipse que suele incluir un texto describiendo brevemente el conjunto de acciones que ejecuta un objeto para producir un resultado de valor para un actor.

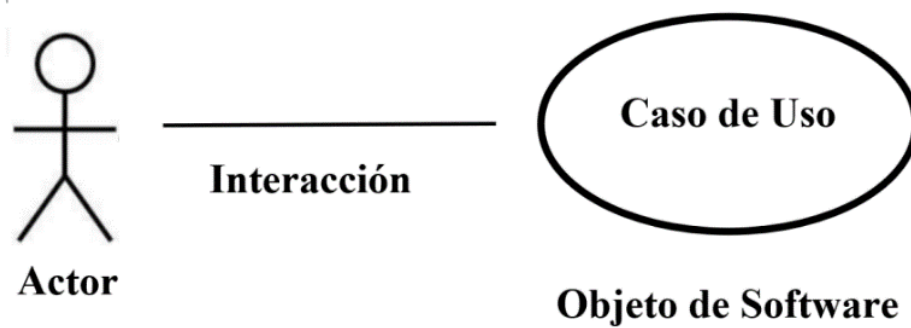


Figura 6: Relación actor con caso de uso.

Fuente: (Pizarro,2023)

Relación entre casos de uso

Generalización: un caso de uso también se puede especializar en uno o más caso de uso específico, como se observa en la Figura 7, le puede añadir una nueva funcionalidad o redefine su comportamiento.

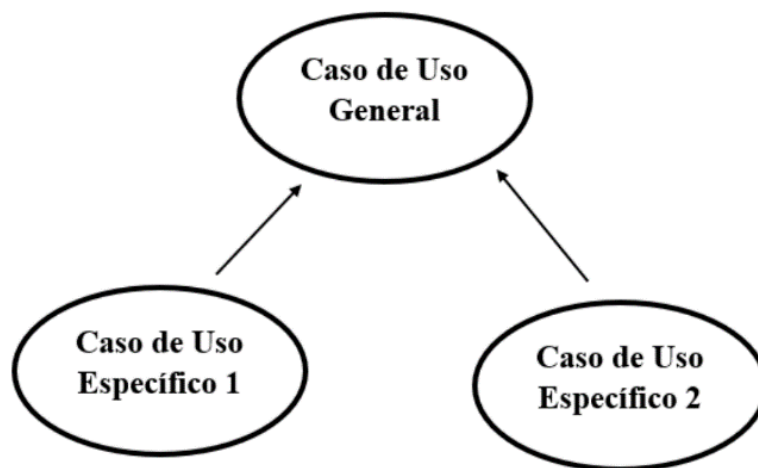


Figura 7: Diagrama generalización entre casos de uso.

Fuente: PIZARRO SAAVEDRA, 2023.

Inclusión: un caso de uso puede incorporar el comportamiento otros casos de uso como fragmentos de su propio comportamiento.

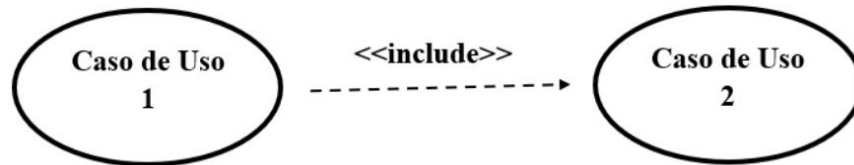


Figura 8: Diagrama de inclusión caso de uso.

Fuente: PIZARRO SAAVEDRA, 2023.

Extensión: un caso de uso también se puede definir como una extensión incremental de un caso de uso base agregando una funcionalidad excepcional sin modificarlo.

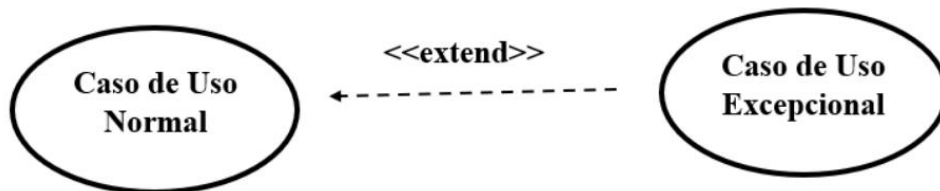


Figura 9: Diagrama de extensión de caso de uso.

Fuente: PIZARRO SAAVEDRA, 2023.

3.3.8 Modelo Entidad- Relación

El modelo entidad-relación es el modelo conceptual más utilizado para el diseño conceptual de bases de datos. Fue introducido por Peter Chan en 1976. El modelo entidad-relación está formado por un conjunto de conceptos que permiten describir la realidad mediante un conjunto de representaciones gráficas y lingüísticas como las que se ven en la Figura 10. (ROCHA C, 2017)

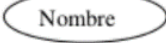
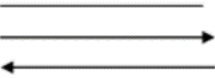
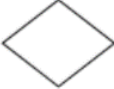
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	EJEMPLO
Rectángulos: representan conjuntos de Entidades.	Entidad 	
Elipses: representan atributos	Atributo 	
Líneas: conectan los atributos a los conjuntos de entidades, y los conjuntos de relaciones	Conexión 	
Rombos: representan relaciones.	Relación 	

Figura 10: Simbología modelo Entidad- Relación

Fuente: ROCHA C, 2017

Entidad

Es cualquier tipo de objeto o concepto sobre el que se recoge información: cosa, persona, concepto abstracto o suceso. Algunos ejemplos pueden ser: autos, casa, empleados, oficios, etc. Las entidades se representan gráficamente mediante rectángulos y su nombre aparece en el interior. Un nombre de entidad pueda aparecer solo una vez en el esquema conceptual. Existen dos tipos de entidades: fuertes y débiles. Una entidad débil es cuya existencia depende de la existencia de otra entidad. Una entidad fuerte es una entidad que no es débil. Los conjuntos de entidades son las colecciones de entidades que comparten los mismos atributos o características, por ejemplo, los países comparten el tener nombre, lengua, moneda, etc.

Cuando una entidad participa en una relación puede adquirir el papel de fuerte o débil. La entidad débil es aquella que no puede existir sin participar en una relación, es decir, aquella que no puede ser unívocamente identificada solamente por sus atributos. Una entidad fuerte, es aquella que sí puede ser identificada unívocamente. Cuando se requiera, se puede dar que una entidad fuerte “preste” algunos atributos a una entidad débil para que, esta última, se pueda identificar. Las entidades débiles se representan mediante un doble rectángulo. (ROCHA C, 2017).

Relación

Es una asociación entre dos o más entidades. Cada relación tiene un nombre que describe su función. Las relaciones se representan gráficamente por rombos y su nombre aparece en el interior.

Las entidades involucradas en una determinada relación se denominan entidades participantes. El número de participantes en una relación es lo que se denomina grado de la relación, es decir, si en una relación participan dos entidades, la relación es binaria, si son tres, la relación es ternaria, etc.

Una relación recursiva es una relación donde la misma entidad participa más de una vez en la relación con distintos papeles. El nombre de estos papeles es importante para determinar la función de cada participación.

La cordialidad en una relación se refiere al rango de participación que dicha entidad puede tener en esa relación. El rango se define mediante dos valores: el número mínimo y el número máximo de veces que una ocurrencia de esa entidad puede tomar parte en la relación en cuestión. La participación de una entidad en una relación se considera obligatoria, es decir, total, cuando la existencia de cada ocurrencia de esa entidad está vinculada a la existencia de al menos una ocurrencia de la otra entidad participante en la relación. En caso contrario, cuando la existencia de una entidad no depende de la otra, la participación se considera opcional o parcial. Estas reglas que determinan la cordialidad de las relaciones se basan en las reglas de negocio específicas que rigen el funcionamiento de la base de datos. (ROCHA C, 2017).

Conjunto de relaciones

Consiste en una colección de relaciones de la misma naturaleza, por ejemplo: dado los conjuntos de entidades “habitación” y “huésped”, todas las relaciones de la forma habitación-huésped, permiten obtener la información de los huéspedes y sus respectivas habitaciones. La dependencia o asociación entre los conjuntos de entidades es llamada participación. Se llama grado del conjunto de relaciones a la cantidad de conjuntos de entidades participantes en la relación.

Atributo

Es una característica de interés o un hecho sobre una entidad o sobre una relación. Los atributos presentan propiedades básicas de las entidades y de las relaciones. Toda información extensiva es portada por los atributos. Gráficamente, se representan mediante bolitas que cuelgan de las entidades o relaciones a las que pertenecen. Cada atributo tiene un conjunto de valores asociados denominado dominio, este define todos los valores posibles que puede tomar un atributo. Puede haber varios atributos definidos sobre un mismo dominio. Los atributos pueden ser simples o compuestos:

Atributo simple: tiene un solo componente, y no se puede dividir en partes más pequeñas que tengan un significado propio.

Atributo compuesto: es un atributo con varios componentes, cada uno con un significado por sí mismo. Un grupo de atributos se representa mediante un atributo compuesto cuando tienen afinidad en cuanto a su significado, o en cuanto a su uso. Un atributo compuesto se representa gráficamente mediante un óvalo.

Por último, los atributos pueden ser derivados. Un atributo derivado es aquel que representa un valor que se puede obtener a partir del valor de uno o varios atributos, que no necesariamente deben pertenecer a la misma entidad o relación. (ROCHA C, 2017)

Identificador

Un identificador de entidad es un atributo o conjunto de atributos que identifica de manera única cada instancia de esa entidad. Para ser efectivo, debe cumplir dos condiciones:

1. Cada valor del identificador debe ser único; es decir, no puede haber dos instancias de la entidad con el mismo valor de identificador.
2. Si se elimina o falta cualquier parte del identificador, la unicidad ya no se garantiza.

Toda entidad debe tener al menos un identificador, y en algunos casos, pueden tener varios identificadores alternativos para diferentes situaciones. Las relaciones entre entidades no tienen identificadores. (ROCHA C, 2017)

Cardinalidad de las relaciones

La cardinalidad de las relaciones se representa típicamente mediante etiquetas en el exterior de la relación, generalmente como "1:1", "1:N" y "N:M". La notación específica puede variar según el lenguaje utilizado, pero la más comúnmente aceptada es la notación unificada.

Una forma alternativa de expresar la cardinalidad es mediante símbolos cerca de la línea que conecta una entidad con una relación:

- "0" indica que una instancia de la entidad no está obligada a participar en la relación.
- "1" indica que cada instancia de la entidad está obligada a participar en la relación y solo lo hace una vez.
- "N", "M" o "*" indican que una instancia de la entidad no está obligada a participar en la relación y puede hacerlo un número variable de veces. (ROCHA C, 2017)

Correspondencia de cardinalidades

Cuando tratamos con un conjunto de relaciones que involucran dos o más conjuntos de entidades, la correspondencia de cardinalidades nos dice cuántas entidades pueden relacionarse con una entidad dada.

En el contexto de relaciones binarias y teniendo los conjuntos de entidades A y B, la correspondencia de cardinalidades puede describirse de la siguiente manera:

- Uno a uno: Una entidad de A se relaciona exclusivamente con una entidad en B, y viceversa.
- Uno a varios: Una entidad en A puede relacionarse con cero o más entidades en B, pero una entidad en B solo se relaciona con una entidad en A.
- Varios a uno: Una entidad en A se relaciona exclusivamente con una entidad en B, pero una entidad en B puede relacionarse con cero o más entidades en A.
- Varios a varios: Una entidad en A puede relacionarse con cero o más entidades en B, y viceversa.

3.3.9 Modelo relacional

El modelo relacional se fundamenta en la lógica de predicados y la teoría de conjuntos, proponiendo un esquema donde los datos se organizan en relaciones, equivalentes lógicamente a conjuntos de tuplas. En la práctica, estas relaciones se visualizan comúnmente como tablas compuestas por registros (filas) y campos (columnas). Este enfoque ha demostrado ser eficaz para modelar problemas reales y administrar datos de manera dinámica, consolidándose como el modelo más utilizado en la actualidad. (Araneda, 2022)

El esquema de base de datos desarrollado a partir del modelo relacional sirve como punto de partida para la creación del modelo físico en el sistema de gestión de bases de datos (DBMS). En términos de estructura, el modelo se centra en datos organizados en tablas, donde cada tabla es un conjunto de datos y la base de datos, a su vez, es un conjunto de relaciones. El Modelo Relacional abarca tres aspectos cruciales:

1. **Estructura de Datos:** Definida por atributos y tuplas organizados en tablas.
2. **Manipulación de Datos:** Procesos para gestionar y acceder a los datos almacenados.
3. **Integridad de los Datos:** Mecanismos para asegurar la precisión y consistencia de los datos.

Para la construcción de modelos relacionales, existen dos enfoques principales: generar un conjunto de tablas iniciales y refinarlo mediante operaciones de normalización para alcanzar un esquema óptimo, o transformar un modelo entidad-relación (ER) en tablas, aplicando restricciones de integridad y ajustes lógicos según sea necesario. Un ejemplo del modelo relacional se puede ver en la Figura 11. (Araneda, 2022)

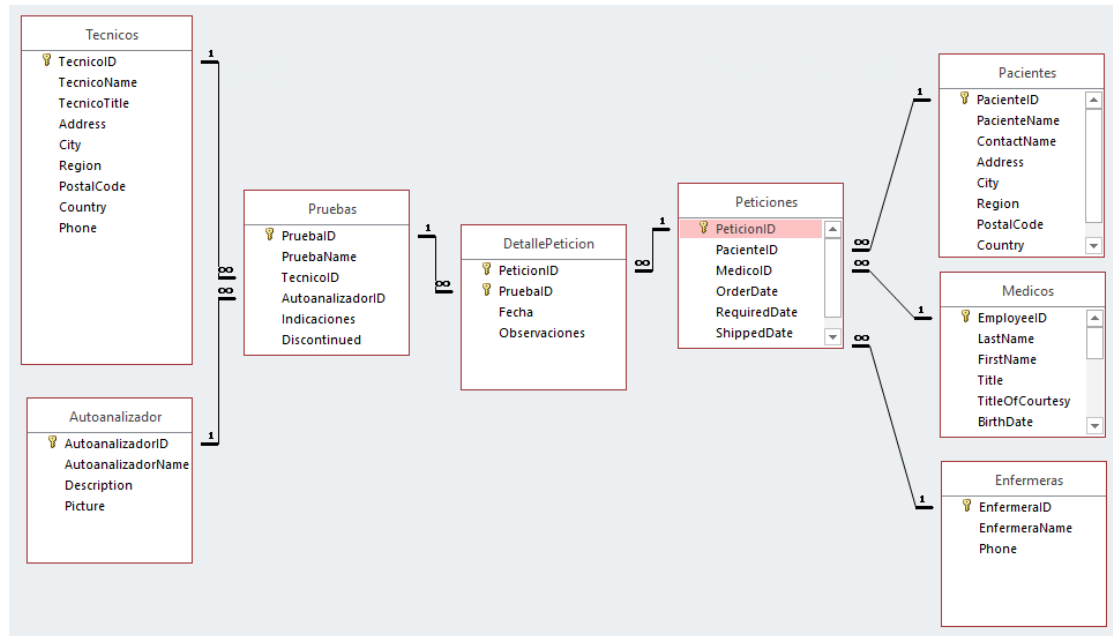


Figura 11: Modelo relacional

Fuente: Modelo Entidad-Relación, n.d.

Definiciones

- **Relación:** Tabla bidimensional para la representación de datos.
- **Tuplas:** Filas de una relación que contiene valores para cada uno de los atributos (equivale a los registros). Representa por lo tanto el conjunto de cada elemento individual de esa tabla.
- **Atributos:** Columnas de una relación y describe las características particulares de cada campo. Representa una propiedad que posee esa relación y equivale al atributo del modelo E-R.

- **Esquemas:** Forma de representar una relación y su conjunto de atributos.
- **Claves:** Campo cuyo valor es único para cada registro. Principal, identifica una tabla, y Foránea, clave principal de otra tabla relacionada.
- **Clave Primaria:** identificador único de una tupla.
- **Cardinalidad:** número de tuplas(m).
- **Grado:** número de atributos(n).
- **Dominio:** conjunto de valores que puede tomar un atributo. Un dominio contiene todos los posibles valores que puede tomar un determinado atributo. Dos atributos distintos pueden tener el mismo dominio.

Reglas de integridad

Reglas o restricciones de validación que controlan que los datos a registrar sean correctos.

1. Si dos tablas tienen una relación entre ellas 1:1, entonces el campo clave de una de las tablas debe aparecer en la otra tabla
2. Si dos tablas tienen una relación entre ellas 1:M, entonces el campo clave de la tabla(1) debe aparecer en la otra tabla(M).
3. Si dos tablas tienen una relación entre ellas M:M, entonces debe crearse una nueva tabla que contenga los campos clave de las dos tablas. (Araneda, 2022)

Claves

Las claves son componentes esenciales en las relaciones de bases de datos, ya que proporcionan la capacidad de identificar de manera única las tuplas y establecer conexiones entre diferentes tablas. A continuación, se detallan los tipos de claves:

Clave Candidata: Es un conjunto de uno o más atributos que pueden identificar de forma única cada tupla dentro de una relación. Por ejemplo, en una tabla de clientes,

atributos como 'rut', 'número de seguro social' o 'id de cliente' pueden servir como claves candidatas.

Clave Primaria: Entre las claves candidatas, se elige una para ser la clave primaria, que actuará como el identificador principal de las tuplas. La elección se basa en cuál de ellas ofrece una identificación más efectiva y relevante en el contexto específico de la base de datos.

Clave Alternativa: Son las claves candidatas que no fueron seleccionadas como clave primaria pero que, no obstante, pueden identificar de manera única las tuplas. Es importante definir restricciones de unicidad para asegurar que sus valores sean únicos.

Clave Externa o Foránea: Es un atributo en una tabla que hace referencia a la clave primaria o una clave candidata de otra tabla, creando una conexión entre ambas y permitiendo mantener la integridad referencial. (Araneda, 2022)

3.3.10 Gestión por Proceso

Un proceso puede describirse como una secuencia ordenada de actividades ejecutadas por uno varios sistemas para producir un resultado específico (output), destinado a un usuario y utilizando ciertos recursos (inputs), según lo define Pepper (2011).

Los procesos se estructuran alrededor de metas precisas, las cuales se buscan alcanzar mediante estrategias definidas. De estas estrategias emergen procesos que se subdividen en subprocesos y, a su vez, estos en tareas. Un conjunto de tareas puede ser considerado un proceso si presenta claridad de propósito, se puede fraccionar en tareas individuales, cuenta con insumos y productos definidos, y permite identificar tiempos, recursos y responsabilidades.

Dos características esenciales de los procesos son la variabilidad y la repetitividad. La variabilidad alude a las diferencias menores que pueden presentarse en los resultados de un proceso, mientras que la repetitividad se refiere a la constancia en la ejecución del proceso con el fin de obtener resultados lo más uniformes posible.

La Gestión por Procesos, o Business Process Management (BPM), se descompone en tres dimensiones clave, según Garimella: la dimensión de negocio, la de proceso y la de gestión. La primera se centra en la creación de valor para los stakeholders, alineando directamente las metas del negocio. La dimensión de proceso busca valor a través de la efectiva transformación de recursos en bienes o servicios, lo que implica una gestión eficaz para detectar y corregir errores con rapidez. Las tres cualidades fundamentales de esta dimensión son efectividad, transparencia y agilidad.

La dimensión de gestión, por su parte, concierne a la capacitación y movilización tanto de personas como de sistemas, impulsando los procesos a cumplir con los objetivos del negocio. Esta perspectiva integra todos los sistemas, métodos, herramientas y técnicas de desarrollo y gestión de procesos en un sistema estructurado y dirigido.

3.3.11 Diagramas de flujo

Se utilizan para visualizar de mejor forma las tareas de un proceso, quiénes están involucrados, cuáles son los documentos que se utilizan en el proceso, así como las bases de datos necesarias para realizar dichas tareas. Estos diagramas tienen una secuencia, que se indica a través de flechas, y todos los elementos tienen su forma respectiva, dependiendo de lo que se incorpore. Los diagramas sirven para la organización, pero también para los participantes del proceso ya que en este existirá claridad sobre cómo se desarrolla lo cual implica una menor variabilidad en los resultados. Además, el método sirve para analizar el proceso y poder plantear mejoras que estén de acorde a los objetivos de la organización, utiliza el lenguaje BPMN. La simbología utilizada por el programa Bizagi Process Modeler es la siguiente:

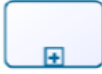
SÍMBOLO	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	Inicio	Representa el inicio de un proceso.
	Fin	Representa el fin del proceso.
	Actividad	Es una tarea que se realiza dentro del flujo del proceso.
	Subproceso	Actividad cuyos detalles internos han sido modelados utilizando actividades, compuertas, eventos y flujos de secuencia.
	Compuerta Exclusiva	De Divergencia: Se utiliza para crear caminos alternativos dentro del proceso, pero solo uno se selecciona. De Convergencia: Se utiliza para unir caminos alternativos
	Objetos de Datos	Provee información acerca de cómo los documentos, datos y otros objetos se utilizan y actualizan durante el proceso.
	Depósito de Datos	Provee un mecanismo para que las actividades recuperen o actualicen información almacenada.
	Flujo de Secuencia	Uno flujo de secuencia es utilizado para mostrar el orden en que las actividades se ejecutarán dentro del proceso.

Figura 12: Simbología Bizagi Process Modeler

Fuente: Orleans, M.,2021

4 | Metodología

4.1 Desarrollo de Scrum.

Sprint

Los sprint son el latido del corazón de Scrum, donde las ideas se convierten en valor. Son eventos de duración fija, de un mes o menor para crear consistencia. Un nuevo sprint comienza inmediatamente después de la conclusión del Sprint anterior. Todo el trabajo necesario para lograr el objetivo del producto, incluida la planificación de Sprint, Scrums diarios, revisión de Sprint y retrospectiva de Sprint, se realiza dentro de Sprints.

Durante el Sprint:

- No se realizan cambios que puedan poner en peligro el Sprint Goal (el objetivo del Sprint)
- La calidad no disminuye
- El Product Backlog se refina según sea necesario
- El alcance puede aclararse y renegociarse con el propietario del producto a medida que se aprende más.

Cuando el horizonte de un Sprint es demasiado largo, el Sprint Goal puede volverse inválido, la complejidad y el riesgo pueden aumentar. Se puede emplear Sprints más cortos para generar ciclos de aprendizaje y limitar el riesgo de costo y esfuerzo a un marco de tiempo más pequeño. Un sprint podría cancelarse si el objetivo de este se vuelve obsoleto, sólo el propietario del producto tiene la autoridad para cancelar el sprint.

Planificación del Sprint.

En la metodología scrumm, existen reuniones que se deben hacer antes, durante y después del Sprints. La primera reunión para comenzar el proceso iterativo es el “Sprint Planning”. Aquí se generan acuerdo y compromisos entre el equipo de desarrollo y el Product Owner del respectivo

Sprint. Se abarca en dos partes, la primera centrada en el “qué” y la segunda centrada en el “cómo”.

En la primera parte, el Product Owner presenta todos los requisitos de usuarios que se encuentran en el Product Backlog y forman parte del Sprint. El equipo de desarrollo realiza preguntas para obtener detalles adicionales. Además, se discuten criterios de aceptación de cada elemento del Product Backlog para comprender las expectativas. Durante esta interacción, el equipo de desarrollo y el Product Owner establecen un compromiso de entrega para aquellos elementos que consideran lo suficientemente claros para comenzar a trabajar y que formarán parte del alcance del Sprint.

En el caso del primer Sprint, el equipo de Scrum realiza el proceso de “Estimación” para identificar las historias de usuario que podrían tener mayor complejidad en comparación con otras.

Si no es el primer Sprint, se realiza el proceso de "Estimación" para las historias de usuario que no estuvieron en el Sprint anterior o que han sido modificadas por el Product Owner, ya sea por sugerencias del equipo Scrum o por cambios en las prioridades del cliente/usuario. Luego, basándose en la experiencia y la capacidad de respuesta, se determina la cantidad de puntos de historia que el equipo de desarrollo se compromete a completar durante el Sprint.

En la segunda parte, el Product Owner y los Stakeholders no participan, pero el ScrumMaster y el equipo de desarrollo sí. Tienen la responsabilidad de determinar cómo llevarán a cabo el trabajo, es decir, la forma en que se organizarán, colaborarán y avanzarán en la implementación de las historias de usuario.

Durante esta fase, se establece un diseño general que será refinado a lo largo del tiempo. Además, se procede a la división de tareas necesarias para cumplir con las historias de usuario definidas en colaboración con el Product Owner. No es necesario enumerar todas las actividades que se realizarán durante el Sprint, ya que muchas de ellas surgirán a medida que avance el proceso. Aunque el Product Owner no participa en esta reunión, el equipo de desarrollo puede contactarlo en caso de necesitar aclaraciones adicionales. Al finalizar, el equipo habrá creado un Sprint Backlog que contiene el alcance del Sprint.

El Sprint Planning se utiliza para determinar el alcance del Sprint y evaluar la dificultad de cada historia de usuario. También se organizan las tareas correspondientes a cada miembro del equipo de desarrollo para el Sprint en cuestión.

Scrum diario

El propósito del Daily Scrum es inspeccionar el progreso hacia el Sprint Goal y adaptar el Sprint Backlog según sea necesario, ajustando el próximo trabajo planificado. El Daily Scrum es un evento de 15 minutos para los Desarrolladores del Equipo Scrum. Para reducir la complejidad, se realiza a la misma hora y en el mismo lugar todos los días hábiles del Sprint. Si el Product Owner o Scrum Master están trabajando activamente en los elementos del Sprint Backlog, participan como Desarrolladores.

Los desarrolladores pueden seleccionar la estructura y las técnicas que deseen, siempre que su Daily Scrum se centre en el progreso hacia el Sprint Goal y produzca un plan de acción para el próximo día de trabajo. Esto crea enfoque y mejora la autogestión. Daily Scrums mejora las comunicaciones, identifica impedimentos, promueve la toma de decisiones rápidas y, en consecuencia, elimina la necesidad de otras reuniones.

Daily Scrum no es el único momento en que los desarrolladores pueden ajustar su plan. A menudo se reúnen a lo largo del día para discusiones más detalladas sobre la adaptación o replanificación del resto del trabajo del Sprint (Schwaber & Sutherland, 2020).

Revisión de Sprint

El propósito de la Revisión del Sprint es inspeccionar el resultado del Sprint y determinar futuras adaptaciones. El equipo Scrum presenta los resultados de su trabajo a las partes interesadas clave y se analiza el progreso hacia el objetivo del producto.

Durante el evento, el Equipo Scrum y las partes interesadas revisan lo que se logró en el Sprint y lo que ha cambiado en su entorno. Con base en esta información, los asistentes colaboran sobre qué hacer a continuación. El Product Backlog también puede ajustarse para satisfacer nuevas oportunidades. La Revisión del Sprint es una sesión de trabajo y el Equipo Scrum debe evitar limitarla a una presentación. La Revisión del Sprint es el penúltimo evento del Sprint y tiene un límite de tiempo de un máximo de cuatro horas para un Sprint de un mes. Para Sprints más cortos, el evento suele ser más corto (Schwaber & Sutherland, 2020).

Retrospectiva de Sprint

El propósito de la Retrospectiva de Sprint es planificar formas de aumentar la calidad y la eficacia. El Equipo Scrum inspecciona cómo fue el último Sprint con respecto a las personas, las interacciones, los procesos, las herramientas y su Definición de Terminado. Los elementos inspeccionados a menudo varían con el dominio del trabajo. Se identifican las suposiciones que los llevaron por mal camino y se exploran sus orígenes. El Equipo Scrum analiza qué salió bien durante el Sprint, qué problemas encontró y cómo se resolvieron (o no) esos problemas.

El Equipo Scrum identifica los cambios más útiles para mejorar su efectividad. Las mejoras más impactantes se abordan lo antes posible. Incluso pueden agregarse al Sprint Backlog para el próximo Sprint. La Retrospectiva del Sprint concluye el Sprint. Tiene un límite de tiempo de un máximo de tres horas para un Sprint de un mes. Para Sprints más cortos, el evento suele ser más corto (Schwaber & Sutherland, 2020).

4.2 Elementos de Scrum

Relato de Usuario

Las historias de los usuarios son fundamentales en la metodología, ahí los clientes manifiestan sus necesidades y con ello se puede definir a lo que se debe llegar en el desarrollo del software.

Respecto a los tiempos de cada historia de usuario, estos van entre unas 10 horas y un par de semanas. Si el tiempo es mayor a dos semanas posiblemente significa que la historia es muy compleja y es mejor dividirla en varias historias. Es importante que cuando se implementen las historias, los desarrolladores las discutan con los clientes, pues algunas historias pueden ser difíciles en su interpretación y podría requerir conocimientos de base sobre el modelo o tener algunos cambios. Las historias de usuario deben tener pruebas de validación asociadas, pues permitirá al desarrollador y al cliente comprobar si el relato ha sido completado. De lo contrario, la ausencia de pruebas de validación podría tener como consecuencias la existencia de discusiones largas y no constructivas al momento de la entrega del producto (PIZARRO SAAVEDRA, 2023).

Product Backlog

Es una lista emergente y ordenada de lo que se necesita para mejorar el producto. Los elementos de la Lista de productos que puede realizar el equipo scrum dentro de un Sprint se consideran listos para la selección en un evento de Planificación de Sprint. Esta es una actividad continua para agregar detalles, como una descripción, orden y tamaño. Los atributos a menudo varían con el dominio del trabajo. El Product Owner es el encargado de la priorización, la cual permitirá determinar el orden en que el equipo de desarrollo avanzará en el producto a realizar

Sprint Backlog

El Sprint Backlog es un plan por y para los Desarrolladores. Es una imagen muy visible y en tiempo real del trabajo que los desarrolladores planean realizar durante el Sprint para lograr su objetivo. Para esto se agregan aquellas tareas que se deben realizar y son definidas en colaboración con el equipo de desarrollo con el propósito de poder crear un incremento funcional potencialmente entregable al finalizar el Sprint. En consecuencia, el Sprint Backlog se actualiza a lo largo del Sprint a medida que se aprende más. Debe tener suficientes detalles para que puedan inspeccionar su progreso en el Daily Scrum. Estas tareas categorizadas en las columnas “pendientes”, “en progreso” y “realizadas”

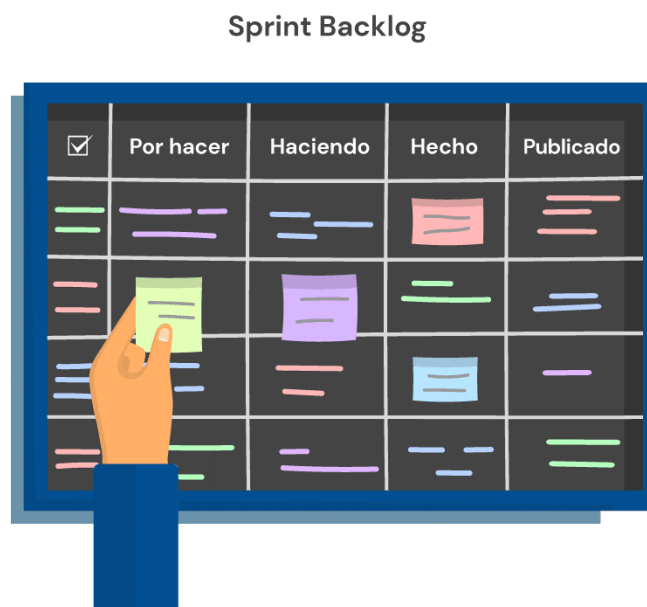


Figura 13: Sprint Backlog.

Fuente: *Product Backlog y Sprint Backlog*, s. f.

Impact Mapping

Es una técnica utilizada en metodologías ágiles que permite visualizar las metas que se quieren lograr con el proyecto. Se puede usar en proyectos de software y también de otro tipo ya que su objetivo principal es la creación de un mapa mental que identifique las necesidades y metas. Puede ser utilizada en cualquier etapa del proyecto, pero su utilización en la etapa de definición puede ser de ayuda para construir de manera estratégica la planificación para el desarrollo del nuevo producto.

Para hacer este Impact Mapping se responden cuatro preguntas con los interesados y las personas estratégicas del desarrollo del software, Sergio Díaz (2020) menciona que se definen 4 niveles:

1. Metas: La primera pregunta es ¿Por qué? ¿Por qué estamos llevando a cabo este proyecto? En este nivel, hay que definir la meta que se desea alcanzar, esto se realiza porque habitualmente las expectativas que cada persona tiene en un comienzo son muy diferentes. Es importante definir una meta que cumpla con el criterio SMART (acrónimo de Specific, Measurable, Action-oriented, Realistic and Timely), además debe presentar el problema a resolver y no la solución.
2. Actores: La segunda pregunta a responder es ¿Quién? Se debe descubrir quienes son los actores a los que les afecta el producto, ya sean buenos o malos. Es importante entender el contexto del proyecto que se está realizando y, si es necesario, se pueden unificar algunos actores si presentan el mismo impacto.
3. Impacto: La tercera pregunta que hay que responder es: ¿Cuáles son los impactos que puede tener el proyecto? Se debe analizar cómo se debe contribuir para conseguir las metas de negocio prefijadas y/o cómo estas influyen el comportamiento de los actores.
4. Entregables: La última de las preguntas son: ¿Qué? ¿Qué podemos hacer y entregar para lograr el impacto deseado en los actores? En desarrollo de software, estos elementos corresponden habitualmente a funcionalidades de alto nivel que habrá que descomponer.

Use story Mapping

Luego de hacer el Impact Mapping, se lleva a cabo el User Story Mapping donde se debe garantizar y respaldar el impacto que requiere el software, por lo que es necesario que el Impact Mapping sea hecho de forma óptima. El User Story Mapping permite definir el mapa de funcionalidades de un producto de una manera visual y colaborativa. A través de una “big picture”, descompuesto de las ideas más generales a las más específicas, ayuda a ordenar por prioridad estableciendo las necesidades del negocio. Para desarrollar esta técnica se deben seguir los siguientes pasos:

1. Identificar objetivos
2. Identificar Actividades
3. Describir el timeline
4. Ordenar las historias
5. Identificar Releases

Luego, se desarrolla el mapa donde se agrupan las funcionalidades en releases para tener una hoja de ruta. Sin embargo, este proceso no debe ser estático, sino que evoluciona según las necesidades del proyecto.

5 | Antecedentes del caso de estudio

5.1 Objetivo del CESFAM Salvador Bustos

El Cesfam Salvador Bustos tiene como propósito la atención de salud de los beneficiarios inscritos en él, para acceder a las prestaciones que otorga el centro de salud familiar, el paciente debe vivir dentro de la comuna de Ñuñoa. La institución distribuye a sus pacientes en cinco sectores de acuerdo con su dirección, y cada uno de ellos cuenta con un diferente equipo de atención.

Dado su enfoque de salud integral, dictada por la Subsecretaría de Redes Asistenciales, el CESFAM busca la eficiencia y efectividad en los procesos, considerando la calidad percibida por los usuarios y promoviendo la mejora continua. Este enfoque también busca el uso de tecnología apropiadas para la salud, teniendo cuidado la relación de costo-efectividad y considerando la aprobación en base a las evaluaciones y evidencias.

5.2 Sistema de información RAYEN

RAYEN es un sistema de información integral para la gestión clínica y administrativa de los centros de Atención Primaria de Salud (APS), busca resguardar el modelo Biopsicosocial y el enfoque familiar dando cuenta del proceso completo de atención.

Entre sus funcionalidades se encuentra la admisión, agenda y gestión de citas, el seguimiento de población en control con formularios inteligentes, la alerta de exámenes preventivos, la ficha familiar con 4 capas con factor de riesgo y protectores, la gestión de la farmacia y bodega de alimentos, el vacunatorio integrado al Registro Nacional de Inmunizaciones (RNI), el REM estadístico, guías y protocolos clínicos, así como la estadísticas en línea con informes para la gestión de los distintos módulos.

Específicamente el módulo de farmacia cuenta con cuatro sub-módulos; Recepción de artículos, donde se registra el ingreso de las nuevas partidas de medicamentos, Despacho de medicamentos, que permite llevar un registro de usuarios que retiran las recetas ingresando los

datos personales como el RUT, Movimiento de artículos, el cual sirve para retirar artículos de una bodega para ser llevados a unidades internas y el módulo de Informes, en este se puede visualizar los datos. Algunos informes que se pueden obtener en este sub-módulo son: artículos bajo stock crítico, consumo v/s stock actual, saldo y movimiento de artículos, historial de movimientos, usuarios que no asistieron a retirar medicamentos, recetas y prescripciones despachadas por horario, etc.

5.3 Administración de inventario en CESFAM Salvador Bustos

El CESFAM actualmente utiliza un **sistema de inventario perpetuo con ajustes periódicos**, es decir se mantiene un registro continuo y en tiempo real de las existencias de los productos a medida que se realizan las transacciones de compra y entrega de medicamentos. Estas se registran en el sistema de información RAYEN, a medida que ocurren, puntualmente en los procesos de: Dispensación, Almacenamiento, Reposición y Ajuste de inventario descritos más adelante. Este último proceso se lleva a cabo para corregir las discrepancias o errores que puedan surgir, como desordenes en el stock o pérdidas por daños.

Los pedidos se realizan de forma periódica, en cuanto a los pedidos para la CENABAST, estos se realizan una vez al año donde se envían las cantidades a pedir para todo siguiente año, y estas pueden ser corregidas hasta dos meses antes de su llegada. En el caso de los pedidos locales, estos se pueden solicitar con un mes de antelación. Las cantidades por pedir se determinan manualmente a partir de la experiencia de los equipos involucrados o en este caso del Químico Farmacéutico, quien ya tiene conocimientos de las demandas históricas y de las tendencias de consumo.

Los procesos involucrados en la gestión de inventario del CESFAM Salvador Bustos son:

Proceso de dispensación

Este proceso comienza cuando llega un paciente a la ventanilla del CESFAM para el retiro de sus medicamentos y finaliza cuando logra retirar sus medicamentos. Al llegar a la ventanilla, le

atiende el TENS, solicita su carné con el objetivo de identificarlo. Al buscarlo en el registro clínico en la base de datos RAYEN, se revisa si el paciente posee receta o no.

En caso de no tener la receta registrada en el sistema, dependerá del tipo de receta que falte; si esta es de morbilidad entonces el paciente deberá acudir a la consulta con el prescriptor, luego el médico revisa y corrige el error en el sistema, en ese momento el paciente vuelve a la ventanilla donde se repite el procedimiento desde la solicitud del Carné del Paciente. Si la receta que no está es crónica, entonces se debe analizar si se puede agendar hora con el médico prescriptor, si hay disponibilidad de horas, se deriva al paciente al sector de toma de hora médica, terminando el proceso. Si no hay disponibilidad de hora médica, se debe copiar la receta para luego hacer la validación y continuar el proceso.

En caso de poseer la receta, se pasa directamente a su validación clínica y administrativa. Si la receta no es válida, se solicita una reunión con el médico y termina el proceso. En cambio, si la receta es válida, pasa a la siguiente tarea, si el paciente vino en la fecha correspondiente, se revisa el stock del medicamento solicitado por el paciente en RAYEN, si hay stock de este y no hay motivo para no entregarlo, se imprime las etiquetas y se entregan los medicamentos al paciente terminando aquí el proceso. Si no hay stock del medicamento, se imprime la etiqueta y se anota la etiqueta pendiente del medicamento que no se entregará, además se registra “0” en RAYEN. Este proceso tiene un subproceso llamado “Envasado”.

Proceso de abastecimiento CENABAST

En cuanto al proceso de abastecimiento, este consta de dos partes, primero está el abastecimiento CENABAST y el abastecimiento local. Estos son realizados por el Químico Farmacéutico. Para CENABAST el encargado estima la demanda anual en base a los años anteriores y genera un listado de medicamentos que es enviado a CENABAST. Como se ve en la Figura 14, se detalla la cantidad de medicamento a solicitar de manera mensual, y en un plazo máximo de dos meses de anticipación se pueden realizar modificaciones a las solicitudes (Orleans, M., 2021). Este proceso tiene un subproceso llamado “Validación técnica”

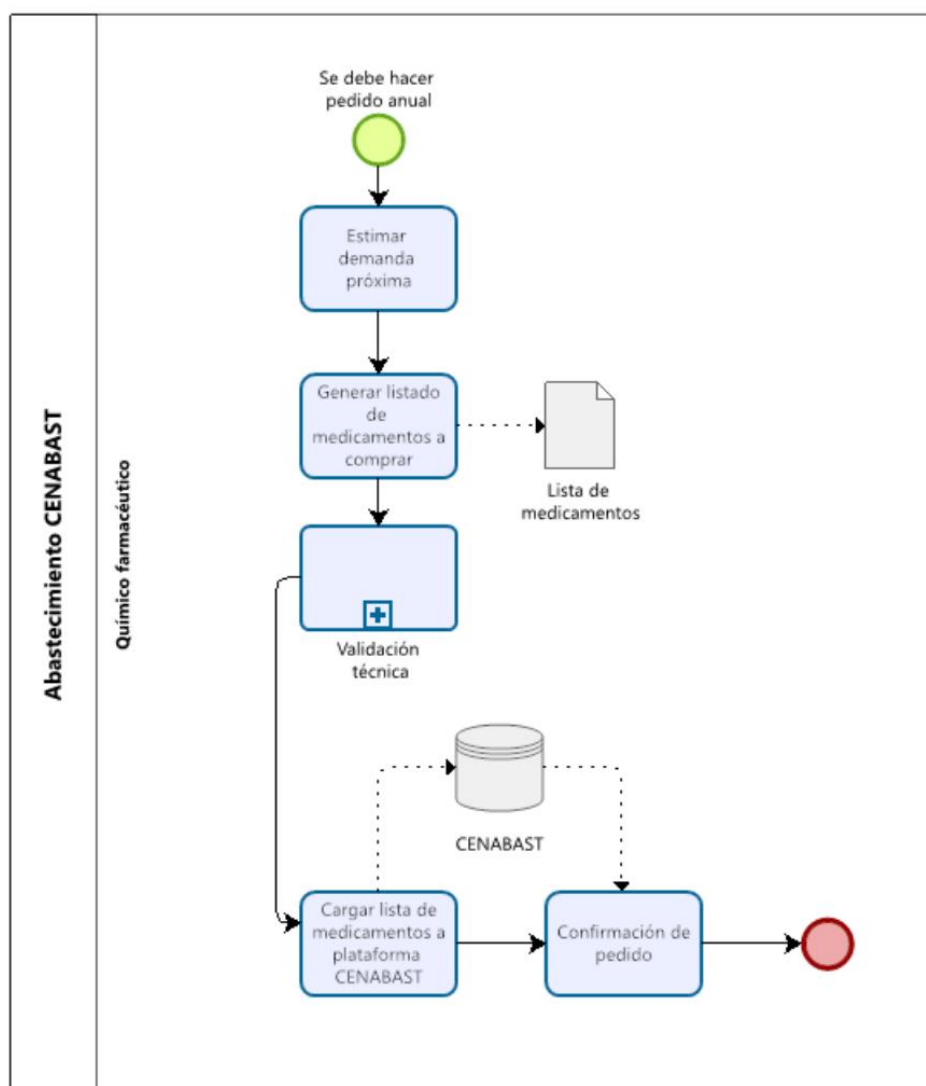


Figura 14: Flujo diagrama abastecimiento CENABAST de CESFAM Salvador Bustos.

Fuente: Orleans, M.,2021

Proceso de abastecimiento local

El abastecimiento local se realiza cada vez que se requiere porque no se cumplió el pedido de CENABAST o porque la demanda estimada no alcanzó para cubrir el mes completo. Aquí el Químico Farmacéutico es estimar la demanda próxima de medicamentos en base a lo que les queda en inventario y el consumo mensual de los medicamentos, luego se genera la lista de medicamentos y se valida técnicamente. Como se ve en la Figura 15, al generar la solicitud de compra, esta puede ser aceptada o rechazada, si es aceptada el encargado de compras cotiza los

precios de los proveedores y realiza la orden de compra, si es rechazada, esta debe pasar por otra validación técnica para una nueva solicitud de compra. (Orleans, M., 2021).

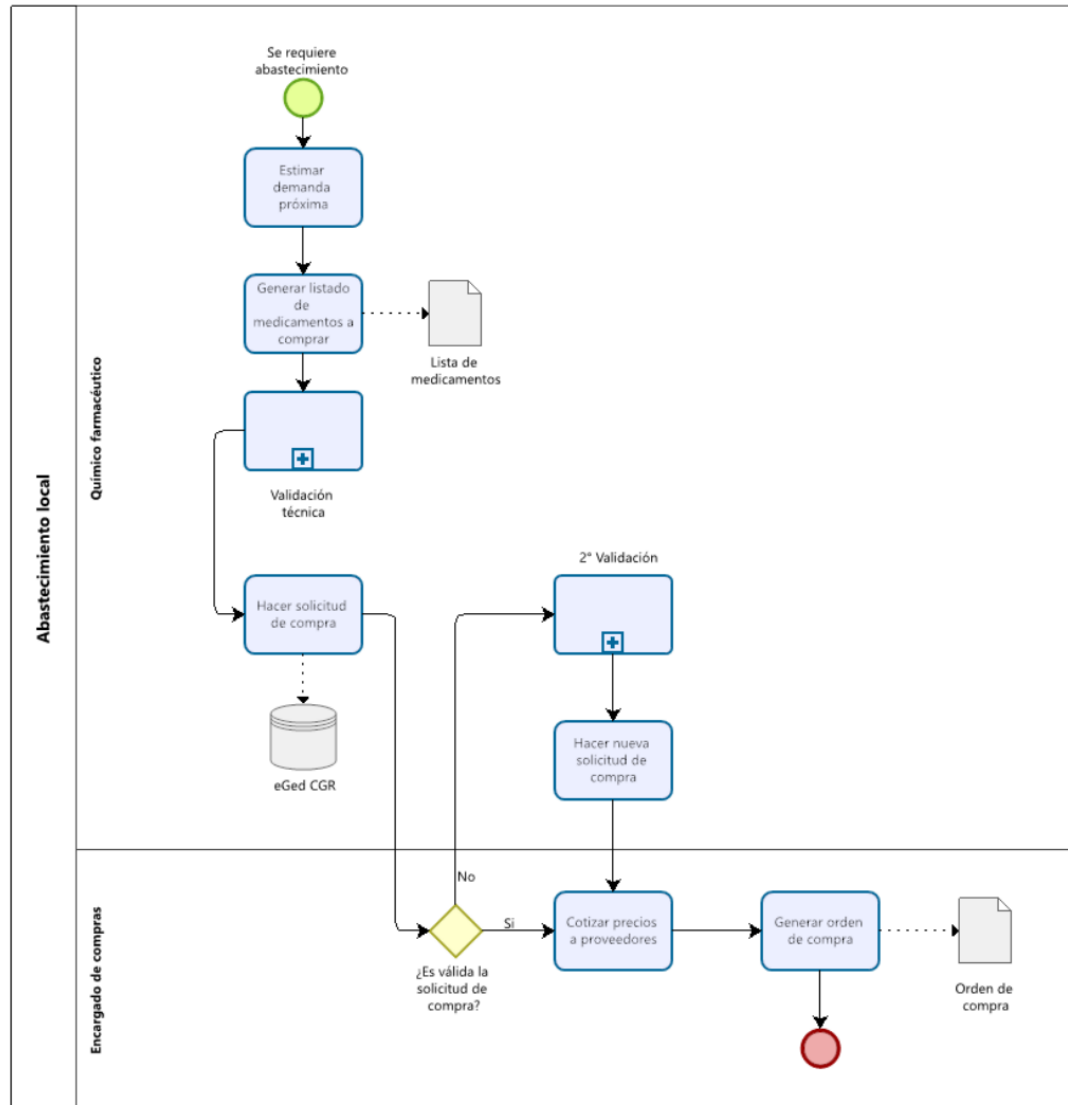


Figura 15: Flujo diagrama abastecimiento local de CESFAM Salvador Bustos

Fuente: Orleans, M.,2021

Proceso Recepción de pedidos CENABAST

Este proceso comienza cada vez que llega un pedido de CENABAST. Aquí se pueden dar dos alternativas, la primera es que el pedido no llegue en la fecha acordada, de ser así, el Químico farmacéutico realiza un reclamo a CENABAST terminado el proceso. La otra alternativa es que

llegue en la fecha acordada, en este caso un TENS revisa la factura y el pedido, luego viene el subproceso de Almacenamiento. Una vez terminado este subproceso, el Químico Farmacéutico procede a archivar e informar el pago. Finalmente, si el pedido está completo, el proceso se acaba. En caso de lo contrario, se hace un reclamo a CENABAST, terminando el proceso.

Proceso Recepción de pedidos locales

El proceso comienza cada vez que se genera una orden de compra de pedido local. Aquí se pueden dar dos alternativas, la primera es que el pedido no llegue, en tal caso se realiza un reclamo al proveedor y se termina el proceso.

La segunda opción es que el pedido llegue, aquí el TENS debe revisar la factura y el pedido, luego realiza el subproceso de Almacenamiento y revisa si el pedido está completo o no. Si el pedido está completo, el Químico Farmacéutico archiva la factura e informa el pago terminando el proceso. Si el pedido no está completo, el Químico Farmacéutico debe archivar la factura e informar el pago, además debe realizar un reclamo al proveedor, finalizando el proceso

Proceso de Reposición

Este proceso se realiza de forma diaria, primero el TENS revisa el inventario de ventanilla en el CESFAM, luego baja a la bodega, separa el stock requerido y lleva los medicamentos a la ventanilla, los ordena y finalmente realiza el ingreso de los medicamentos en RAYEN.

Proceso de Ajuste de inventario

El proceso comienza cuando se detecta que el inventario virtual no coincide con el real. Un TENS informa al Químico Farmacéutico la necesidad de corregir el inventario virtual, el Químico Farmacéutico debe definir si el error de inventario es crítico o no. Cuando el error de inventario es crítico, el hace la corrección en RAYEN, busca la causa del error de inventario y toma acciones para que esto no vuelva a ocurrir. Sin embargo, cuando el error no es crítico, delega la tarea a un TENS, y luego el Químico Farmacéutico busca la causa de error y toma acciones al respecto.

Tiempos mensuales de los procesos

En el trabajo de investigación de Michell Orleans se observa que los tiempos que demoran los procesos de inventario del CESFAM salvador Bustos son los siguientes:

Complejo CESFAM SB	Minutos por mes	Horas por mes	Horas TENS
Dispensación	23976.1	399.6	335.1
Abastecimiento Local	12532.8	208.9	0.0
Abastecimiento CENABAST	3465.6	57.8	0.0
Recepción Pedidos Locales	276.6	4.6	3.0
Recepción Pedidos CENABAST	1601.3	26.7	17.1
Reposición	2158.6	36.0	36.0
Control de Temperatura	67.6	1.1	1.1
Ajuste de Inventario	364.4	6.1	0.2
Abastecimiento Amapolas			1.2
Abastecimiento Domicilio			1.6

Figura 16: Tiempos mensuales de procesos de Complejo CESFAM Salvador Bustos.

Fuente: Orleans, M., 2021

En este caso, se visualiza que en abastecimiento local y de la CENABAST, se suman una cantidad de 266,7 horas de trabajo por mes. Y en la Recepción de los pedidos locales y de la CENABAST, se suma una cantidad de 31,3 horas de trabajo por mes. Esta información es relevante al momento de implementar un sistema EOQ ya que es necesario conocer los parámetros relacionados con el costo de realizar un pedido, lo que contempla los salarios del Químico farmacéutico y los TENS involucrados en estas tareas.

5.4 Planteamiento de problemática

El CESFAM Salvador Bustos, busca ofrecer una atención de calidad centrada en el paciente, así como hacer un uso eficiente de la tecnología, por esto enfrenta desafíos significativos en la gestión de su inventario de medicamentos. El sistema actual de gestión basado en el registro en tiempo real de las existencias, es decir de las compras y dispensación de medicamentos, presenta limitaciones que impactan la calidad de la atención y así la eficiencia operativa del centro de salud.

Una de las principales problemáticas tiene relación con la falta de optimización en la toma de decisiones en el proceso de Abastecimiento CENABAST y local de medicamentos, en particular con la tarea “Estimar la demanda próxima” y con “Generar listado de medicamentos a comprar”. La problemática radica en la variabilidad de esta estimación, al ser manual carece de la capacidad de considerar factores clave, como la estacionalidad o la tendencia de crecimiento de demanda. Esta limitación aumenta el margen de error en las estimaciones, por lo que ocurren los quiebres de stock o el vencimiento de algunos medicamentos debido a pedidos excesivos.

Como se observa, actualmente en el Software de gestión integrado RAYEN que utiliza el CESFAM Salvado Bustos, no existe un submódulo de optimización de pedidos, es decir no dicta las cantidades a solicitar de los medicamentos, no informa cuándo deben ser solicitados estos, y tampoco existe una proyección de la demanda futura. Por lo que todas estas tareas recaen en el Químico Farmacéutico quien realiza el cálculo en base a pedido de años anteriores y a la disponibilidad inmediata del inventario.

Cabe destacar que uno de los mayores proveedores de medicamentos de este Cesfam, es CENABAST, quien solicita una planificación anual, además de la corrección de los pedidos mensuales dos meses antes de su entrega. Por lo tanto, si algún medicamento está en quiebre de stock cada mes, la corrección se aplica para los pedidos que se entregan tres meses más adelante. Este desfase temporal provoca un largo periodo en donde los pacientes se quedan sin sus medicamentos, o que el Cesfam tenga que realizar un reabastecimiento local, lo que puede generar un gasto adicional significativo en la compra de medicamentos.

5.5 Propuesta de solución

Para abordar la problemática de manera efectiva, se propone crear un prototipo de aplicación con el modelo de gestión de inventario basado en el Sistema de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) propuesto por Juan Parra en su tesis. Este se caracteriza por determinar la cantidad óptima de pedido que minimiza los costos totales de inventario, teniendo en cuenta factores como el costo de mantención de inventario y el costo de realizar pedidos. También contempla la automatización del pronóstico de la demanda a través del método de suavizamiento exponencial triple.

La implementación de este modelo ofrecerá beneficios significativos para el CESFAM Salvador Bustos, en primer lugar, optimizará la toma de decisiones en el proceso de **Abastecimiento CENABAST y Local** al garantizar los niveles de stock adecuados, evitando las situaciones de sobre-inventario o sub-inventario. Asegurando la disponibilidad constante de medicamentos se mejora la calidad de la atención al paciente y reduce los riesgos asociados con la falta de suministro.

Además, la automatización de este proceso reduce la gran carga de trabajo para el personal del CESFAM vista con anterioridad, minimizando así la probabilidad de errores humanos. Esto permitirá que el personal se enfoque en otras tareas críticas aumentando la eficiencia operativa del centro de salud.

6 | Modelo de Cantidad Económica de pedido (EOQ)

Para llevar a cabo la operacionalización del modelo de gestión de inventario de medicamentos en la corporación de salud de Ñuñoa, es necesario realizar una revisión y entender el modelo teórico planteado por Juan Parra en su tesis “EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE INVENTARIO DEL CESFAM SALVADOR BUSTOS”. En la memoria, Juan Parra plantea un método de proyección de demanda y un modelo de EOQ, además de otras especificaciones para el caso del CESFAM Salvador Bustos.

6.1 Modelo de proyección de demanda

Para realiza el pronóstico de la demanda, se decide utilizar tres variantes de suavizamiento exponencial, ya que esta es considerada como un modelo más adecuado para lograr un pronóstico preciso, cuenta con la ventaja de no requerir una gran cantidad de datos históricos y utilizan técnicas de modelamiento exponencial para mejorar la precisión. Los tipos de suavizamiento elegidos son el exponencial simple, el exponencial doble (o de Holt) y el exponencial triple (o de Holt-Winter). La diferencia entre los modelos radica en que el exponencial simple solo considera los periodos anteriores, sin ninguna variante; la de Holt considera periodos anteriores más un factor de tendencia y finalmente la de Holt-Winter, además de considerar la tendencia, posee un factor de estacionalidad. Se pretende con este último modelo poder capturar la tendencia (en el caso de que exista). (Parra Agurto, 2022)

Para realizar el pronóstico se escriben códigos de Python con distintas utilidades, tomando como ingreso de datos tablas construidas en un formato definido en Excel con las demandas de los medicamentos. Las funciones del código son las siguientes:

- **Pronóstico completo (pron_comp):** aplica de forma automática para cada una de las demandas los tres tipos de suavizamiento (utilizando coeficiente de tendencia y

estacionalidad óptimos), parámetros de comparación (MAPE, MSE y R2), graficar los tres pronósticos junto al valor real y crear dos nuevas plantillas Excel. La primera de estas plantillas corresponde a un conjunto de las demandas más los tres pronósticos y el segundo contiene únicamente los pronósticos redondeados al entero mayor. En resumen, los entregables de esta función son una carpeta para cada medicamento, la que contiene dos Excel (uno con los tres suavizamientos y otro solo con el suavizamiento triple redondeado), un gráfico con los tres suavizamientos y un archivo de texto con los parámetros de comparación (Parra Agurto, 2022).

- **Pronóstico triple (pron_triple):** esta función solicita los mismo parámetros y formatos que la anterior. La diferencia radica en los entregables, los que corresponden a únicamente los Excel del suavizamiento Holt-Winter (triple) redondeado. Todos estos pronósticos se encuentran en una única carpeta, a diferencia del anterior que crea una carpeta para cada pronóstico (Parra Agurto, 2022).
- **Pronóstico triple (v2) (pron_triple_v2):** esta función utiliza el segundo tipo de formato y se encarga de realizar únicamente el suavizamiento triple y entregar un Excel único con todos los pronósticos, para cada uno de los medicamentos. Los parámetros que solicita son la cantidad de periodos a pronosticar y el archivo Excel (Parra Agurto, 2022).

Al comparar los resultados a través de los parámetros de comparación mencionados en la primera función, los cuales son el Error Absoluto Medio Porcentual (MAPE), el Error Cuadrático Medio (MSE) y el Coeficiente de Determinación (R2) y con los gráficos como apoyo, el modelo de suavizamiento exponencial triple, o de Holt Winter es el que más se acomoda ya que considera tanto la posible tendencia como la estacionalidad.

Es importante destacar que, al momento de realizar la clasificación de la demanda a utilizar para el modelo, se considera si la demanda es regular o irregular utilizando como parámetro el coeficiente de variación (CV). Si dicho coeficiente es mayor a 1 la demanda es irregular, esto quiere decir que, para trabajar con los medicamentos de demanda irregular, se agrupa la demanda mensual cada 3 meses, es decir, cada año tiene 4 periodos. Realizando este arreglo se obtiene un CV válido para tratar la demanda de los medicamentos irregulares.

6.2 Modelo de inventario

Se escoge el modelo de “Cálculo de punto reorden con enfoque en el nivel de servicio”. Dicho modelo calcula una cantidad fija de pedido a partir de distintos parámetros; esta cantidad debe ser solicitada cada vez que el inventario disponible llega al indicador del punto de reorden, el cual es determinado a partir de un nivel de servicio, demanda y deviación estándar de la muestra (Parra Agurto, 2022).

6.2.1 Parámetros del modelo

Los parámetros son aquellos que se ven involucrados en el cálculo de la cantidad óptima y el punto de reorden.

6.2.2 Cantidad óptima (Q)

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

Donde:

D: demanda anual en unidades

S: Costo del pedido, en peso por pedido

H: Costo anual de almacenamiento, en peso por unidad

- Demanda anual (D): Corresponden, para la tesis de Juan, a los datos del año 2018.
- Costo del pedido (S): Se toman en consideración el tiempo total que se tarda la actividad de realizar el pedido, el tiempo es dividido en la cantidad de medicamentos y multiplicado por el costo de hora de trabajo, dando un costo total de \$4.929

Cargo	Actividad	Tiempo trabajado [h]	Tiempo por medicamento [h]	Costo [\$ /h]	Costo realizar pedido [\$]
Químico farmacéutico	Abastecimiento	57.8 ⁴	0.42	\$ 9,316	\$ 3,931
	Recepción	9.6 ⁵	0.07	\$ 9,316	\$ 653
TENS	Recepción	17.1	0.12	\$ 2,771	\$ 346
				Total	\$ 4,929

Figura 17: Tabla para calcular el costo del pedido (\$)

Fuente: Parra Agurto, 2022

Costo anual de almacenamiento (H): debido a la dificultad de calcular el costo exacto de almacenar unidades, se utiliza expresión “ $H = i * C$ ” para obtener el valor del costo anual de almacenamiento. En dicha relación, C corresponde al costo unitario del ítem en cuestión, mientras que i representa el costo de manejo como porcentaje del valor de un artículo. Este último parámetro se obtiene mediante el promedio de manejo de inventario dentro de la industria trabajada (en este caso, puede ser la farmacéutica, de establecimientos de salud, etc.); ya que no resulta posible obtener este valor, se utiliza una aproximación propuesta en la literatura de Chase Aquilano Jacobs, la cual va entre el **20%** y el **30%**, por lo que se decide utilizar el promedio de dichos valores: **25%**

6.2.3 Punto de reorden (PRO)

este es el valor mínimo al que puede llegar el inventario disponible en donde se debe realizar el pedido, ya que, si no se realiza, puede ocurrir un quiebre de stock. Otorga un inventario de seguridad.

$$PRO = X_{TE} + \sigma_{TE} * z$$

Donde:

X_{TE} : demanda promedio durante el tiempo de entrega, en unidades.

σ_{TE} : desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega, en unidades.

z : número de desviaciones estándar necesarias para lograr el nivel de servicio específico

- Demanda promedio durante el plazo de entrega (X_{TE}): se obtiene a partir de la demanda promedio de los años en estudio por el plazo de entrega. Por otra parte el plazo de entrega se calcula a partir de una plantilla entregada por el Cesfam, la cual indica el tiempo aproximado de entrega de los pedidos en un mes, sacando el promedio de estos, se obtiene un plazo de entrega estimado de 0,4 meses.
- Desviación estándar durante el plazo de entrega (σ_{TE}): corresponde al producto entre la desviación estándar del periodo en estudio y el plazo de entrega.
- Nivel de servicio: se le asigna un valor de criticidad a cada medicamento, siendo el nivel 1 el más importante y el nivel 3 el menos, junto a un porcentaje. El porcentaje se elige de tal forma que se dé prioridad a aquellos medicamentos en niveles superiores, sin dejar de reconocer a aquellos en niveles inferiores como esenciales. De esta forma el nivel 1 corresponde a un nivel de servicio del **99%**, el nivel 2 a un **97%** y el nivel 3 a un **95%**. Una vez definidos los porcentajes, se calcula la distribución normal acumulada inversa para tener el valor de z.

El entendimiento de estos parámetros es muy relevante para la operacionalización, ya que estos deben ser actualizados.

7 | Aplicación metodológica

7.1 Impact Mapping

Para comenzar la aplicación de la metodología Scrum, se realiza el Impact Mapping, se responde a las preguntas:

1. **¿Por qué se lleva a cabo este proyecto?**
2. **¿A quiénes afecta el producto y quienes son los actores principales que se benefician?**
3. **¿Cómo los actores identificados ayudan a conseguir los objetivos planteados y cómo impacta sobre ellos?**
4. **¿Qué se puede hacer y entregar para lograr el impacto deseado en los actores?**

Se considera que este proyecto es una continuación del trabajo de Juan Parra quien escoge el modelo de inventario a utilizar (EOQ) además del método de proyección de demanda más acertado para el caso del Cesfam Salvador Bustos. Junto con esta información se realizan entrevistas a las personas encargadas del abastecimiento para las farmacias populares y para los Cesfam y se responden las preguntas:

1. **¿Por qué se lleva a cabo este proyecto?** Para mejorar la gestión de inventario de medicamentos de las farmacias, mediante la implementación de un prototipo funcional de software basado en modelo de inventario EOQ. El objetivo principal es optimizar los procesos de la realización de pedidos y el mantenimiento de inventario, lo que permite reducir costos, minimizar el stock y mejorar el servicio para los clientes.
2. **¿A quiénes afecta el producto y quienes son los actores principales que se benefician?** Impacta directamente a la corporación de salud de Ñuñoa, específicamente a: **encargados de farmacia y personal administrativo**, quienes son los responsables de la gestión de inventario y de realizar los pedidos. **Clientes de las farmacias**, quienes compran o se les entregan los medicamentos en las farmacias de los Cesfam.

3. **¿Cómo los actores identificados ayudan a conseguir los objetivos planteados y cómo impacta sobre ellos?**

- **Los encargados de farmacia y personal administrativo** son los responsables de ingresar los datos históricos necesarios al prototipo funcional para obtener las predicciones de demanda, su participación es vital para la precisión de los resultados. Además de contribuir en la construcción del prototipo funcional con los datos e informes necesarios para realizar los pedidos. Para ellos, el impacto de este prototipo es el ahorro de tiempo y precisión al momento de calcular la demanda y cantidad a pedir del producto, además de tener una visualización sobre los puntos de reorden de cada medicamento. También significaría una disminución de los costos asociados a inventario ya que se manejarían menos stock.
- **Los clientes de las farmacias** son los consumidores y quienes a través de sus compras aportan la información de la demanda de los medicamentos, estos se ven impactado ya que, al funcionar el prototipo, la gestión de inventario de las farmacias debiese ser más eficiente y mostrar menos quiebres de stock, por lo que la disponibilidad de los medicamentos aumentaría.

4. **¿Qué se puede hacer y entregar para lograr el impacto deseado en los actores?**

- Desarrollar e implementar el prototipo funcional de software basado en el modelo EOQ, que incluya funcionalidades como el cálculo de la cantidad óptima a pedir, el punto de reorden y la generación de informes.
- Proporcionar la información necesaria para la capacitación de las personas que hacen uso del prototipo para asegurar su correcta utilización y aprovechamiento de todas las funcionalidades.
- Fomentar la comunicación y retroalimentación constante con los actores involucrados para conocer sus necesidades y sugerencias de mejora.

7.2 Use Story Mapping

En este punto se deben desarrollar los 5 pasos que permiten construir el mapa definitivo del proyecto estos son:

Identificar objetivos

- Visualizar información de demanda, cantidad a pedir y punto de reorden de medicamentos a través del modelo de gestión de inventario EOQ
- Ingreso simple de datos de demanda históricos para el usuario
- Creación de informes útiles para realizar los pedidos.

Actividades que ayudan en la obtención de los objetivos planteados:

- Crear interfaz de usuario para la visualización de información
- Implementar códigos para la obtención de proyección de demanda
- Implementar modelo EOQ para obtención de cantidad óptima y punto de reorden
- Desarrollar informes descargables con información requerida

Desglose de actividades**Crear interfaz de usuario para la visualización de información**

- Agregar nuevo medicamento
- Editar información de medicamentos (nombre, costo, formato)
- Eliminar Medicamento

Implementar códigos para la obtención de proyección de demanda

- Ingresar datos históricos de demanda de medicamentos (nombre, principio activo, formato, cantidad, fecha, sucursal)
- Calcular proyección de demanda utilizando suavizamiento exponencial
- Visualizar reportes de proyección de demanda

Implementar modelo EOQ para obtención de cantidad óptima (Q) y punto de reorden

- Calcular cantidad óptima a pedir (Q) y punto de reorden
- Editar parámetros para el modelo (nivel de servicio, costo de manejo, costo de realizar pedido y tiempo de entrega)
- Ingresar stock inicial y visualizar planificación anual de pedidos

Desarrollar informes descargables con información requerida

- Crear formulario para filtrar información requerida por nombre de medicamento, principio activo, sucursal, y otros criterios establecidos por los usuarios.
- Desarrollar informes descargables según necesidad de usuarios.

Orden de tareas según su importancia e identificación de releases. Ver Figura 18.

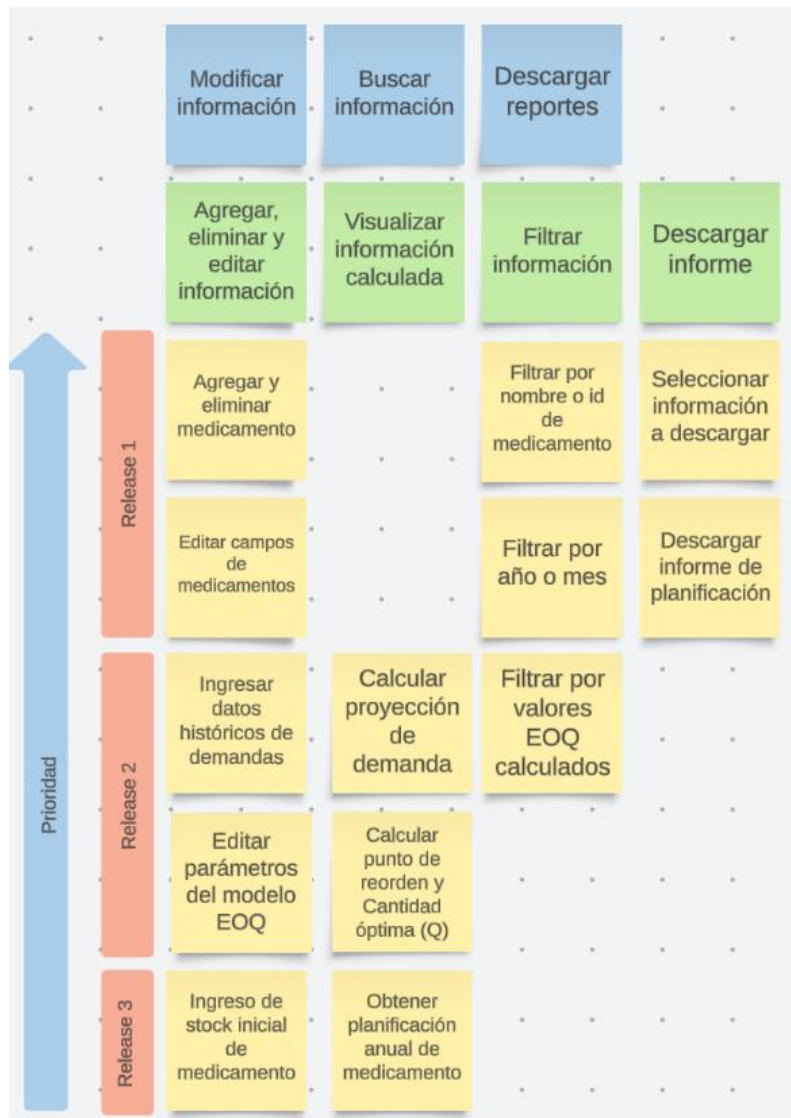


Figura 18: Use Story Mapping

Fuente: Elaboración propia

7.3 Roles de Scrum

En la metodología Scrum es necesario definir los roles para el desarrollo de esta. El objetivo es asignar y clasificar las tareas a cada participante del equipo scrum para que exista un trabajo fluido y eficiente.

- **Product Owner:** Farmacéutico René Miranda.
- **Scrum Master:** La persona encargada de velar por que se cumpla la metodología en este caso es la ingeniera memorista de este proyecto. Su preocupación principal es que se cumpla la planificación establecida y los objetivos planteados en los distintos Sprint.
- **Equipo de desarrollo:** En este caso el equipo de desarrollo sólo lo compondrá la memorista de este proyecto, su objetivo es ejecutar la planificación de la mejor forma e ir integrando las funcionalidades que van surgiendo a lo largo del desarrollo del proyecto de software

7.4 Product Backlog

A partir de las historias de usuarios y el mapping story se identifica la siguiente lista ordenada de todo lo que podría ser necesario para el producto. Están ordenadas de tal forma que las funcionalidades básicas están antes de las avanzadas y dependientes.

- Creación de interfaz de usuario para la visualización de información
- Funcionalidad de agregar, modifica y eliminar medicamentos
- Implementación de códigos para obtener demanda
- Ingreso de datos de demanda histórica
- Implea cálculo de modelo EOQ
- Funcionalidad de planificación de pedidos
- Desarrollar informes descargables

Teniendo listos los temas que son requeridos, se desarrolla el Product Backlog según la priorización establecida, queda como se muestra en la Figura 19.



Sprint 1	Estudio y elección de interfaz para usuario
	Funcionalidad de agregar, modificar y eliminar medicamento
Sprint 2	Implementación de códigos para obtener demanda
	Ingreso de datos de demanda histórica
Sprint 3	Implementación de códigos para cálculo de modelo EOQ
	Funcionalidad de planificación de pedido de medicamento
Sprint 4	Desarrollar informes descargables

Figura 19: Product Backlog.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19 se segmenta también en lo que serán los Sprint en 4 partes, el orden de la priorización se explica por las siguientes razones.

1. Creación de interfaz de usuario para la visualización de información

- Estudio y elección de interfaz de usuario
- Creación de tablas, campos y relaciones del modelo
- Agregar funcionalidad para ingresar, editar y eliminar información de medicamentos

2. Desarrollo de códigos para obtener proyección de demanda

- Agregar funcionalidad de ingresar datos de demanda histórica de medicamento
- Modificación y desarrollo de código para cálculo de proyección de demanda
- Creación de interfaz para visualizar resultados de proyección de medicamentos

3. Implementación de modelo EOQ para obtener cantidad óptima y punto de reorden

- Agregar funcionalidad para editar parámetros del modelo
- Homologación de modelo Excel para cálculo de punto de reorden y cantidad óptima
- Agregar funcionalidad para ingresar stock inicial y realizar planificación de medicamento

4. Desarrollo de informes descargables con la información requerida

- Crear formulario para filtrar información requerida
- Implementar funcionalidad para desarrollar informes descargables

7.5 Sprints

7.5.1 Sprints 1

Sprint planning

Para comenzar, se planifica el Sprint 1, se acuerda con el Product Owner, en este caso René Miranda, la utilización del software Access para desarrollar el prototipo funcional. Los motivos de esta elección tienen relación con que el Cesfam cuenta con cuenta en Microsoft 365, por lo tanto, no tendría costos extra el desarrollo ni la implementación del prototipo. Otro motivo relevante para esta elección tiene relación con la compatibilidad del software Access con la utilización de códigos en lenguaje de programación Python, ya que para la estimación de demanda se utilizan bibliotecas de estadísticas con las que no cuenta originalmente la base de datos Access, pero donde sí es posible generar una conexión con esta aplicación.

Lo primero a considerar es la creación de la tabla de medicamentos, se planea que esta contenga su información y un campo clave para ser utilizado en otras tablas o consultas. También es relevante decidir la relación que tienen los medicamentos con los parámetros del modelo que luego son utilizados para calcular la cantidad fija a pedir y el punto de reorden. Por lo que se buscará crear una tabla con los parámetros para asociarlos a cada medicamento.

Sprint Backlog

Sprint Backlog			
Ítem	Por hacer	En proceso	Finalizado
Elección de interfaz para usuario		X	
Creación de tabla “Medicamento” para agregar, modificar y eliminar medicamentos		X	
Modificación e implementación de códigos para obtener demanda	X		
Ingreso de datos de demanda histórica	X		
Homologación de modelo EOQ	X		
Funcionalidad de planificación de pedido de medicamento	X		
Desarrollar informes descargables	X		

Figura 20: Sprint Backlog 1.

Fuente: Elaboración propia

Sprint Review

El resultado del sprint 1 fue óptimo ya que luego de confirmar la utilización del software Access, se creó la primera tabla con la información de los medicamentos, esta contiene el nombre del medicamento, la fecha de creación, el nivel de servicio, el inventario inicial y se añade por petición del producto Owner, un campo con el origen y el campo clave que será el código del medicamento según CENABAST.

También se crea la tabla parámetros que contiene los campos de costo de manejo, costo de realizar el pedido, tiempo de entrega, fecha de estos parámetros y una casilla que marca si están activos o no esos parámetros, se busca que cuando se actualicen los parámetros, los anteriores queden desactivados pero el valor archivado. Estos parámetros son aplicados de igual forma a todos los medicamentos.

7.5.2 Sprints 2

Sprint planning

Se planea almacenar las demandas mensuales en una tabla, la que luego será manipulada a través de un script en Python. Este script será encargado de extraer, analizar y posteriormente insertar los datos proyectados de vuelta en la misma tabla. Por esto es relevante establecer una estructura con campos clave y otros campos necesarios para la lectura e inserción de los datos de demanda proyectada.

Se debe realizar una revisión del código en lenguaje Python del modelo original y realizar las modificaciones necesarias para adaptarlo al software Access, asegurando su compatibilidad y funcionamiento. También se debe realizar el ingreso de la demanda histórica del modelo original para validar los resultados de la proyección.

Sprint Backlog

Sprint Backlog			
Ítem	Por hacer	En proceso	Finalizado
Elección de interfaz para usuario			X
Creación de tabla “Medicamento” para agregar, modificar y eliminar medicamentos			X
Modificación e implementación de códigos para obtener demanda		X	

Ingreso de datos de demanda histórica		X	
Homologación de modelo EOQ	X		
Funcionalidad de planificación de pedido de medicamento	X		
Desarrollar informes descargables	X		

Figura 21: Sprint Backlog 2.

Fuente: Elaboración propia

Sprint Review

En el sprint 2 se realiza la creación de la tabla “DemandaHF” donde se almacenan los datos de la demanda histórica y también futura, es decir los valores proyectados. Los campos de esta tabla son el año, mes, idmedicamento, parámetros, demanda, costo unitario, valor proyectado y el error porcentual entre el valor proyectado y la demanda real. Adicionalmente se añade un campo llamado Idestado, esta muestra si los valores están en estado 1 (históricos) o en estado 2 (proyectados). Los campos clave para esta tabla serán el año, mes y idmedicamento, ya que estos campos en su conjunto no pueden repetirse.

También se realiza una revisión del código de Python del modelo original, tomando en cuenta la biblioteca de estadística que utiliza se crea un nuevo código que se conecta con la ubicación del archivo de Access, extrae los datos históricos de las demandas por medicamento y realiza la proyección de los siguientes 12 periodos. Finalmente se insertan los datos en la misma tabla, creando un nuevo año y meses para los valores proyectados. Esta tarea se marca en proceso porque aún falta que la conexión se realice de forma automática con el script, de tal forma en que los usuarios no deban abrir una segunda aplicación.

Se realizó el ingreso de las demandas históricas de los años 2017 y 2018 con los que se trabaja en el modelo original, se validan los resultados de la proyección de la demanda los cuales dan el mismo resultado que lo esperado.

7.5.3 Sprints 3

Sprint planning

Para este sprint se busca implementar el modelo EOQ es decir que se pueda calcular el valor del punto de reorden y de la cantidad fija a pedir. Para esto se debe homologar el modelo en archivo de Excel, el cual debe pasar a funcionar directamente desde la base de datos Access.

Se busca crear una tabla o utilizar las ya creadas para implementar campos calculados donde se obtengan los resultados esperados. Una vez obtenidos el punto de reorden y la cantidad fija para pedir de cada medicamento, se busca realizar una planificación de los siguientes 12 periodos, considerando la demanda proyectada y el inventario inicial del medicamento.

Sprint Backlog

Sprint Backlog			
Ítem	Por hacer	En proceso	Finalizado
Elección de interfaz para usuario			X
Creación de tabla “Medicamento” para agregar, modificar y eliminar medicamentos			X
Modificación e implementación de códigos para obtener demanda			X
Ingreso de datos de demanda histórica			X
Homologación de modelo EOQ		X	
Funcionalidad de planificación de pedido de medicamento		X	

Desarrollar informes descargables	X		
--------------------------------------	---	--	--

Figura 22: Sprint Backlog 3.

Fuente: Elaboración propia

Sprint Review

En este sprint se agregan los campos calculados a la tabla “Demanda HF” ya que esta información se va modificando con el tiempo, los campos agregados son: Demanda 12 periodos, Media 24 periodos, Coeficiente de variabilidad, costo almacenamiento, demanda promedio en tiempo de espera, desviación en tiempo de espera, punto de reorden, punto de reorden ajustado y cantidad fija (Q). Con estos campos agregados se puede realizar el cálculo de estos últimos valores. Para realizar la planificación a la misma tabla se añaden los campos: Inventario disponible, comprar, cantidad a solicitar, inventario final supuesto.

Para realizar la planificación se crea un formulario donde muestran los campos de: año, mes, idmedicamento, valor de demanda proyectado, el inventario disponible, si comprar o no, la cantidad a solicitar y el inventario final supuesto. De esta manera se puede mostrar la planificación para los siguientes 12 periodos de todos los medicamentos y se puede filtrar cuando se busca la planificación de un medicamento en particular.

7.5.4 Sprints 4

Sprint planning

En este sprint se busca realizar una revisión de la estructura del prototipo funcional, es decir la relación entre las tablas y los campos, verificar que todas las funcionalidades están activas e implementar informes descargables de las planificaciones y otras necesidades que tengan los usuarios.

Sprint Backlog

Sprint Backlog			
Ítem	Por hacer	En proceso	Finalizado
Elección de interfaz para usuario			X
Creación de tabla “Medicamento” para agregar, modificar y eliminar medicamentos			X
Modificación e implementación de códigos para obtener demanda			X
Ingreso de datos de demanda histórica			X
Homologación de modelo EOQ			X
Funcionalidad de planificación de pedido de medicamento			X
Desarrollar informes descargables		X	

Figura 23: Sprint Backlog 4.

Fuente: Elaboración propia

Sprint Review

En este sprint se construyen los formularios necesarios para la interacción con el usuario, se crea uno para la modificación de los medicamentos, uno para actualizar los cálculos de la demanda y del modelo EOQ, uno para importar un archivo con las demandas históricas, y uno para la visualización de la planificación, este último descargable.

8| Desarrollo de prototipo funcional

8.1 Caso de uso de modelo general

Para cumplir el objetivo de la operacionalización, se diseña y desarrolla un prototipo funcional de inventario utilizando el software Access y códigos de Python. Se busca integrar y automatizar el proceso de la proyección de demanda y de los cálculos del modelo EOQ, de esta forma los usuarios podrían acceder a esta información de manera eficiente y precisa mejorando la gestión de inventario del Cesfam Salvador Bustos. A continuación, el diagrama de caso de uso del modelo general.

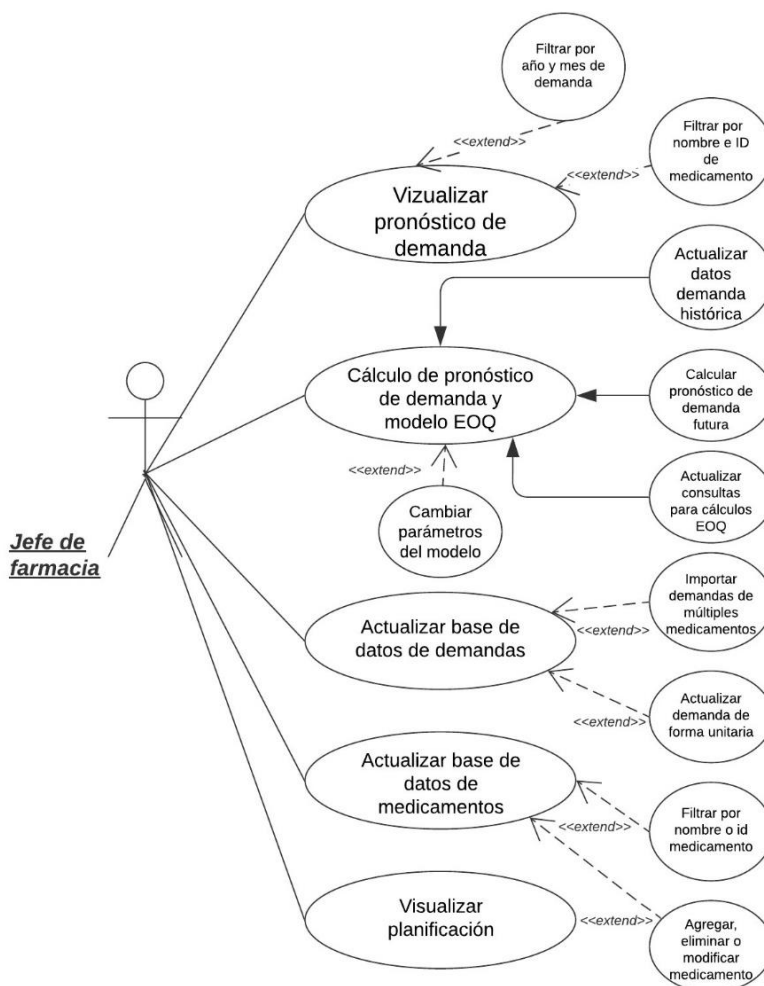


Figura 24: Diagrama caso de uso aplicación modelo EOQ para Cesfam Salvador Bustos

Fuente: elaboración propia

8.2 Modelo entidad relación

A partir de la información registrada se construye el modelo de entidad relación que busca representar de forma conceptual la realidad del prototipo. Se puede visualizar en la Figura 25.

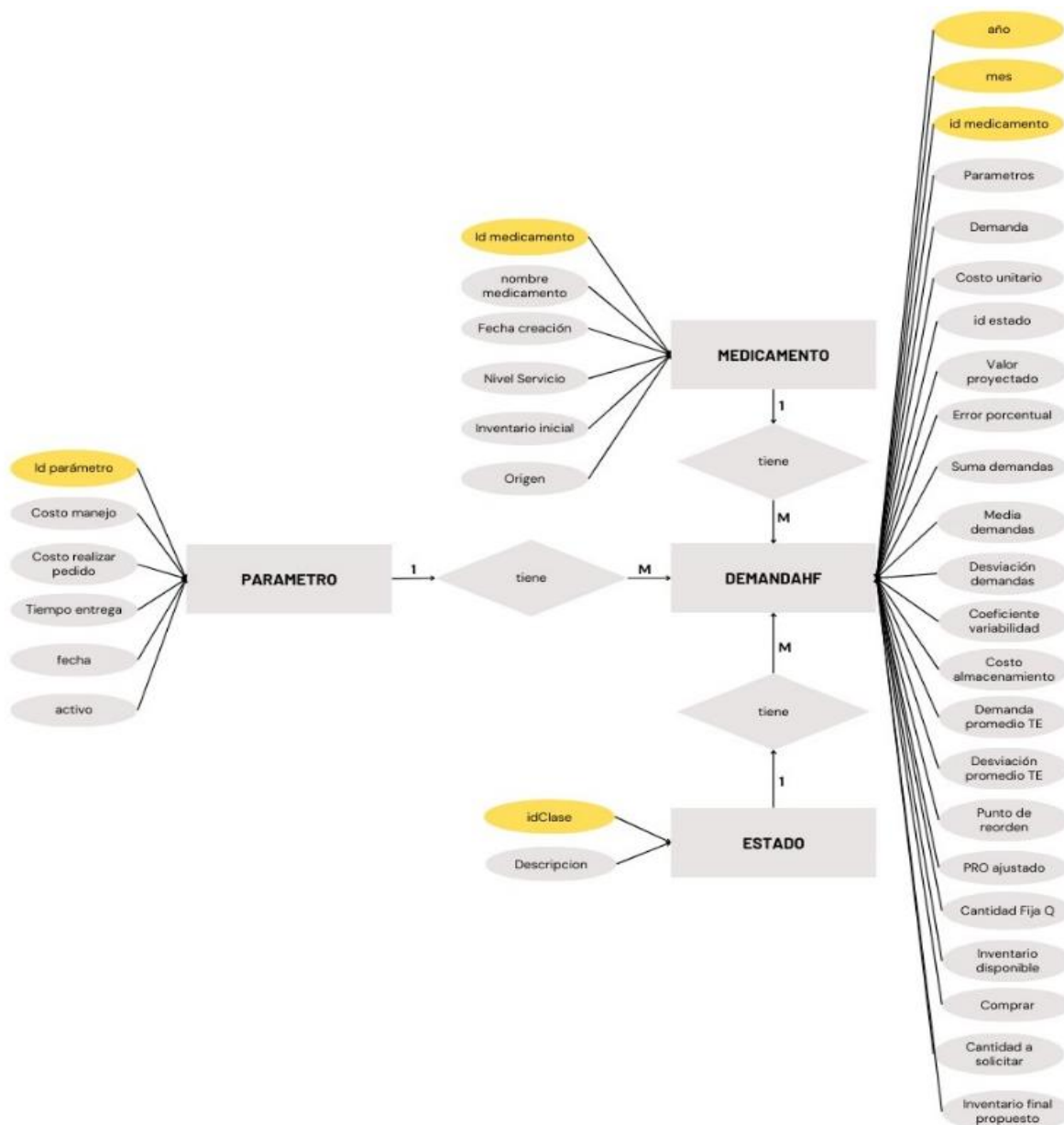


Figura 25: Mapa entidad relación de prototipo de software EOQ

Fuente: elaboración propia.

8.3 Relaciones entre tablas del modelo

Para el desarrollo del modelo relacional es necesario que las tablas estén conectadas entre sí, de esta manera al modificar los datos, realizar cálculos o consultas, estos se verán reflejados en todo el sistema, a continuación, en la Figura 26, se ven las relaciones entre las tablas, construidas a partir del modelo entidad relación.

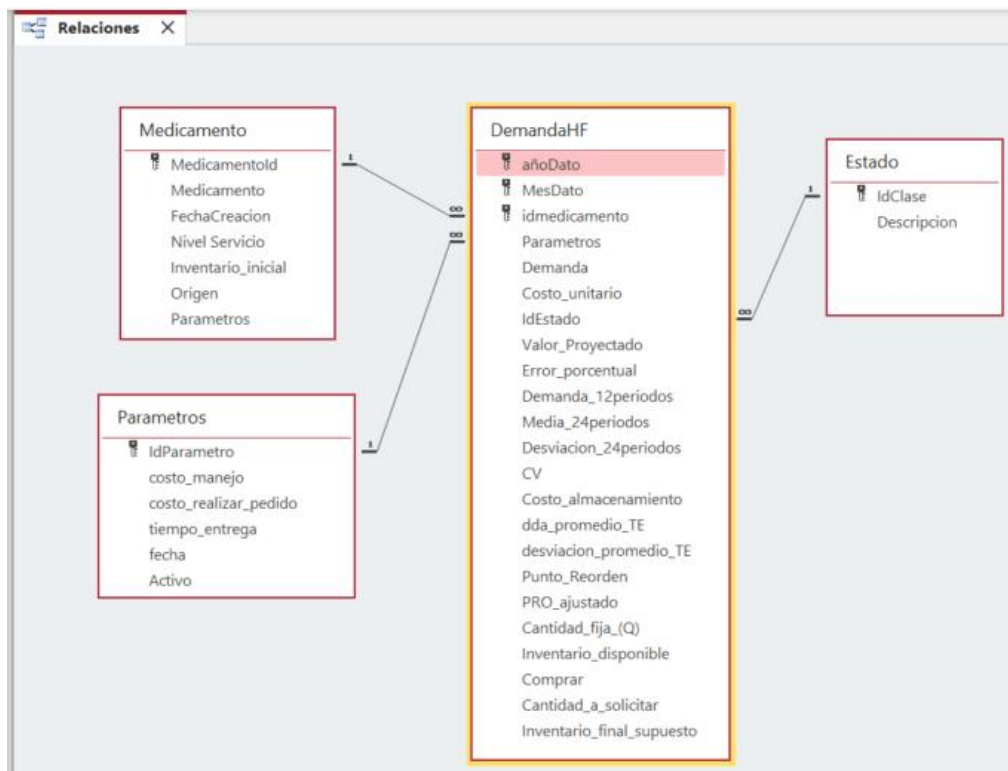


Figura 26: Relación entre las tablas de la base de datos Access.

Fuente: Elaboración propia

La tabla Medicamento y DemandaHF están relacionadas por medio del id del medicamento, siendo una relación uno a varios, es decir en la tabla medicamento existe sólo un id por medicamento, pero este id de medicamento puede encontrarse en varias demandas en la tabla DemandaHF.

La tabla Parámetros y Demanda HF están relacionadas por medio del id del parámetro, siendo una relación uno a varios, es decir en la tabla parámetros existe sólo un id por fila de parámetros

que están asociados a una fecha, este id puede estar asociado a varias demandas en la tabla DemandaHF.

La tabla Estado y DemandaHF están relacionadas por medio del id del estado, siendo una relación uno a varios, es decir en la tabla Estado existe sólo un id por estado, estos son el valor histórico o el valor proyectado, pero este id de estado puede encontrarse en varias demandas en la tabla DemandaHF.

8.4 Conexión de código de programación y visualización de pronóstico de demanda

El proceso se divide en varias etapas. En la primera parte del desarrollo, se establece la conexión entre la aplicación Access y los códigos en Python que se encargan de realizar la predicción de demanda. Se analizan las tres funciones creadas por Juan y se decide utilizar la tercera función que, como se explicó con anterioridad, realiza la proyección de demanda a partir de un archivo con las demandas de muchos medicamentos. También se considera la posibilidad de utilizar la primera función, la cual genera proyecciones de demanda (suavizamiento simple, doble y triple) a partir de un archivo con un solo medicamento, además proporciona gráficos y los errores de las proyecciones, lo que es útil para el estudio de la demanda de los medicamentos.

En esta primera etapa, se lleva a cabo la conexión de los códigos de Python con la plataforma Access utilizando los mismos datos utilizados por el modelo propuesto por Juan Parra, esto para verificar que estos funcionan correctamente, comparando los resultados con los obtenidos por el modelo original. Los datos utilizados contemplan 45 medicamentos pertenecientes al Cesfam Salvador Bustos, junto con sus respectivas demandas del año 2017 y 2018.

Se analiza el código de pronóstico original, identificando las bibliotecas y los cálculos que este realiza, luego se crea un nuevo código en lenguaje de programación Python tomando en consideración los objetivos del pronóstico de la demanda utilizando el método de suavizamiento exponencial triple de los datos. Este nuevo código se puede ver en el Anexo 1.

Como se observa en el código, para establecer la conexión entre la plataforma Access y los códigos de Python se utiliza una biblioteca llamada **pyodbc**. Gracias a esta, se logra que el script de Python lea la tabla “DemandaHF” del software Access donde se encuentran las demandas históricas, recorriendo cada medicamento, año y mes, y realiza los cálculos correspondientes insertando en la misma tabla los resultados de las predicciones, creando el año y mes de los siguientes 12 periodos para cada medicamento. Como se dijo anteriormente estos datos fueron validados con la información utilizada por Juan de la demanda de 42 medicamentos del año 2017 y 2018, pronosticando correctamente el año 2019.

Para la visualización de la proyección de las demandas se crean tablas y consultas en el software Access.

8.4.1 Tablas

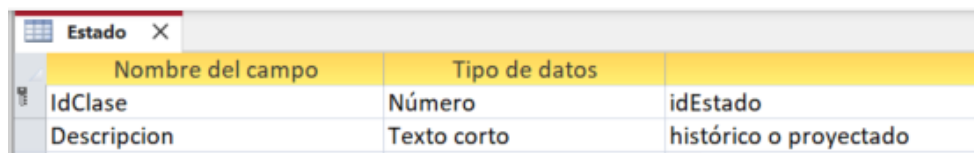
“Medicamento”: en esta tabla se encuentran los nombres de los medicamentos, los campos que la componen son el id, el nombre, la fecha de creación, el nivel de servicio, el inventario inicial, el origen y el parámetro que está utilizando. Para esta tabla el campo clave es el Id del medicamento. Vista de diseño en Figura 27.

Medicamento		
Nombre del campo	Tipo de datos	
Medicamentoid	Autonumeración	id del medicamento
Medicamento	Texto corto	Nombre del medicamento
FechaCreacion	Fecha/Hora	Fecha de creación del medicamento
Nivel Servicio	Número	El nivel de servicio depende de la citricidad del medicamento
Inventario_inicial	Número	Inventario inicial para planificación
Origen	Texto corto	Origen ministerial o comunal
Parametros	Número	Parámetros actuales aplicados a medicamentos

Figura 27: Vista diseño de tabla de base de datos Access. Medicamento.

Fuente: Elaboración propia

“Estado”: en esta tabla se identifica si el estado de la demanda es histórico o proyectado, esto es un complemento para luego poder realizar la consulta de los datos identificando con facilidad el estado en el que se encuentran las demandas de los medicamentos. Los campos que la componen son idClase, descripción. El campo clave es el Idclase. Vista diseño en Figura 28.

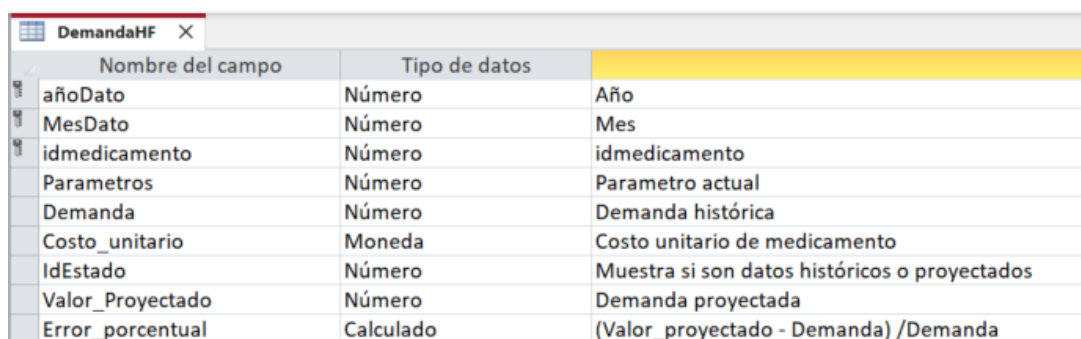


Nombre del campo	Tipo de datos	
IdClase	Número	idEstado
Descripcion	Texto corto	histórico o proyectado

Figura 28: Vista diseño de tabla de base de datos Access. Estado.

Fuente: Elaboración propia

“DemandaHF”: en esta tabla se almacena la base de datos que contiene la información histórica de las demandas, así como la demanda futura es decir las proyecciones realizadas gracias al script de Python. Inicialmente esta tabla contiene los campos: añoDato, MesDato, idmedicamento, Parámetros, Demanda, Costo unitario, idEstado, Valor proyectado y el error porcentual entre la demanda real y el error porcentual. El campo clave de esta tabla es el añoDato, MesDato e idmedicamento en su conjunto, ya que la información de estos tres campos combinados no puede repetirse. Vista diseño de tabla en Figura 29.



Nombre del campo	Tipo de datos	
añoDato	Número	Año
MesDato	Número	Mes
idmedicamento	Número	idmedicamento
Parametros	Número	Parametro actual
Demanda	Número	Demanda histórica
Costo_unitario	Moneda	Costo unitario de medicamento
IdEstado	Número	Muestra si son datos históricos o proyectados
Valor_Proyectado	Número	Demanda proyectada
Error_porcentual	Calculado	(Valor_proyectado - Demanda) / Demanda

Figura 29: Vista diseño tabla de base de datos Access. DemandaHF

Fuente: Elaboración propia

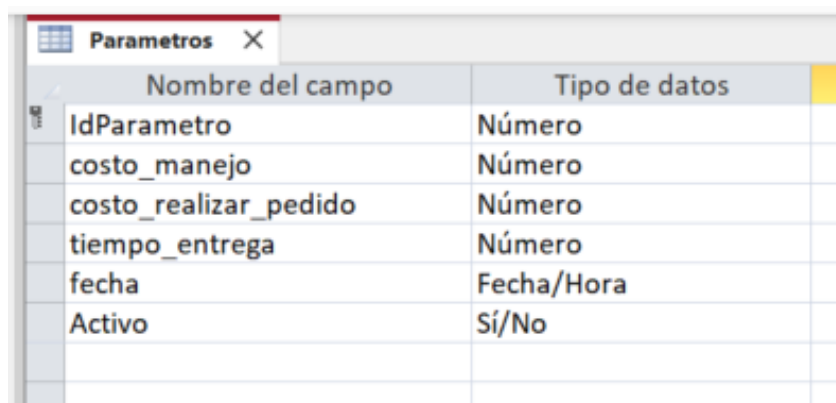
8.5 Homologación modelo EOQ

La segunda etapa del desarrollo consiste en la homologación del modelo de EOQ desde el archivo de Excel, a la base de datos en Access, para esto se crean diferentes tablas que permiten implementar el modelo y calcular los valores de la EOQ de manera eficiente.

8.5.1 Tablas

“Parametros”: en esta tabla se almacenan los parámetros que se utilizan para el cálculo del punto de reorden y la cantidad óptima a pedir (Q). Los campos de esta tabla incluyen el idParametro, el costo de manejo, el costo de realizar el pedido, el tiempo de entrega, la fecha donde se ingresaron dichos parámetros y un campo con una casilla para marcar si estos valores se encuentran activos o no, de tal forma en que cuando se vayan actualizando, estos se vayan almacenando históricamente. El campo clave es el Idparámetro.

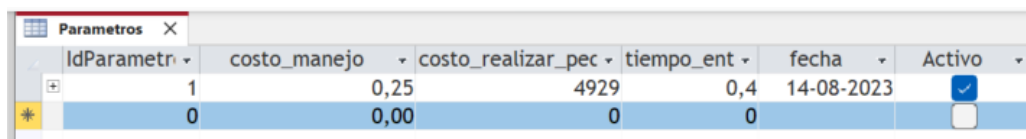
Inicialmente se utilizan los valores propuestos por Juan Parra como referencia, sin embargo, es necesario realizar un análisis para determinar si estos corresponden para el año en el que nos encontramos. Vista diseño en Figura 30 y vista Hoja de datos en la Figura 31.



Nombre del campo	Tipo de datos
IdParametro	Número
costo_manejo	Número
costo_realizar_pedido	Número
tiempo_entrega	Número
fecha	Fecha/Hora
Activo	Sí/No

Figura 30: Vista diseño de tabla de base de datos Access. Parametros.

Fuente: Elaboración propia



IdParametro	costo_manejo	costo_realizar_pec	tiempo_ent	fecha	Activo
1	0,25	4929	0,4	14-08-2023	☒
0	0,00	0	0		☐

Figura 31: Vista hoja de datos de tabla Parametros.

Fuente: Elaboración propia

“DemandaHF”: en la misma tabla utilizada para almacenar datos históricos y futuros de la demanda, se crean los campos calculados necesarios para obtener la cantidad óptima y el punto

de reorden. La decisión de ponerlos en la misma tabla tiene que ver con su característica histórica, ya que los datos que se necesitan para obtener la cantidad y el PRO, van cambiando a través del tiempo actualizándose la demanda y los demás parámetros. Los campos que se agregan a esta tabla son: la suma de la demanda de los 12 últimos periodos, la media de los 24 últimos periodos, la desviación estándar de los últimos 24 periodos, el coeficiente de variabilidad, el costo de almacenamiento, la demanda promedio en tiempo de espera, la desviación promedio en tiempo de espera, el punto de reorden, el punto de reorden ajustado y finalmente la cantidad fija a pedir. Sumando estos campos, la tabla en vista diseño se ve en la Figura 32.

DemandaHF			
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción	
añoDato	Número	Año	
MesDato	Número	Mes	
idmedicamento	Número	idmedicamento	
Parametros	Número	Parametro actual	
Demanda	Número	Demanda histórica	
Costo_unitario	Moneda	Costo unitario de medicamento	
IdEstado	Número	Muestra si son datos históricos o proyectados	
Valor_Proyectado	Número	Demanda proyectada	
Error_porcentual	Calculado	$(\text{Valor_proyectado} - \text{Demanda}) / \text{Demanda}$	
Demanda_12periodos	Número	Suma demanda últimos 12 periodos	
Media_24periodos	Número	Promedio demanda últimos 24 periodos	
Desviacion_24periodos	Número	Desviación demanda últimos 24 periodos	
CV	Calculado	Media/desviación (coeficiente de variabilidad)	
Costo_almacenamiento	Número	$\text{Costo_unitario} \times \text{Costo_manejo}(\text{parámetro})$	
dda_promedio_TE	Número	$\text{demanda promedio en Tiempo de espera} = \text{Media} \times \text{tiempo de entrega}(\text{parámetro})$	
desviacion_promedio_TE	Número	$\text{desviación} \times \text{tiempo de entrega}(\text{parámetro})$	
Punto_Reorden	Número	$\text{dda_promedio_TE} + (\text{nivel servicio}(\text{parámetro de medicamento}) \times \text{desviación_promedio_TE})$	
PRO_ajustado	Calculado	Redondeo entero positivo (Punto_Reorden)	
Cantidad_fija_(Q)	Número	Redondeo $(\text{Raiz}((2 \times \text{demanda_12periodos} \times \text{Costo_realizar_pedido}(\text{parámetro}))/\text{costo_almacenamiento}))$	

Figura 32: Vista diseño de tabla de base de datos Access. DemandaHF

Fuente: Elaboración propia

8.5.2 Consultas

Si bien en la tabla “DemandaHF” se almacenan todos los campos mencionados con anterioridad, algunos de ellos no pueden ser calculados directamente de esta tabla, ya que requieren realizar operaciones con parámetros y datos que se encuentran en otras tablas. Por esto se crean diversas consultas donde se realizan los cálculos y luego los resultados son insertados en la tabla “DemandaHF” con una actualización de los datos. Se pueden visualizar estas consultas en la Figura 33, sus cálculos están especificados en el capítulo 6 “Modelo EOQ” así como también en la descripción de la tabla DemandaHF vista con anterioridad.

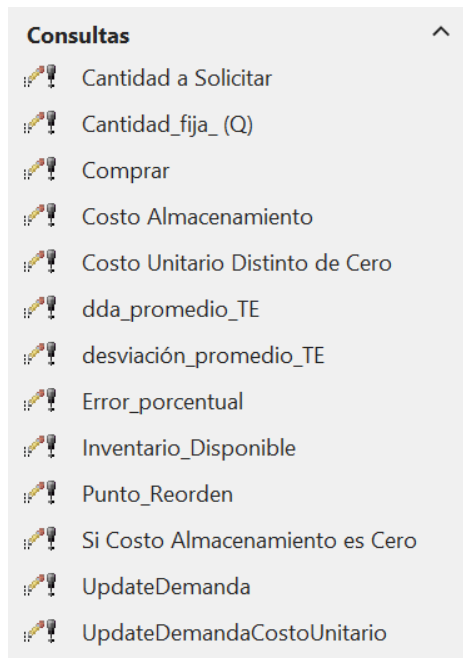


Figura 33: Consultas en base de datos Access. Cálculo de campos para modelo EOQ.

Fuente: Elaboración propia

8.6 Planificación de pedidos

Para poder realizar y visualizar la planificación de pedidos de medicamentos se utilizan las siguientes tablas y consultas.

8.6.1 Tablas

“Demanda HF”: Adicionalmente para realizar la planificación de los pedidos se añaden a esta tabla los siguientes campos: Inventario disponible, comprar (sí/no), cantidad a solicitar, inventario final supuesto. Estos campos son calculados en la misma tabla o en la consulta descrita anteriormente “Calculo_parametro” e insertados en la tabla nuevamente. Vista diseño en Figura 34.

DemandaHF X			
	Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción (opcional)
	añoDato	Número	Año
	MesDato	Número	Mes
	idmedicamento	Número	idmedicamento
	Parametros	Número	Parametro actual
	Demanda	Número	Demanda histórica
	Costo_unitario	Moneda	Costo unitario de medicamento
	IdEstado	Número	Muestra si son datos históricos o proyectados
	Valor_Proyectado	Número	Demanda proyectada
	Error_porcentual	Calculado	(Valor_proyectado - Demanda) / Demanda
	Demanda_12periodos	Número	Suma demanda últimos 12 periodos
	Media_24periodos	Número	Promedio demanda últimos 24 periodos
	Desviacion_24periodos	Número	Desviación demanda últimos 24 periodos
	CV	Calculado	Media/desviación (coeficiente de variabilidad)
	Costo_almacenamiento	Número	Costo_unitario X Costo_manejo(parámetro)
	dda_promedio_TE	Número	demanda promedio en Tiempo de espera = Media X tiempo de entrega (parámetro)
	desviacion_promedio_TE	Número	desviación X tiempo de entrega (parámetro)
	Punto_Reorden	Número	dda_promedio_TE + (nivel servicio (parámetro de medicamento) X desviación_promedio_TE)
	PRO_ajustado	Calculado	Redondeo entero positivo (Punto_Reorden)
	Cantidad_fija_(Q)	Número	Redondeo (Raiz((2 X demanda_12periodos X Costo_realizar_pedido (parámetro))/costo_almacenamiento))
	Inventario_disponible	Número	inventario_inicial (parámetro de medicamento)
	Comprar	Sí/No	Sí (inventario_disponible - valor_proyectado < PRO_ajustado (último))
	Cantidad_a_solicitar	Número	si "comprar" = sí, redondear ((punto_reorden- (valor_proyectado-inventario_disponible))/cantidad_fija_(Q)) X Cantidad_fija_(Q))
	Inventario_final_supuesto	Calculado	Cantidad_a_solicitar+ inventario_disponible - Valor_proyectado

Figura 34: Vista diseño de tabla de base de datos Access. DemandaHF

Fuente: Elaboración propia

9 | Funcionalidades

A partir de lo trabajado con la metodología Scrum, y del desarrollo del prototipo funcional de software para gestionar el inventario de medicamentos del Cesfam Salvador Bustos en la aplicación de Microsoft Access, en este capítulo se explican las funcionalidades donde el usuario puede interactuar con el prototipo. Estas se encuentran principalmente en los formularios creados para editar, añadir, eliminar y mostrar información, estas modificaciones se ven reflejadas en las tablas y consultas explicadas en el capítulo anterior.

9.1 Formulario Medicamentos

Uno de los primeros formularios que se utilizan en la aplicación, es el de medicamentos, en él se puede buscar por nombre o por id, mostrando así la fecha de creación, el nivel de servicio, el inventario inicial y el origen del medicamento como se muestra en la Figura 35. Aquí se puede editar, agregar y/o eliminar la información sobre estos. Los cambios se ven reflejados en la tabla Medicamento.

The screenshot shows a Microsoft Access form titled 'Formulario Medicamentos'. The form has a header bar with the title and the date 'martes, 26 de diciembre de 2023'. Below the header, there are several fields with labels on the left: 'ID Medicamento' (value: 144), 'Medicamento' (value: ACIDO VALPROICO 10 MG/GOTA FRA 25 ML), 'FechaCreacion' (value: 04-12-2023), 'Nivel Servicio' (value: 1,63), 'Inventario_inicial' (value: 0), and 'Origen' (empty). At the bottom of the form, there is a row of navigation buttons: a back button, a previous record button, a next record button, a forward button, a delete button, a save button, and a print button.

Figura 35: Formulario Medicamentos. Base de datos Access

Fuente: Elaboración propia

9.2 Formulario Pronóstico Demanda

En este se puede buscar la información de un medicamento con su nombre o id y se visualiza la información del valor proyectado en un mes y un año. También se visualiza la información sobre el punto de reorden, el coeficiente de variabilidad y la cantidad óptima para realizar el pedido como se observa en la Figura 36.

Field	Value
año	2019
Mes	1
idmedicamento	144
Medicamento	ACIDO VALPROICO 10 MG/GOTA FRA 25 ML
Coeficiente Variabilidad	0,73708791784601
Punto Reorden	0
Cantidad a pedir	0
Valor_Proyectado	0

Figura 36: Formulario Pronóstico Demanda. Base de datos Access

Fuente: Elaboración propia

9.3 Formulario Planificación

En este formulario se puede buscar la información de la planificación de los pedidos de un medicamento, para esto se proyecta en la parte inferior los campos con sus respectivos filtros para realizar una búsqueda según los criterios que se requieran. En este se puede visualizar el id de medicamento, el año, el mes, el valor proyectado de la demanda, la cantidad a pedir en ese periodo, el inventario final y la respuesta si realizar o no pedido en ese periodo. En este formulario se pueden ver uno o más medicamentos a la vez como se visualiza en la Figura 37.

Planificación

añoDato: 2019 PRO_ajustado: 1
 MesDato: 1 Cantidad_fija_(Q): 0
 idmedicamento: 144 Inventario_disponible: 0
 Valor_Proyectado: 0 Comprar: ☒
 Coeficiente_Variación: 0,75 Cantidad_a_solicitar: 0
 Inventario_final_supuesto: 0

MesDato	idmedicamento	Valor_Proyectado	Coeficiente_Variación	PRO_ajustado	Cantidad_fija_(Q)	Inventario_disponible	Comprar	Cantidad_a_solicitar
1	144	0	0,75	1	0	0	☒	0
2	144	2	0,75	1	0	0	☒	0
3	144	2	0,75	1	0	0	☒	0
4	144	3	0,75	1	0	0	☒	0
5	144	2	0,75	1	0	0	☒	0
6	144	3	0,75	1	0	0	☒	0
7	144	1	0,75	1	0	0	☒	0
8	144	4	0,75	1	0	0	☒	0
9	144	1	0,75	1	0	0	☒	0
10	144	4	0,75	1	0	0	☒	0
11	144	2	0,75	1	0	0	☒	0
12	144	3	0,75	1	0	0	☒	0
0	0	0	0,75	0	0	0	☐	0

Figura 37: Formulario Planificación. Base de datos Access.

Fuente: Elaboración propia

9.4 Formulario Demanda unitaria

En este formulario se puede visualizar y modificar la demanda de algún medicamento en particular, en la parte inferior de la pantalla se visualizan los datos de año, mes, id, parámetros, demanda e id estado, estos se pueden filtrar según sea requerido. La información sobre la demanda puede ser modificada o ingresada desde este formulario y los cambios se guardan en la tabla Demanda HF.

Demanda Unitaria martes, 2 de enero de 2024
19:45:43

añoDato: 2017
 MesDato: 1
 idmedicamento: 158
 Parámetros: 1
 Demanda: 2
 IdEstado: 1

añoDato	MesDato	idmedicamento	Parámetros	Demanda	IdEstado
2017	1	144	1	0	1
2017	1	145	1	120	1
2017	1	146	1	1470	1
2017	1	147	1	0	1
2017	1	148	1	0	1
2017	1	149	1	188	1
2017	1	150	1	222	1
2017	1	151	1	217	1
2017	1	152	1	90	1
2017	1	153	1	4370	1
2017	1	154	1	784	1

Figura 38: Formulario demanda unitaria. Base de datos Access.

Fuente: Elaboración propia

9.5 Formulario para importar archivo de demanda

Como se observa en la Figura 39. En este formulario se encuentra un botón que sirve para cargar un archivo en formato .XLSX, este archivo debe contener las demandas históricas de los medicamentos en el formato año, mes, idmedicamento, nombre medicamento, parámetro, demanda y costo unitario del medicamento. Como se visualiza en la Figura 40. Una vez cargado se guarda en la tabla demanda histórica y se actualiza la tabla DemandaHF con la información correspondiente al apretar el botón “update Demanda” del formulario Cálculo Demand

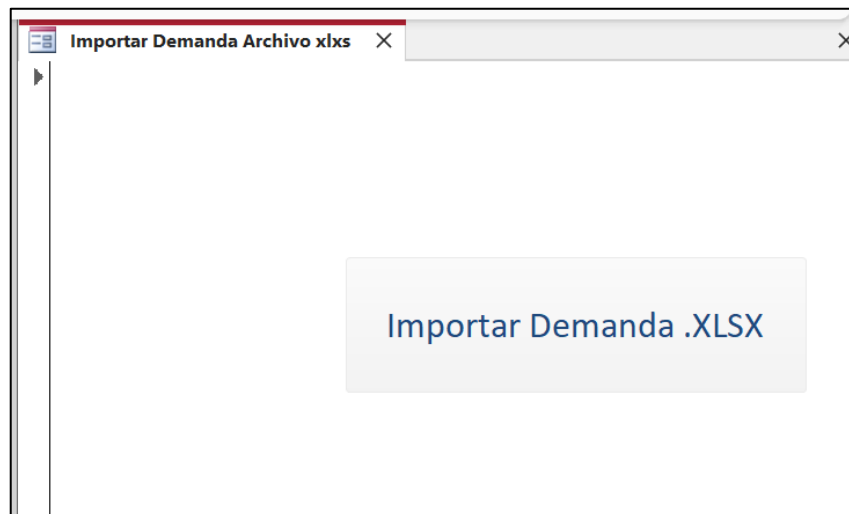


Figura 39: Formulario importar demanda de archivo. Base de datos Access

Fuente: Elaboración propia

	A	B	C	D	E	F	G
	AÑO	MES	IDMEDICAMENTO	NOMBRE MEDICAMENTO	PARAMETRC	DEMANDA	COSTOUNITARIO
1							
2	2017	1	144		1	0 \$	1.880
3	2017	1	145		1	120 \$	440
4	2017	1	146		1	1470 \$	41
5	2017	1	147		1	0 \$	2.490
6	2017	1	148		1	0 \$	2.596
7	2017	1	149		1	188 \$	1
8	2017	1	150		1	222 \$	1.200
9	2017	1	151		1	217 \$	850
10	2017	1	152		1	90 \$	356
11	2017	1	153		1	4370 \$	18
12	2017	1	154		1	784 \$	33
13	2017	1	155		1	14 \$	4.100
14	2017	1	156		1	15 \$	15
15	2017	1	157		1	9 \$	80
16	2017	1	158		1	2 \$	1

Figura 40: Archivo tipo de ingreso demanda.

Fuente: Elaboración propia

9.6 Formulario Cálculo Demanda

En este formulario, como se visualiza en la Figura 41 existen 3 botones, el primero “Update Demanda” sirve para realizar la actualización del archivo importado con las demandas históricas, esta información se guarda en la tabla DemandaHF. El segundo botón “Calcular Pronóstico” sirve para correr el código de Python que contiene el modelo estadístico para calcular el pronóstico de demanda, al presionarlo se actualizan y guardan los datos en la tabla DemandaHF. El tercer botón es para “Actualizar Consultas”, al presionarlo se calculan en la base de datos todos los campos restantes del modelo EOQ para poder conocer la cantidad óptima y el punto de reorden.

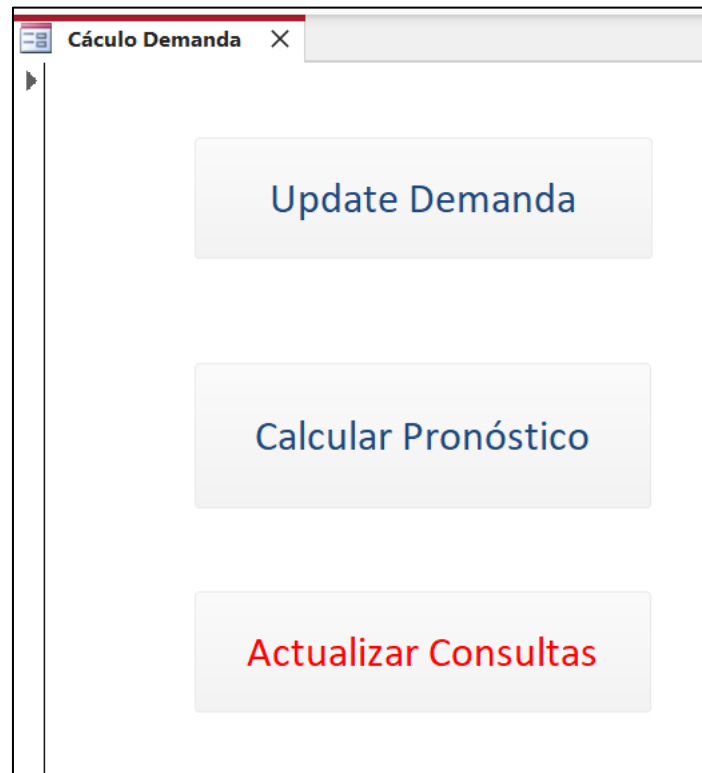


Figura 41: Formulario Cálculo demanda. Base de datos Access

Fuente: Elaboración propia

9.7 Proceso de Planificación de pedidos

Para realizar una planificación de pedidos de medicamentos, se debe seguir el siguiente procedimiento. Primero se debe verificar si el medicamento a ingresar existe en la base de datos, para esto se busca en el formulario “Medicamentos”, si este no existe, entonces se debe crear en el mismo formulario y luego importar el archivo en el formulario “Importar Demanda archivo”.

Si el medicamento existe, entonces se debe importar el archivo directamente en el formulario “Importar Demanda archivo”, este copiará la información del Excel a la base de datos Access, específicamente a la tabla “costo unitario”. Una vez la información esté en esta tabla, se debe ir al formulario “Cálculo demanda”, donde se presiona el botón “update demanda” este copiará la información desde la tabla “costo unitario” a la tabla “Demanda HF” en las columnas que corresponda, actualizando así la información sobre la demanda histórica. Luego de esto, en el formulario “Cálculo demanda” se debe presionar el botón “Calcular pronóstico”, lo que realizará esto será utilizar los códigos de Python y realizar la proyección de la demanda de los siguientes 12 periodos, insertando los resultados en la tabla “Demanda HF”.

Después, en el formulario “Cálculo demanda”, se debe presionar el botón, “Actualizar Consultas”. Lo que hará este, será actualizar las consultas de los datos e insertar en la tabla “Demanda HF” los datos calculados necesarios para obtener la información de la cantidad óptima a pedir (Q) y el punto de reorden ajustado (PRO).

Finalmente se debe verificar la información obtenida en el formulario “Planificación” en este se puede filtrar los medicamentos, mes y año que se deseen obtener para realizar el pedido, entre los datos que se obtienen está la cantidad fija a pedir, el punto de reorden y los meses en donde se deben realizar los pedidos. Así se descarga la información y finaliza el proceso.

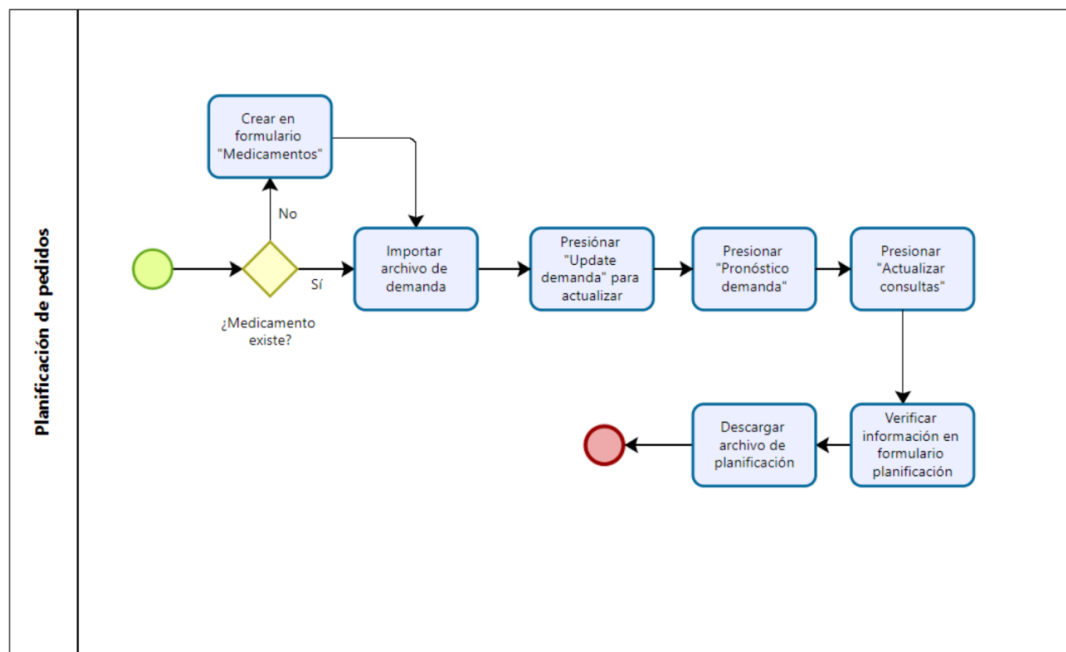


Figura 42: Mapa de proceso “Planificación de pedido”

Fuente: Elaboración propia.

10 | Análisis económico

En este capítulo se busca realizar un análisis considerando la comparación del ahorro en las compras al utilizar el modelo EOQ propuesto, para esto se muestran los resultados simulados por Juan Parra, en contraste con el costo de realizar la aplicación a medida.

10.1 Resultados anteriores del modelo

En la investigación de Juan Parra se realiza una comparación entre el escenario real y el escenario simulado con el modelo. Los resultados obtenidos muestran que los gastos de compra de medicamentos se redujeron un 26.28% en comparación con el escenario real, equivalente a \$39.122.053 Para esta comparación se utilizaron 47 medicamentos, quienes cuentan con la información de la demanda entre los años 2017 y 2018, generando el pronóstico de la demanda para el año 2019. La diferencia se debe a que con la aplicación del modelo de EOQ se reducen las compras realizadas en un 17,14%. La Figura 43 muestra la comparación entre los costos mensuales de las compras de medicamentos.

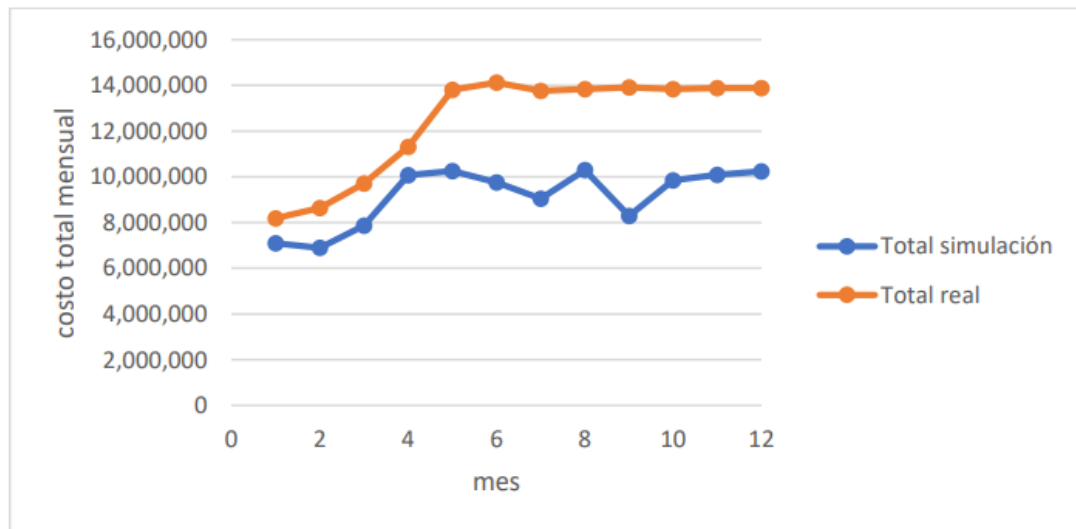


Figura 43: Comparación entre costos mensuales de las compras de medicamentos

Fuente: Parra Agurto, J. I. (2022). EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE INVENTARIO DEL CESFAM SALVADOR BUSTOS.

10.2 Costo de desarrollar aplicación a medida

Para estimar el costo del desarrollo de un software de proyección de demanda y modelo EOQ que cubra las necesidades del Cesfam Salvador Bustos, se utiliza el método de puntos de función. Este busca expresar el valor de la funcionalidad del negocio que un sistema ofrece a un usuario, entrega una idea de la funcionalidad, el tamaño de esta y el presupuesto necesario. (Busquell, 2010)

Para esto se realiza una categorización de funciones por tipo de puntos de función, estas se dividen en las siguientes tres categorías principales:

1. **Entradas Externas (EE):** Son las entradas de datos que ingresan al sistema para su procesamiento. Estas podrían ser formularios, datos que se cargan desde archivos, etc. Tienden a requerir más tiempo, ya que implican validar, procesar y almacenar datos ingresados por el usuario.
2. **Salidas Externas (SE):** Representan la información que el sistema muestra al usuario o a otros sistemas. Ejemplos incluyen reportes, pantallas, etc. Pueden requerir tiempo para diseñar y presentar los datos requeridos en formatos específicos.
3. **Consultas Externas (CE):** Son las solicitudes de información o procesamiento de datos que no actualizan la base de datos. Por ejemplo, búsquedas que muestran información, pero no la modifican. Suelen ser menos complejas, ya que involucran principalmente la recuperación de datos sin modificar la base de datos.

Junto con esta categorización el método de Puntos de Función considera 5 categorías de complejidad: **baja, media, alta, baja-alta y alta-baja.**

Para el caso del desarrollo de Software de gestión de inventario para el Cesfam Salvador Bustos, la clasificación es la siguiente:

1. **Creación de interfaz de usuario para la visualización de información**
 - Estudio y elección de interfaz de usuario: Baja
 - Creación de tablas, campos y relaciones del modelo: Alta - EE
 - Agregar funcionalidad para ingresar, editar y eliminar información de medicamentos: Alta - EE
2. **Desarrollo de códigos para obtener proyección de demanda**
 - Agregar funcionalidad de ingresar datos de demanda histórica de medicamento: Media – EE

- Modificación y desarrollo de código para cálculo de proyección de demanda: Alta - CE
- Creación de interfaz para visualizar resultados de proyección de medicamentos: Media – SE

5. Implementación de modelo EOQ para obtener cantidad óptima y punto de reorden

- Agregar funcionalidad para editar parámetros del modelo: Baja - EE
- Homologación de modelo Excel para cálculo de punto de reorden y cantidad óptima: Alta - CE
- Agregar funcionalidad para ingresar stock inicial (EE) y realizar planificación de medicamento: Alta - SE

6. Desarrollo de informes descargables con la información requerida

- Crear formulario para filtrar información requerida: Media - SE
- Implementar funcionalidad para desarrollar informes descargables: Alta – SE

Categorización de complejidad

Según la clasificación anterior, la puntuación asignada según la complejidad:

- **Baja:** 2 tareas
- **Media:** 3 tareas
- **Alta:** 6 tareas
- **Baja- Alta:** 0 tareas
- **Alta- Baja:** 0 tareas

Siguiendo la fórmula para la estimación de los puntos de función, se asignan valores a cada categoría de complejidad y se multiplica por la cantidad de tareas con esta complejidad, obteniendo:

- **Baja:** $2 * 3 = 6$ PF
- **Media:** $3 * 4 = 12$ PF
- **Alta:** $6 * 6 = 36$ PF
- **Baja- Alta:** $0 * 5 = 0$ PF
- **Alta- Baja:** $0 * 5 = 0$ PF

Total de puntos de función: 6 (Baja) + 12 (Media) + 36 (Alta) = 54 PF

Una forma de traducir los PF a horas de trabajo es utilizando una productividad promedio por punto de función. Según estándares del IFPUG y otras organizaciones, se estima que un PF

equivale a un rango de 3 a 5 horas de trabajo. En este caso utilizaremos el promedio es decir cada PF se traduce como 4 horas de trabajo.

Horas de trabajo software: $54 \text{ PF} * 4 = 216 \text{ [h]}$

Según el sitio de empleos LinkedIn, el coste de una hora de trabajo de un programador es entre 35 y 70 dolares. En el caso de este trabajo se considera el promedio entre estos valores, es decir 53 dólares la hora de programador. (YeePLY, s. f.)

Costo aproximado de desarrollo de software:

$$216 \text{ [h]} * 53 \text{ [USD/h]} = \$11.340 \text{ [USD]}$$

Es decir actualmente (fecha 29-12-2023) = \$9.923.180 [CLP]

Para esta estimación se consideran reuniones de mutuo acuerdo, la toma de requerimiento detallado, el aprendizaje del negocio, el armado de la base de datos con el modelo relacional, la creación de las tablas y formularios en la aplicación, la creación de los códigos de programación, el ingreso de las bases de datos y las pruebas de funcionamiento.

10.3 Indicadores económicos

Se considera que el ahorro obtenido a partir de este software para los 47 medicamentos estudiados es de \$39.122.053 en un periodo de 1 año, también se considera que este ahorro alcanzará el 70% de efectividad, dado que pueden cometerse otros errores asociados a la gestión del inventario, obteniendo un ahorro estimado de \$27.385.437 este será el flujo de efectivos. En cuanto a la inversión se considera el costo de la aplicación evaluado en \$9.923.180 visto con el método puntos de función. Finalmente, para la Tasa de descuento se utiliza un 10%, que corresponde a la tasa interna de retorno promedio ofrecida por el Banco Central de Chile, **esta tasa es utilizada para los proyectos sociales que tienen como finalidad maximizar el bienestar de la población.** Con esta información se calcula el VAN y el TIR del proyecto de software:

VAN: \$14.972.672

TIR: 50,52%

Dado que la TIR es mayor a la tasa interna de retorno, y el VAN es mayor a 0. Entonces se recomienda realizar este proyecto.

10.4 Análisis

Para determinar si conviene o no desarrollar una aplicación a medida para la gestión de inventario, se deben considerar las ventajas y desventajas. Como se muestra en la siguiente tabla:

Ventajas	Desventajas
Reducción de gastos: en el escenario simulado, existe una disminución significativa de los gastos, un 26.28% en total. Tomando sólo los 47 medicamentos, esta disminución equivale a \$39.122.053, esto podría significar un ahorro importante a largo plazo.	Costo inicial de aplicación: el costo del software a medida es de \$9.923.180, lo que representa una gran inversión.
Optimización en compras: con la aplicación se reducen las compras en un 17.14%, esto indica una mejora en la gestión de inventario, una menor utilización de recursos humanos y una potencial disminución de costos asociados a almacenamiento y vencimiento de medicamentos.	Implementación: la implementación de un software conlleva la adaptación por parte del personal, esto puede requerir tiempo y recursos adicionales. La curva de aprendizaje puede ser pronunciada.

Figura 44: Tabla comparativa ventajas y desventajas de software a medida

Fuente: Elaboración propia

Al observar las ventajas y desventajas se puede destacar que la reducción de costos por la utilización de software es un ahorro considerable en comparación con el costo del software a medida. El ahorro se calcula sólo con 47 medicamentos, pero la aplicación podría albergar la mayoría o todos los medicamentos que llegan a sumar más de 500, por lo que, en una proyección a largo plazo, se generaría un retorno positivo dada la reducción de los costos de las

compras. Si bien es importante realizar una evaluación adicional como el tiempo de implementación y la capacitación del personal, la inversión se recomienda, dado que se tiene un VAN positivo y una TIR mayor a la tasa interna de retorno, destacándose por una parte el beneficio económico de esta, así como también la disminución de horas de trabajo en pedidos y de los quiebres de stock, brindándole un servicio de mayor calidad a los usuarios y pacientes.

11| Conclusiones

Este proyecto se centra en la gestión de inventario de la farmacia del CESFAM Salvador Bustos ubicado en Ñuñoa. Se construye en conjunto con el Jefe de Farmacia del establecimiento, así como con el aporte de las tesis de Michell Orleans y Juan Parra, quienes trabajaron previamente tanto en la profundización de los distintos procesos del complejo Salvador Bustos como en la propuesta del modelo de cantidad fija EOQ, en el que se basa este trabajo.

El prototipo de aplicación desarrollado logra realizar un aporte en la gestión de inventarios de la farmacia del CESFAM Salvador Bustos. La conexión de los códigos y la integración de diferentes tecnologías, como Python y el modelo original en Excel a la plataforma, permiten obtener resultados precisos y confiables. Esta integración facilita la manipulación y entrega de información para los usuarios, realizando todo a través de la plataforma de Access, evitando la necesidad de utilizar múltiples softwares. Entre los beneficios se puede mencionar el aporte a una gestión más fluida en los procesos de Abastecimiento, particularmente en las tareas de “Estimar la demanda próxima” y “Generar listado de medicamentos a comprar”. Gracias a la automatización de la proyección de demanda y el cálculo de las cantidades a pedir, se disminuyen los tiempos de trabajos tanto del Jefe de farmacia, como de los TENS involucrados en estas tareas, también disminuyen los errores que tienen como consecuencia los quiebres de stock, la mala utilización de espacios y los vencimientos por sobre stock. Por otra parte, hay una significativa disminución de los costos en medicamentos, ya que se realizan menos pedidos y en menores cantidades, aportando en este caso con los principios de la gestión pública relacionados con un comportamiento eficiente y económico de la administración de los recursos.

Para un correcto funcionamiento del prototipo, es necesario contar con los datos históricos precisos de las demandas, para esto se debe tener un especial cuidado con la calidad y consistencia de los datos entregados, entre otras cosas se debe lograr una estandarización de los nombres ingresados, además de generar un ingreso periódico y regular de los datos que permita realizar las consultas, obteniendo resultados actualizados en los tiempos esperados. Se recomienda realizar una revisión e implementar procesos y procedimientos que garanticen la calidad de los datos ingresados.

Si bien este prototipo de aplicación inicialmente utiliza los datos históricos de 47 medicamentos estudiados con anterioridad, tiene la posibilidad de añadir los que sean requeridos. Al considerar las limitaciones del prototipo por la aplicación de base de datos utilizada, que van desde límites de capacidad hasta problemas con la seguridad de los datos, nace la pregunta de si se recomendaría la inversión en una aplicación como esta, de automatización de proyección de demanda y de cálculo de pedidos para el CESFAM. Ante esto se realiza un estudio económico comparando el costo de realizar una aplicación a medida con el beneficio económico que trae la utilización de este. En cuanto a los costos de realizar una aplicación a medida, según lo estimado por el método de puntos de función, estos serían de \$9.923.180 y se estima que el ahorro de costos que significan los 47 medicamentos en la aplicación durante un año es de \$27.385.437. Al realizar los cálculos de los indicadores financieros se obtienen los resultados de un VAN de \$14.972.672 y una TIR de 50,52%. Dado que el valor actual neto es positivo y la TIR es mayor a la tasa de retorno utilizada (10%), se recomienda en términos económicos la inversión en esta aplicación, recuperando en un solo periodo lo invertido.

El alcance de esta aplicación puede ir más allá de sólo el CESFAM Salvador Bustos, sin ir más lejos, dentro de la misma comuna, y en dependencia de la misma institución, la Corporación Municipal de Ñuñoa, se encuentran las farmacias populares y los demás establecimientos de salud de atención primaria de la comuna. En estos puede ser implementada la aplicación, realizando algunos ajustes en los valores de los parámetros, adecuándolos a la realidad de los costos de cada farmacia. Además, en la comuna existe un proyecto de Bodega Central, ésta tiene como objetivo ser el centro de acopio tanto de los CESFAM como de las farmacias populares, en esta bodega se podrían centralizar los procesos de estimar la demanda próxima y generar los pedidos de los medicamentos, disminuyendo así la cantidad de tiempo de trabajo y los costos de los establecimientos, específicamente en los procesos de abastecimiento y recepción de pedidos.

12 | Referencias

1. B. Chase, R., & Robert Jacobs, F. (2012). *Administración de operaciones*. <https://ucreeanop.com/wp-content/uploads/2020/08/Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.pdf>
2. Becerril-Montekio, V., & de Dios Reyes, J. (2010). Sistema de salud de Chile. *Scielo*. <https://www.scielo.org/pdf/spm/2011.v53suppl2/s132-s142/es>
3. Centro de Epidemiología y Políticas de Salud & Facultad de Medicina Clínica Alemana - Universidad del Desarrollo. (2017). *ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SALUD CHILENO*. <https://medicina.udd.cl/centro-epidemiologia-politicas-salud/files/2019/12/ESTRUCTURA-Y-FUNCIONAMIENTO-DE-SALUD-2019.pdf>
4. Corporación Municipal de Ñuñoa. (2019). *Memoria CMDS*. <http://www.cmdsnunua.cl/wp-content/uploads/2021/05/MEMORIA%202019.pdf>
5. H. Ballou, R. (2004). *Logística, administración de la cadena de suministro*. https://laclasseotblog.files.wordpress.com/2018/05/logistica_administracion_de_la_cadena_de_suministro_5ta_edicion_-_ronald_h-_ballou.pdf
6. MINISTERIO DE HACIENDA DIRECCIÓN DE PRESUPUESTOS. (2020). *LEY DE PRESUPUESTOS DEL SECTOR PÚBLICO AÑO 2022*. https://www.dipres.gob.cl/597/articles-266626_doc_pdf.pdf
7. Navarro, A., Fernandez, J. D., & Vélez, J. (2013). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software. *Universidad Autónoma del Caribe Colombia*. <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250736004.pdf>
8. Parra Agurto, J. I. (2022). *EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE INVENTARIO DEL CESFAM SALVADOR BUSTOS*.
9. PIZARRO SAAVEDRA, C. A. (2022). *ANÁLISIS Y DESARROLLO DE APLICACIÓN PARA VENDEDORES DE EMPRESA COMERCIALIZADORA DE FERTILIZANTES*.
10. Relph, G. (2016). *Inventory Management: Advanced Methods for Managing Inventory within Business Systems*. Industrial Press, Inc.
11. Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide*. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100>

-
12. Sistema de salud de Chile. (2010, 2 noviembre). *scielo*.
<https://www.scielosp.org/pdf/spm/2011.v53suppl2/s132-s142/es>
 13. SOTO GONZÁLEZ, N. I. (2009b). *LINEAMIENTO BASE PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIO DE MEDICAMENTOS E INSUMOS A PARTIR DE LA EVALUACIÓN COMPARATIVA DE SISTEMAS DE SALUD PÚBLICO Y PRIVADO DE PUERTO MONTT*.
 14. Superintendencia de salud. (2004). REGLAMENTO ORGANICO DE LOS SERVICIOS DE SALUD. En *Superintendencia de salud*.
https://www.supersalud.gob.cl/observatorio/671/articles-4812_recurso_1.pdf
 15. *Product Backlog y Sprint Backlog*. (s. f.). donetonic. <https://donetonic.com/es/product-backlog-y-sprint-backlog/>
 16. ROCHA C, R. (2017). *EL MODELO ENTIDAD-RELACIÓN*.
<https://www.medellin.unal.edu.co/~fjmoreno/bd1/ModeloERRochav8.pdf>
 17. Araneda, P. (2022, 18 octubre). *Base de datos*.
<https://bookdown.org/paranedagarcia/database/>
 18. Garimella, K. et al (s.f). Bpm (gerencia de procesos de negocio) tomado del libro bpm. Academia, (pp. 1–40). 3.8
 19. Pepper, S (2011). Definición de gestión por procesos. Medwave, Revista Biomédica Revisada Por Pares, 11(5). 3.8
 20. Busquella, J. E. (2010). Análisis de Puntos de Función. *Fundación Universitaria Luis Amigó*. <https://www.redalyc.org/pdf/6139/613965343011.pdf>
 21. YeePLY. (s. f.). Precio/Hora Programador: ¿Cuánto Cobra un Desarrollador de Software? *Linkedin*. <https://www.linkedin.com/pulse/preciohora-programador-cu%C3%A1nto-cobra-un-desarrollador-de-software-1e/?originalSubdomain=es>
 22. Yarza, B. (2020). Gestión de fármacos en las instituciones de salud del Estado. En *Fundación Observatorio Fiscal*. <https://observatoriofiscal.cl/archivos/documento/20200812205130219.pdf>

A | Anexos

A.1 Códigos de programación Python para la proyección de la demanda.

```
import pyodbc
import statsmodels
import pandas as pd
import math
from statsmodels.tsa.api import ExponentialSmoothing, SimpleExpSmoothing, Holt

conexion = pyodbc.connect(r'Driver={Microsoft Access Driver (*.mdb,
*.accdb)};DBQ=D:\DanielaParada\Database6.accdb;')

year0 = 2017
year1 = 2018
yearDemanda = year1 + 1
IdEstado = '2'
Parametro = '1'

cursor = conexion.cursor()
query = "select añodato, mesdato, idmedicamento, demanda from DemandaHF where añodato in ("
+ str(year0)+ "," + str(year1) + ") \
group by añodato, mesdato, idmedicamento, demanda"
query01 = "select idmedicamento from DemandaHF where añodato in (" + str(year0)+ "," +
str(year1) + ") group by idmedicamento"

#calcular la demanda anual por fármaco para hacer un Update luego de calcular la demanda
query02 = "select idmedicamento, avg(demanda), stdev(demanda), stdev(demanda)/avg(demanda)
from DemandaHF where añodato in (" + str(year0)+ "," + str(year1) + ") group by idmedicamento"
cursor.execute(query02)
listaStataMedicamentos = cursor.fetchall()

#for lsm in range(0,len(listaStataMedicamentos)):
#    print(listaStataMedicamentos[lsm][0], listaStataMedicamentos[lsm][1],
listaStataMedicamentos[lsm][2],listaStataMedicamentos[lsm][3])
```

```

cursor.execute(query)
records = cursor.fetchall() #Genera una lista de tuplas

cursor.execute(query01)
farmacos = cursor.fetchall()

for f in farmacos :
    lista = []
    for r in records:
        if f[0] == r[2]:
            lista.append(r[3])

    mod = ExponentialSmoothing(lista, trend='add', seasonal='add',
seasonal_periods=12).fit(optimized=True)
    valor = mod.fittedvalues
    prediccion = mod.forecast(12) #prediccion es una lista de las estimaciones

    #print(f[0], " ", prediccion)
    for mes in range(len(prediccion)):
        pred = abs(math.ceil(prediccion[mes]))
        #print(year1 +1, (mes + 1), f[0], pred)
        sq1 = 'Insert into DemandaHF
(añodato,mesdato,idmedicamento,Valor_Proyectado,IdEstado,Parametros)'
        sq2 = 'VALUES (' + str(yearDemanda) + ',' + str(mes + 1) + ',' + str(f[0]) + ',' + str(pred) + ',' +
IdEstado + ',' + Parametro + ')'
        sql = sq1 + sq2
        #print(sql)
        cursor.execute(sql)
conexion.commit()

#print("Listo!!")

for f in farmacos:
    for lsm in range(0,len(listaStataMedicamentos)):
        if f[0] == listaStataMedicamentos[lsm][0]:

```

```
sql = "UPDATE DemandaHF SET Media_24periodos = " +  
str(listaStataMedicamentos[lsm][1]) + "," + \  
"Desviacion_24periodos =" + str(listaStataMedicamentos[lsm][2]) + " " \  
"WHERE añoDato = " + str(yearDemanda) + " and idmedicamento = " + str(f[0])  
#print(sql)  
cursor.execute(sql)  
conexion.commit()
```

