

Universidad de Concepción
Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación

**Recomendaciones de desprescripción según carga anticolinérgica de
medicamentos**

Aníbal Estefano Ibaceta Cuéllar

Memoria presentada para la obtención del título de Ingeniero Civil Informático

Profesor Patrocinante: Gonzalo Rojas Durán

Agosto de 2024

Resumen

Los efectos anticolinérgicos son causados por fármacos que bloquean la acción de la acetilcolina, un neurotransmisor esencial en el sistema nervioso. La acetilcolina es una sustancia química en el cuerpo que actúa como un mensajero (neurotransmisor) entre las células nerviosas.

La carga anticolinérgica de los pacientes se define como la suma de los efectos anticolinérgicos de todos los medicamentos que una persona está tomando. Esta es un factor de gran importancia en la salud de los pacientes y en su calidad de vida, volviéndose más y más relevante a medida que aumenta su edad y requiriendo de un monitoreo constante para evitar sus efectos adversos. Debido a esto, es importante para el personal médico tener un registro claro de cómo evoluciona la carga anticolinérgica a través del tiempo. El cálculo de esta y la monitorización para ver su comportamiento a través del tiempo no es una tarea sencilla y requiere del conocimiento de cada médico de las distintas escalas que pueden ser usadas, así como de que los médicos a cargo almacenen un registro de la evolución de la carga anticolinérgica en el tiempo.

Con el objetivo de proveer al personal médico con un registro verídico y organizado al personal médico y ayudarle a tomar las mejores decisiones para asegurar el bienestar del paciente, se plantea la alternativa de proveer una herramienta digital que permita al personal médico visualizar de forma ordenada la carga anticolinérgica actual del paciente y su evolución a través del tiempo, calculado mediante el acceso a través de la red al sistema de ficha clínica ya existente.

Esta memoria se enfoca en proveer una alternativa de solución integrada a una arquitectura preexistente desarrollada en el marco del proyecto FONDEF IT21I0097 'Seguimiento remoto e integración interoperable a ficha clínica de la adherencia a tratamiento antihipertensivo de personas mayores', la cual se identifica como AFAM 2.0, acrónimo de Adherencia Farmacológica en Adultos Mayores, dicha solución está compuesta primero por una calculadora de carga anticolinérgica, segundo por un dashboard de monitorización de carga anticolinérgica y tercero por una alternativa para proveer una advertencia de aumento de carga anticolinérgica al momento de prescribir medicamentos, que está a su vez integrada en el prototipo de ficha clínica ya existente.

La usabilidad del dashboard de monitorización de carga anticolinérgica fue probado usando el cuestionario de usabilidad SUS ("System Usability Scale"). Éste es un método ampliamente conocido y utilizado para la evaluación de usabilidad de interfaces de usuario.

Índice

Resumen.....	2
Índice.....	3
1. Introducción.....	5
1.1. Solución propuesta y alcances.....	6
1.1.1. Solución Propuesta.....	6
1.1.2. Alcances.....	6
1.2. Objetivo General.....	7
1.3. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Metodología.....	8
1.5. Estructura del informe.....	8
2. Marco Teórico.....	10
2.1 Carga anticolinérgica y la importancia de esta en la salud y bienestar de las personas.....	10
2.1.1 Escalas de carga anticolinérgica.....	11
2.1.1.1 Anticholinergic Risk Scale o ARS [14].....	12
2.1.1.2 Anticholinergic Cognitive Burden Scale o ACB [12].....	13
2.2 Cuestionario de Usabilidad (SUS).....	14
2.3 Estándar FHIR.....	16
2.4 Trabajos Relacionados.....	16
3. Descripción de la Solución.....	19
3.1 Usuarios.....	19
3.2 Requisitos Funcionales.....	19
3.3 Requisitos no Funcionales.....	19
3.4 Endpoints.....	20
3.4.1 Endpoint de Calculadora de Carga Anticolinérgica.....	20
3.4.1.1 Método y Ruta.....	21
3.4.1.2 Cabecera o Header.....	21
3.4.1.3 Petición.....	21
3.4.1.4 Respuesta.....	22
3.4.1.5 Ejemplo.....	23
3.4.2 Endpoint de Datos para Dashboard de Monitorización de Carga Anticolinérgica de Pacientes.....	24
3.4.2.1 Método y Ruta.....	24
3.4.2.2 Cabecera o Header.....	24
3.4.2.3 Petición.....	25
3.4.2.4 Respuesta.....	25
3.4.2.5 Ejemplo.....	25
3.4.3 Endpoint de Datos para Calcular Carga Anticolinérgica Hipotética en Caso de Posibles Prescripciones.....	26

3.4.3.1 Método y Ruta.....	27
3.4.3.2 Cabecera o Header.....	27
3.4.3.3 Petición.....	27
3.4.3.4 Respuesta.....	28
3.4.3.5 Ejemplo.....	29
3.4.4 API FHIR Wrapper & Proveedor de rutinas:.....	29
3.5 Mockups y Diseño de los Componentes Gráficos.....	31
3.5.1 Primera iteración del prototipo del dashboard.....	32
3.5.1.1 Sección de información básica del usuario.....	32
3.5.1.2 Sección de carga anticolinérgica actual.....	33
3.5.1.3 Sección de monitorización de la carga anticolinérgica sobre el tiempo.....	33
3.5.1.4 Sección de historial de prescripciones del paciente.....	34
3.5.2 Desarrollo incremental del prototipo.....	34
3.5.2.1 Modificación de sección de información básica del usuario.....	34
3.5.2.2 Lista desplegable para seleccionar escala de carga anticolinérgica.....	35
3.5.2.3 Gráfico de monitorización de carga anticolinérgica sobre el tiempo.....	35
3.5.2.4 Preview de medicamentos prescritos y carga total en el gráfico.....	36
3.5.2.5 Clarificación de fecha seleccionada en sección de historial de prescripciones.	36
3.5.2.6 Selección de fechas disponibles en el historial de prescripciones.....	37
3.5.3 Sistema de Alerta en Caso de Incremento en la Carga Anticolinérgica Total de los Pacientes.....	37
4. Implementación de la Solución.....	38
4.1 Arquitectura de Software.....	39
4.2 Modelo de Datos.....	40
4.3 Herramientas.....	41
4.4 Presentación del Prototipo.....	42
4.5 Elementos y Detalles del Prototipo.....	44
5. Evaluación de la Solución.....	46
5.1 Formulario de usabilidad SUS.....	46
5.1.1 Resultados del Formulario SUS.....	48
5.2 Seguridad.....	48
5.3 Trabajo Futuro.....	49
Incorporación de retroalimentación y comentarios.....	49
Implementación de más escalas para la calculadora.....	49
Desarrollo de guías de desprescripción para medicamentos.....	49
6. Conclusiones.....	50
7. Referencias.....	51
8. Anexos.....	54
8.1 Endpoints.....	54

1. Introducción

El sistema colinérgico es una parte del sistema nervioso que utiliza acetilcolina (ACh) como su principal neurotransmisor [35], este tiene un papel importante en la memoria, el control del ritmo cardíaco, la presión arterial, la digestión y los movimientos involuntarios, entre otros. Los medicamentos con actividad anticolinérgica bloquean el efecto de la acetilcolina, tanto a nivel del sistema nervioso central como del periférico (INFAC, 2019).

Los fármacos con actividad anticolinérgica se prescriben para una gran variedad de situaciones clínicas, como la incontinencia urinaria, la enfermedad de Parkinson, la depresión, el manejo de náuseas y vómitos, los trastornos psicóticos o las alergias. Algunos de estos fármacos, como los utilizados en la incontinencia urinaria, se emplean específicamente por su efecto anticolinérgico, pero en otros su actividad anticolinérgica no está relacionada con la acción terapéutica principal, como los antidepresivos o los opioides, y sus efectos anticolinérgicos pueden pasar más desapercibidos.

A pesar de la evidencia conocida y creciente acerca de los efectos adversos de los fármacos anticolinérgicos en ancianos y de las recomendaciones para reducir su prescripción inadecuada, la exposición de personas mayores a estos fármacos es elevada y se relaciona con el envejecimiento de la población, la polimedicación, con ser mujer y vivir en un centro sociosanitario.

La “carga anticolinérgica” (o “carga antimuscarínica”) se define como el efecto acumulativo de tomar uno o más medicamentos con capacidad para desarrollar efectos adversos anticolinérgicos (Robert et al, 2018). Dos factores influyen en la carga global: la potencia anticolinérgica de cada medicamento y la dosis usada.

El aumento del deterioro de la salud mental de las personas mayores incrementa el número de medicamentos prescritos y, por ende, sus interacciones y efectos adversos[8][9]. La postergación de este problema acarrea el riesgo de mantener una polifarmacia (término usado para describir el uso simultáneo de múltiples medicamentos por parte de los pacientes para tratar las múltiples condiciones que padecen [34]), aumentar la automedicación y disminuir el nivel de adherencia a tratamiento por los efectos adversos e interacciones, aumentando las complicaciones de sus patologías y el gasto en salud.

Ante este desafío, esta memoria de título se desarrolla a partir de la hipótesis de que la implantación de un sistema software de farmacovigilancia, basado en el cálculo de carga anticolinérgica y propuesta de desprescripción, disminuye el riesgo de sintomatología neuropsiquiátrica y aumenta la seguridad de las personas mayores con polifarmacia.

Se propone el desarrollo de un sistema software que apoye el proceso de recolección, análisis y visualización de datos que caracterizan la carga anticolinérgica de las personas mayores. Para lograr este objetivo, el sistema proveerá las siguientes prestaciones:

1. Permitir al equipo clínico y a los propios pacientes el suministro de los datos correspondientes a los medicamentos prescritos.
2. Proveer al personal sanitario de un índice de carga anticolinérgica de cada paciente, una clasificación de riesgo y una propuesta de desprescripción, a partir de los datos que ha suministrado sobre los fármacos prescritos.
3. Proveer a los pacientes de información de su índice de carga anticolinérgica, clasificación de riesgo y alertas, en escenarios de automedicación.

Hasta nuestro conocimiento, no existe un sistema software que pueda llevar a cabo todos esos objetivos, es decir, el equipo clínico debe realizar una anamnesis¹ para conocer el número de medicamentos, realizar una revisión de las interacciones, calcular la carga anticolinérgica e idear una estrategia de desprescripción, sin alfabetizar en salud ni digitalmente a las personas mayores y/o a sus cuidadores.

1.1. Solución propuesta y alcances

1.1.1. Solución Propuesta

Con el objetivo de enfrentar el desafío que supone la monitorización de la carga anticolinérgica y la generación de propuestas de desinscripción, se propone la creación de una calculadora de carga anticolinérgica que estará incluida en una plataforma digital centrada en el usuario médico. Si bien es cierto que la arquitectura propuesta permite futuros desarrollos orientados a pacientes, la disponibilidad de esta información debe ser supervisada por profesionales de la salud, lo que excede el ámbito de este trabajo. Esta herramienta busca presentar información clara y precisa sobre la carga anticolinérgica individual de los pacientes y busca además presentar propuestas de desprescripción.

1.1.2. Alcances

1. Si bien es cierto que existen múltiples formas de tratar una enfermedad, este trabajo se centrará únicamente en el uso de medicamentos prescritos ingeridos por vía oral como parte del tratamiento para enfermedades, sin abordar otro tipo de terapias.
2. Se asume la existencia de un sistema de datos de salud que cumple con el estándar FHIR, el cual será la base sobre la cual este proyecto es desarrollado, se heredan por lo tanto todas las características presentes en el sistema (y las API previamente implementadas).
3. El alcance de este proyecto se centra en el desarrollo de un sistema de software que genere recomendaciones de desprescripción con una calculadora de carga

¹ Información aportada por el paciente y por otros testimonios para confeccionar un historial médico.

anticolinérgica integrada. El objetivo es diseñar y desarrollar una solución software que permita visualizar y gestionar la carga anticolinérgica de los pacientes del sistema y de los medicamentos prescritos a estos así como la gestión y administración de dichos medicamentos, presentando además propuestas de desprescripción para estos cuando corresponda pudiendo estas ser aceptadas o rechazadas por el médico.

4. En cuanto a la calculadora de carga anticolinérgica para este proyecto solo se considerarán dos escalas para su medición que corresponden a ARS (Anticholinergic Risk Scale) y ACB (Anticholinergic Cognitive Burden Scale).
5. Se asume que el código snomed² suministrado por los usuarios del sistema al momento de ingresar nuevos medicamentos está siempre correcto.

1.2. Objetivo General

Apoyar al personal médico en la gestión del tratamiento farmacológico de pacientes a partir de los datos de carga anticolinérgica del mismo, mediante el desarrollo de un sistema software de cálculo y visualización de carga anticolinérgica que incluye además sugerencias de desprescripción de medicamentos.

1.3. Objetivos Específicos

- Especificar una arquitectura de sistema de cálculo y visualización de la carga anticolinérgica, que considere como componente base un servidor de datos que cumpla con el estándar FHIR de interoperabilidad en salud.
- Levantar requerimientos de análisis y comunicación de datos, a partir de entrevistas con profesionales representativos del usuario final, de recopilación bibliográfica y de productos similares.
- Desarrollar una calculadora de carga anticolinérgica que sea capaz de calcular los índices “ACB” y “ARS”, a partir de la prescripción actual de los pacientes registrada en el servidor FHIR.
- Integrar el sistema de cálculo y visualización de carga anticolinérgica con un prototipo preexistente del sistema de prescripción de medicamentos.
- Integrar sugerencias de desprescripción para medicamentos de alta carga anticolinérgica al sistema de cálculo y visualización de carga anticolinérgica.

² Un código SNOMED es un identificador numérico único asignado a un término médico en el sistema de terminología SNOMED CT, utilizado para estandarizar la descripción y el intercambio de datos clínicos entre diferentes sistemas de información en salud.

- Evaluar integración, interoperabilidad y usabilidad del sistema desarrollado.

1.4. Metodología

Para el desarrollo de la plataforma de visualización, gestión y administración de la carga anticolinérgica de pacientes y medicamentos, se empleó un enfoque iterativo e incremental, el cual cuenta con reuniones bi-semanales, en un contexto de desarrollo de investigación unipersonal, que contó con las siguientes etapas:

1. **Etapla 1:** Investigación del estándar FHIR y estudio del sistema de administración de datos de salud ya existente.
2. **Etapla 2:** Recopilación de requisitos que se esperan de la plataforma por parte de los usuarios.
3. **Etapla 3:** Creación de mockups para obtener una visualización previa de la interfaz de la plataforma y mejorar estos mediante la obtención del feedback obtenido por la evaluación de estos por parte del profesor guía y equipo de trabajo del proyecto en el cual se enmarca esta memoria.
4. **Etapla 4:** Desarrollo de prototipos funcionales de la plataforma basados en los mockups.
5. **Etapla 5:** Evaluación de prototipos funcionales junto con los usuarios finales y mejoramiento de estos a partir de los datos obtenidos.

1.5. Estructura del informe

El presente informe se estructura en múltiples secciones y subsecciones, siendo la primera de estas secciones la introducción en la cual se aborda el tema a desarrollar en esta memoria de título. Inicialmente se detalla la solución propuesta, los alcances, el objetivo general, los objetivos específicos y la metodología usada durante el desarrollo de la memoria.

En el marco teórico, se describen conceptos claves como la carga anticolinérgica y su importancia en la salud de las personas, se abordan además las escalas de carga anticolinérgica las cuales proporcionan un sistema de puntaje para poder medir la carga anticolinérgica individual de cada paciente, también se establecen trabajos relacionados los cuales sirvieron como base para esta memoria.

La sección siguiente está dedicada a describir la solución propuesta, comenzando con una caracterización de los usuarios y sus necesidades, continuando con una descripción de todos los elementos contenidos en la solución, que incluye tanto los endpoints y el dashboard desarrollado, explicando no solo el diseño final de este último, sino que además abordando el porqué de cada elemento.

Posteriormente, se describe la arquitectura del proyecto completo incluyendo la solución desarrollada en esta memoria, también se detalla el modelado de datos del proyecto y se culmina con la presentación final de la solución acompañada de una explicación de los elementos gráficos que no fueron abordados en la sección anterior.

Luego, se exponen los resultados obtenidos a partir de la realización del formulario de usabilidad SUS por parte de los usuarios del proyecto los cuales forman parte de un equipo interdisciplinario de profesionales, posteriormente, se aborda de forma breve la seguridad de la solución propuesta y se finaliza con el trabajo futuro a realizar.

Finalmente, se da cierre al informe con la conclusión en la cual se hace una reflexión acerca de los objetivos cumplidos, los resultados obtenidos, la importancia de estos y el impacto que puede tener el trabajo tanto para los usuarios finales como para los pacientes que se podrían beneficiar de este.

2. Marco Teórico

En esta sección se aborda y define el concepto de carga anticolinérgica basándose en la bibliografía existente. Se realizó una investigación con el objetivo de buscar sistemas de medición de carga anticolinérgica y cómo estos funcionan. A partir de estos, se reunió información acerca de cómo estos funcionan, cómo presentan la carga anticolinérgica del paciente y cómo funciona su sistema de desprescripción.

Posteriormente, se aborda de forma breve el estándar FHIR y se profundiza en conceptos de este estándar que son esenciales para el funcionamiento de la solución. Finalmente, se explica el procedimiento empleado para evaluar de forma cuantitativa la usabilidad de la solución

2.1 Carga anticolinérgica y la importancia de esta en la salud y bienestar de las personas

El sistema colinérgico juega un papel importante en la memoria, digestión, control del ritmo cardíaco, presión sanguínea, movimiento y otras funciones importantes [10]. Los medicamentos con actividad anticolinérgica bloquean e inhiben la actividad del neurotransmisor Acetilcolina (ACh), tanto a nivel del sistema nervioso central como el periférico [11].

Los medicamentos con actividad anticolinérgica son prescritos para una amplia gama de condiciones como trastornos respiratorios (asma), parkinson, enfermedades cardiovasculares, incontinencia urinaria, trastornos psiquiátricos, depresión y alergias. Hay más de 600 medicamentos que poseen algún grado de actividad anticolinérgica y, con excepción de algunos pocos casos, la actividad anticolinérgica no está relacionada con la actividad terapéutica principal [11].

Las personas mayores están altamente expuestos a estos medicamentos, ya que estos son propensos a sufrir de múltiples condiciones crónicas y agudas, con lo cual, es posible que les sean prescritos uno o más medicamentos con actividad anticolinérgica [12]. Si bien algunos medicamentos pueden tener una actividad anticolinérgica baja, al tener prescritos múltiples medicamentos a la vez (fenómeno conocido como polifarmacia [13]), es posible que un gran número de estos presenten también actividad anticolinérgica. La acumulación de esta actividad aumenta el riesgo de sufrir sus efectos adversos de la actividad anticolinérgica. Este riesgo aumenta con la edad [12].

Los efectos adversos de los medicamentos anticolinérgicos se dividen en dos grupos [16]:

- **Efectos adversos periféricos:**
 - Disminución de la contracción muscular
 - Disminución de la secreción glandular: sequedad de boca, ocular y cutánea, disminución de la sudoración y de la secreción salivar

- Alteración de la termorregulación
- Estreñimiento
- Disminución de la peristalsis
- Problemas para acomodar la visión
- Dilatación pupilar
- Retención urinaria
- Taquicardia
- Disfunción eréctil
- **Efectos adversos anticolinérgicos centrales (dependen de la capacidad del fármaco de atravesar la barrera hematoencefálica):**
 - Trastornos cognitivos
 - Confusión
 - Desorientación
 - Agitación
 - Alucinaciones
 - Delirium
 - Caídas
 - Déficit de atención
 - Problemas de concentración
 - Trastornos de la memoria

2.1.1 Escalas de carga anticolinérgica

La carga anticolinérgica se define como: “el efecto acumulativo de tomar uno o más medicamentos con capacidad para desarrollar efectos adversos anticolinérgicos”. Para su cálculo, se consideran dos factores importantes: la potencia anticolinérgica de cada medicamento y la dosis recetada [16]. Si bien es cierto que, como se mencionó anteriormente, hay ciertas escalas para medir la carga anticolinérgica que toman en cuenta la dosis (como por ejemplo la escala DBI [38]), para efectos de esta memoria, ninguna de las dos escalas especificadas en los objetivos específicos toma en cuenta la dosis recetada.

Las propiedades anticolinérgicas (o “carga anticolinérgica”) de varios medicamentos pueden ser cuantificadas usando tres métodos [12]:

- Actividad anticolinérgica en suero (SAA)
- Medición in vitro de la afinidad de un fármaco a los receptores muscarínicos.
- Lista de medicamentos con actividad anticolinérgica basada en expertos

Para este informe, en particular, nos centraremos en el tercero, el cual está basado en la opinión de médicos, farmacólogos e investigadores del área de la farmacología, quienes combinan su experiencia con la información de los medicamentos disponible en la literatura para determinar las propiedades anticolinérgicas de los medicamentos. Este método es el más clínicamente significativo, pero, a su vez, es el menos estandarizado [12].

A partir de lo anterior y con el objetivo de poder medir los efectos anticolinérgicos de los medicamentos, se desarrollan escalas de carga anticolinérgica basándose en la opinión de los expertos y la información disponible en la literatura. Estas escalas sirven como herramientas prácticas para identificar la severidad de los efectos anticolinérgicos negativos de los medicamentos prescritos a los pacientes y también aquellos que estos usan para automedicarse, proveyendo al médico con un puntaje que logra capturar la carga anticolinérgica acumulativa resultante de todas las prescripciones activas de un paciente [\[12\]](#). Con esto, para conocer la carga anticolinérgica total de un paciente, simplemente bastaría con sumar la carga anticolinérgica individual de cada uno de los medicamentos prescritos al paciente y cuya prescripción esté activa al momento de calcular.

A continuación se abordan las dos escalas de carga anticolinérgica que se mencionaron en los objetivos específicos.

2.1.1.1 Anticholinergic Risk Scale o ARS [\[14\]](#)

Esta escala clasifica a los medicamentos con potencial anticolinérgico en una escala de 3 puntos, siendo 0 utilizado para los medicamentos sin potencial o de bajo riesgo y con 3 siendo asignado a aquellos medicamentos con un alto potencial anticolinérgico.

Table 4. Anticholinergic Risk Scale ^a		
3 Points	2 Points	1 Point
Amitriptyline hydrochloride	Amantadine hydrochloride	Carbidopa-levodopa
Atropine products	Baclofen	Entacapone
Benztrapine mesylate	Cetirizine hydrochloride	Haloperidol
Carisoprodol	Cimetidine	Methocarbamol
Chlorpheniramine maleate	Clozapine	Metoclopramide hydrochloride
Chlorpromazine hydrochloride	Cyclobenzaprine hydrochloride	Mirtazapine
Cyproheptadine hydrochloride	Desipramine hydrochloride	Paroxetine hydrochloride
Dicyclomine hydrochloride	Loperamide hydrochloride	Pramipexole dihydrochloride
Diphenhydramine hydrochloride	Loratadine	Quetiapine fumarate
Fluphenazine hydrochloride	Nortriptyline hydrochloride	Ranitidine hydrochloride
Hydroxyzine hydrochloride and hydroxyzine pamoate	Olanzapine	Risperidone
Hyoscyamine products	Prochlorperazine maleate	Selegiline hydrochloride
Imipramine hydrochloride	Pseudoephedrine hydrochloride-triprolidine hydrochloride	Trazodone hydrochloride
Mecizine hydrochloride	Tolterodine tartrate	Ziprasidone hydrochloride
Oxybutynin chloride		
Perphenazine		
Promethazine hydrochloride		
Thioridazine hydrochloride		
Thiothixene		
Tizanidine hydrochloride		
Trifluoperazine hydrochloride		

Figura 1: Escala ARS [\[6\]](#)

En la Figura 1 se muestra la escala ARS, en la cual aparecen todos los medicamentos incluidos en la escala separados en 3 columnas las cuales representan el puntaje de cada medicamento en la escala, estando en la primera columna aquellos medicamentos que tienen un puntaje de 3, en la segunda aquellos que tienen un puntaje de 2 y en la tercera aquellos que tienen un puntaje de 1.

2.1.1.2 Anticholinergic Cognitive Burden Scale o ACB [\[12\]](#)

Esta escala tiene un sistema de puntuación que va desde 1 a 3, siendo 1 asignado a aquellos medicamentos que posiblemente tienen efectos anticolinérgicos. Aquellos medicamentos con efectos anticolinérgicos cognitivos establecidos y clínicamente relevantes recibieron un valor de 2 o 3 según la permeabilidad de la barrera hematoencefálica del medicamento y su asociación con el desarrollo de delirium. Se considera que todos los otros medicamentos sin efectos anticolinérgicos tienen un valor de 0 en esta escala.

En la Figura 2 (página siguiente), se muestra la escala ACB, en la cual aparecen todos los medicamentos incluidos en la escala separados en 3 columnas las cuales representan el

puntaje de cada medicamento en la escala, estando en la primera columna aquellos medicamentos que tienen un puntaje de 1, en la segunda aquellos que tienen un puntaje de 2 y en la tercera aquellos que tienen un puntaje de 3.

Table 1. Anticholinergic Cognitive Burden scoring of drugs.		
Score 1	Score 2	Score 3
Alimemazine	Amantadine*	Amitriptyline*†
Alverine	Belladone alkaloids	Amoxapine
Alprazolam†	Carbamazepine†	Atropine*†
Atenolol	Cyclobenzaprine*†	Benztropine*†
Brompheniramine maleate	Cyproheptadine†	Brompheniramine†
Bupropion hydrochloride	Empracet	Carbinoxamine†
Captopril†	Loxapine†	Chlorpheniramine*†
Chlorthalidone†	Meperidine†	Chlorpromazine*†
Cimetidine hydrochloride	Methotrimeprazine†	Clemastine†
Ranitidine*	Molindone†	Clomipramine†
Clorazepate†	Oxcarbazepine†	Clozapine†
Codeine†	Pethidine hydrochloride	Darifenacin†
Colchicine	Pimozide†	Desipramine†
Coumadin		Dicyclomine*†
Diazepam†		Dimenhydrinate†
Digoxin†		Diphenhydramine*†
Dipyridamole†		Doxepin†
Disopyramide phosphate		Flavoxate†
Fentanyl†		Hydroxyzine*†
Furosemide†		Hyoscyamine*†
Fluvoxamine†		Imipramine*†
Haloperidol*		Meclizine*†
Hydralazine†		Nortriptyline†
Hydrocortisone†		Olanzapine
Isosorbide†		Orphenadrine†
Loperamide†		Oxybutynin*†
Metoprolol		Paroxetine
Morphine†		Perphenazine*
Nifedipine†		Procyclidine†
Prednisone†		Promazine
Quinidine		Promethazine*†
Risperidone*		Propentheline†
Theophylline†		Pyrimamine†
Trazodone*		Quetiapine
Triamterene†		Scopolamine†
		Thioridazine*†
		Tolterodine†
		Trifluoperazine*
		Trihexyphenidyl*†
		Trimipramine†

Figura 2: Escala ACB [\[12\]](#).

2.2 Cuestionario de Usabilidad (SUS)

Para evaluar la usabilidad del prototipo software a presentar en esta Memoria, se adoptó el cuestionario SUS ("System Usability Scale"). Éste es un método ampliamente conocido y utilizado para la evaluación de usabilidad de interfaces de usuario. Desarrollado por John Brooke en el año 1986 [31], su evaluación se enfoca en la eficacia, eficiencia y satisfacción.

El cuestionario consta de las siguientes 10 aseveraciones:

1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia
2. Encontré el sistema innecesariamente complejo
3. Pensé que el sistema era fácil de usar
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema
5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema
7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente
8. Encontré el sistema muy complicado de usar
9. Me sentí muy seguro usando el sistema
10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema

El usuario participante de la evaluación manifiesta su grado de acuerdo con estas afirmaciones una vez que ha ejecutado determinadas tareas con el software objetivo, a través de una escala Likert de 5 valores:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Neutro
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

Para calcular el valor de la evaluación realizada por un usuario, se debe tener en cuenta la numeración de las preguntas:

- Se suman las puntuaciones de las respuestas impares, y luego se resta 5 al resultado.
- Se suman las puntuaciones de las respuestas pares, y se resta este valor a 25.
- Se suman los resultados de los dos pasos anteriores.
- El resultado final se multiplica por 2.5.

Una vez que se obtienen los resultados de cada usuario, se calcula el promedio simple de estos puntajes. Luego, este puntaje promedio se puede ubicar en un rango de aceptación, como se muestra en la siguiente imagen:

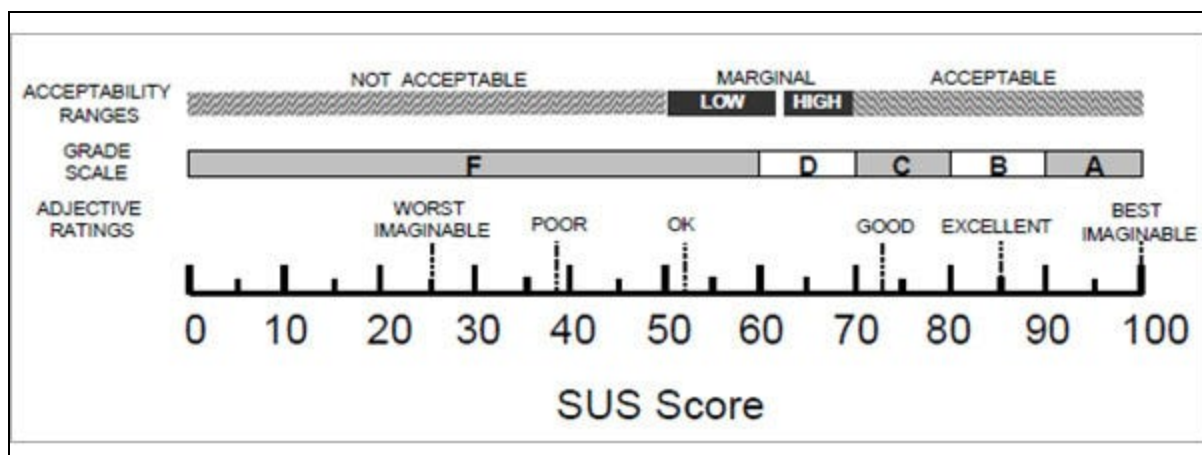


Figura 5: Escala de puntuación del cuestionario de usabilidad SUS [31].

2.3 Estándar FHIR

FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) es un estándar para intercambiar información sanitaria electrónicamente. Es desarrollado por HL7 (Health Level Seven International) la cual es una organización de desarrollo de estándares sin fines de lucro, acreditada por ANSI, que desarrolla estándares para la interoperabilidad global de datos de salud [33]. El estándar FHIR tiene como objetivo simplificar la implementación de aplicaciones sanitarias interoperables [17].

Puntos clave de FHIR [18]:

1. **Recursos:** Unidades fundamentales de FHIR que representan datos clínicos y administrativos (por ejemplo, pacientes, medicamentos y observaciones).
2. **API RESTful:** Utiliza arquitectura RESTful, permitiendo métodos HTTP estándar (GET, POST, PUT y DELETE) para interactuar con los datos.
3. **Interoperabilidad:** Diseñado para trabajar sin problemas entre varios sistemas, promoviendo un mejor intercambio e integración de datos.
4. **Flexibilidad:** Soporta múltiples formatos de datos como JSON, XML y RDF, haciéndose adaptable a diferentes entornos tecnológicos.
5. **Modularidad:** Permite a los desarrolladores usar solo las partes del estándar que son necesarias para su aplicación, mejorando la facilidad de uso e implementación.
6. **Seguridad:** Incorpora protocolos de seguridad estándar para garantizar la privacidad e integridad de la información sanitaria.

2.4 SNOMED CT

SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine - Clinical Terms) es una terminología médica estandarizada que se utiliza globalmente para codificar datos clínicos, facilitando la interoperabilidad entre sistemas de salud. Organiza conceptos médicos en una estructura

jerárquica que cubre enfermedades, síntomas, procedimientos, medicamentos y más. Su uso permite una documentación clínica consistente, siendo fundamental para la integración de información y la mejora de la atención en salud a nivel mundial [37].

2.5 Trabajos Relacionados

Para el desarrollo de esta memoria principalmente se tomaron en cuenta los siguientes trabajos relacionados tanto en lo que se refiere a la medición de la carga anticolinérgica de los pacientes como a los dashboard de visualización de datos en general.

- El primer trabajo relacionado corresponde a una herramienta de medición de carga anticolinérgica de pacientes y de apoyo de decisiones computarizadas desarrollada por Melissa T. Baysari et al [15]. Esta plataforma hace uso de la escala DBI la cual, al igual que las escalas mencionadas anteriormente, permite medir la carga anticolinérgica de los pacientes. Además de poder visualizar la carga anticolinérgica, la plataforma incorpora herramientas de desprescripción, incluyendo *hyperlinks* a guías de desprescripción y botones al lado de cada medicamento con un DBI mayor a 0 que al momento de ser presionado dirigen al usuario a la página de desprescripción.

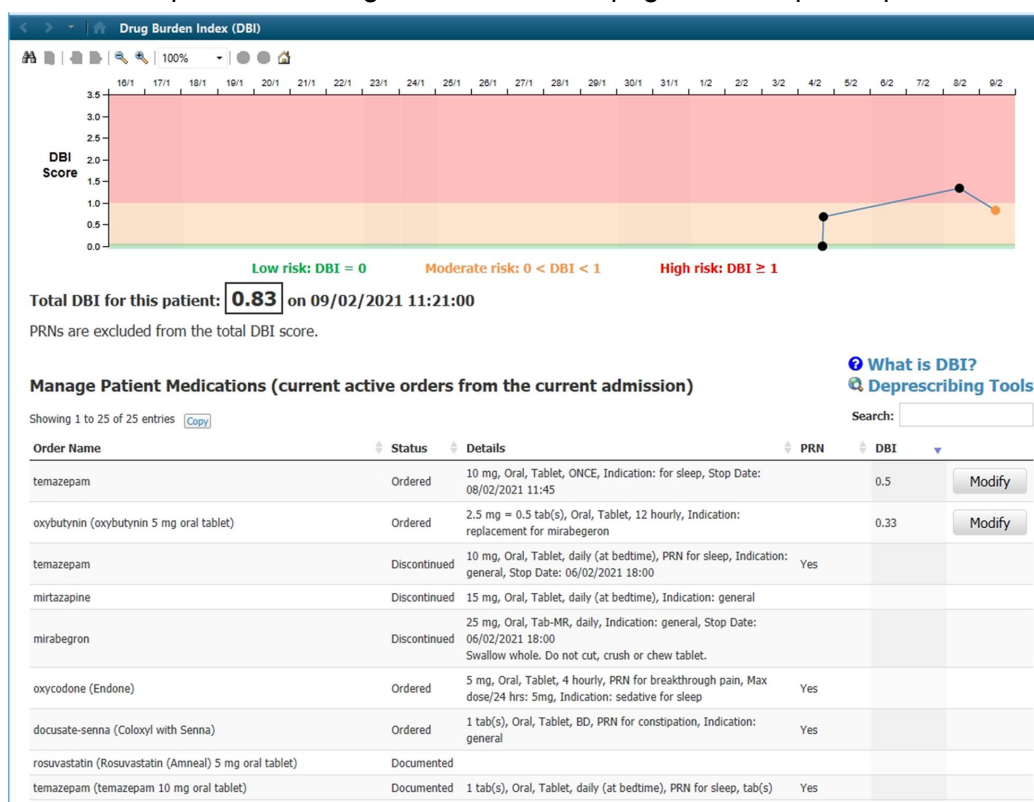


Figura 3: DBI MPage.

- El segundo trabajo relacionado corresponde a otra memoria desarrollada por Claudio Javier Rain Levicán en el marco del mismo proyecto FONDEF el cual se identifica como AFAM 2.0, acrónimo de Adherencia Farmacológica en Adultos Mayores. En esta memoria se desarrolló una plataforma de visualización de datos de adherencia a

tratamiento farmacológico a través de ficha clínica [28]. Estas visualizaciones tanto de la adherencia, así como la visualización de los datos de los pacientes sirvieron como base para los primeros diseños de la solución propuesta en esta memoria.



Figura 4: Listado de prescripciones de la plataforma desarrollada por Claudio Rain.

3. Descripción de la Solución

El objetivo de la presente sección es describir la propuesta desarrollada, comenzando por una breve descripción de los usuarios que harán uso de esta, junto con los requisitos funcionales y no funcionales. Posteriormente se detallan los componentes de esta propuesta, los cuales se encuentran tanto en el *backend* como en el *frontend* del proyecto FONDEF. Al abordarse los componentes de esta propuesta se describirán de forma breve y se especificará el cómo estos interactúan con los otros elementos del proyecto FONDEF. Finalmente, en el caso de los elementos gráficos que son parte del *frontend*, se incluirán los mockups que fueron elaborados y que sirvieron como base para el diseño final de estos, proporcionando de esta manera una visión más completa del proceso de desarrollo de la propuesta.

3.1 Usuarios

Para la propuesta desarrollada los usuarios son profesionales de la salud, todos miembros de un equipo interdisciplinario de especialistas en medicina y farmacología. Pudiendo todos estos profesionales acceder de forma plena al mismo contenido sin distinción, sin existir ningún tipo de diferenciación entre ellos, pero centrándose principalmente en los profesionales médicos. Además se restringe completamente el acceso a la propuesta a cualquier externo a este equipo.

3.2 Requisitos Funcionales

1. Cálculo fidedigno: El cálculo de la carga anticolinérgica de los pacientes no puede contener errores y el resultado debe concordar con la suma total de los valores de carga anticolinérgica de los medicamentos prescritos al paciente que se encuentren incluidos en la escala seleccionada. El sistema debe almacenar los valores correctos de carga anticolinérgica por cada escala.
2. Visualización de datos: Los datos correspondientes a la carga anticolinérgica de los pacientes sobre el tiempo deben presentarse de forma clara e interactiva. Debe elegirse la mejor o mejores alternativas gráficas que permitan a los usuarios analizar estos datos eficientemente.
3. Filtrado de datos según fecha: La interfaz gráfica del sistema debe permitir filtrar los datos según las fechas que se encuentren disponibles, permitiendo así analizar los datos y obtener conclusiones de forma más efectiva.

3.3 Requisitos no Funcionales

1. Compatibilidad: El sistema debe ser compatible con la mayor cantidad de navegadores posibles, priorizando los más usados y sus versiones más recientes.

2. Modularidad: Se debe mantener la modularidad del sistema desarrollado, separando y distinguiendo la adquisición de datos de carga anticolinérgica, el cálculo de la carga anticolinérgica de un tratamiento, y la visualización de los datos relevantes. Esto permite una mayor facilidad de comprensión, actualización, reutilización y mantención.
3. Seguridad: El sistema debe prevenir el acceso no autorizado y proteger la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos, esto debido a que se trata de información clave y sensible de los pacientes.
4. Usabilidad: La interfaz del usuario debe ser intuitiva y fácil de usar, teniendo una curva de aprendizaje baja para los usuarios.
5. Eficiencia: El sistema debe ser altamente eficiente para garantizar que los médicos puedan acceder y utilizar la información del paciente en tiempo real durante la breve duración de su consulta.
6. Autenticación de usuarios: Solo se debe permitir el acceso a aquellos usuarios que posean credenciales válidas o token de acceso válidos. El sistema debe verificar la validez tanto de las credenciales como de los token de acceso para así proteger el acceso a información delicada.

3.4 Endpoints

En esta sección se presentan los endpoints desarrollados. Los endpoints son URLs específicas que se utilizan para acceder a un recurso proporcionado por una aplicación web desde una API y, en el marco de este proyecto, fueron diseñados a partir de las necesidades de los stakeholders y de las ideas que surgieron del proceso investigativo relacionado. También se aborda el *backend* del proyecto FONDEF del que estos endpoint forman parte centrándose en la API al que estos endpoint pertenecen y la base de datos de la cual obtienen los datos para generar la respuesta.

Los endpoint a abordar son los siguientes:

- Endpoint de Calculadora de Carga Anticolinérgica
- Endpoint de Datos para Dashboard de Monitorización de Carga Anticolinérgica de Pacientes
- Endpoint de Datos para Calcular Carga Anticolinérgica Hipotética en Caso de Posibles Prescripciones

Estos *endpoint* busca satisfacer el requerimiento funcional de “Cálculo fidedigno” proveyendo al usuario con un cálculo acertado de la carga anticolinérgica de un paciente al momento de hacer la llamada. Además, estos asisten a la satisfacción del requerimiento funcional de “Visualización de datos”, suministrando los datos que son necesarios para el cumplimiento de este requerimiento.

3.4.1 Endpoint de Calculadora de Carga Anticolinérgica

El primer *endpoint* a abordar es el que calcula la carga anticolinérgica de un paciente en específico al momento de hacer la llamada. Este *endpoint* recibe dos parámetros que

corresponden, primero, al rut del paciente sin puntos y con guión, segundo, las siglas de la escala de carga anticolinérgica escogida. Además es importante recordar que, tal como se explicó en las limitaciones de esta memoria y como se acordó con los stakeholders para esta propuesta, solo se incluyen dos escalas de carga anticolinérgica, que corresponden a ARS (Anticholinergic Risk Scale) y ACB (Anticholinergic Cognitive Burden Scale).

El *endpoint* hereda el método de autenticación utilizado por la API de la que forma parte, la cual corresponde a una autenticación basada en *tokens* [19], con lo cual se debe incluir un token válido en la cabecera de la petición.

Finalmente la respuesta del endpoint corresponde, primero, a un objeto JSON que incluye un atributo “total”. Éste tiene por valor un entero que representa el valor total de la carga anticolinérgica del paciente en la escala seleccionada al momento de hacer la petición; segundo, un arreglo de objetos que contienen cada uno dos atributos que corresponden al nombre de cada medicamento prescrito al paciente al momento de hacer la petición y el valor que tiene cada uno en la escala elegida. A continuación, se muestra la documentación detallada del *endpoint* y un ejemplo de una petición a este junto con su respectiva respuesta.

3.4.1.1 Método y Ruta

Método HTTP	Ruta
Get	/Pat/calculateAB

Tabla 1: Método HTTP y ruta utilizada para hacer una llamada al endpoint.

3.4.1.2 Cabecera o Header

Autenticación
autenticación basada en <i>tokens</i> .

Tabla 2: Método de autenticación utilizado para hacer una llamada al endpoint.

3.4.1.3 Petición

Parámetro	Tipo de Variable	Descripción
patientRut	String	El rut del paciente sin puntos ni guión.
scale	String	Las siglas de la escala seleccionada(ARS o ACB)

Tabla 3: Listado de parámetros requeridos para realizar una llamada al endpoint.

3.4.1.4 Respuesta

Campo de respuesta	Tipo de Variable	Descripción
total	Integer	Valor total de la carga anticolinérgica del paciente en la escala seleccionada al momento de hacer la petición.
medications	Array	Un arreglo de objetos que contienen cada uno dos atributos que corresponden al nombre de cada medicamento prescrito al paciente al momento de hacer la petición y el valor que tiene cada uno en la escala elegida.

Tabla 4: Listado de parámetros obtenidos al realizar una llamada al endpoint.

A continuación se presenta el esquema JSON [\[20\]](#) de la respuesta que se obtiene al hacer una petición al *endpoint*. En este esquema se presenta la estructura que sigue la respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint, la cual concuerda con la estructura descrita en la tabla 4:

```
{
  "$schema": "http://JSON-schema.org/draft-04/schema#",
  "type": "object",
  "properties": {
    "medications": {
      "type": "array",
      "items": [
        {
          "type": "object",
          "properties": {
            "name": {
              "type": "string"
            },
            "subtotal": {
              "type": "integer"
            }
          },
          "required": [
            "name",
            "subtotal"
          ]
        }
      ]
    },
    "total": {
      "type": "integer"
    }
  }
}
```

```

    }
  },
  "required": [
    "medications",
    "total"
  ]
}

```

Bloque de Código 1: Esquema JSON de la respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint.

3.4.1.5 Ejemplo

A continuación se muestra un ejemplo de una petición al endpoint con su respectiva respuesta usando cURL [\[21\]](#):

Petición:

```

curl -X GET "http://localhost:5053/Pat/calculateAB?patientRut=20409287-7&scale=ACB" -H "Authorization: Bearer eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJ1eW1laWQiOiIxMjM0NTY3OC05Iiwicm9sZSI6Im1lZGljbyIsIm5iZiI6MTcxMzkyMjI1NiwiZXhwIjoxNzE0MDA4NjU2LCJpYXQiOiE3MTM5MjIyNTZ9.QNaeDwf5QyZjhe_svaq9en71xRUtdIeT3ziXkew9l8c"

```

Bloque de Código 2: Petición al endpoint usando curl.

Respuesta:

```

{
  "medications": [
    {
      "name": "Cyclobenzaprine",
      "subtotal": 2
    },
    {
      "name": "Hidroclorotiazida",
      "subtotal": 0
    }
  ],
  "total": 2
}

```

Bloque de Código 3: Respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint.

En la respuesta del ejemplo la cual sigue la estructura descrita en la tabla 4 y presentada en el bloque de código 1, se aprecia, primero, que el paciente presenta solo dos medicamentos prescritos: uno bajo el nombre de "Cyclobenzaprine", el cual posee una carga anticolinérgica de 2; y otro bajo el nombre de "Hidroclorotiazida", el cual posee una carga anticolinérgica de 0. Ambas cargas anticolinérgicas son válidas para la escala seleccionada (ACB). Finalmente, al sumar los subtotales de carga anticolinérgica, se obtiene un total de 2.

3.4.2 Endpoint de Datos para Dashboard de Monitorización de Carga Anticolinérgica de Pacientes

El siguiente *endpoint* a abordar es el que calcula los datos necesarios para el dashboard de monitorización de carga anticolinérgica de pacientes. Este *endpoint* recibe dos parámetros que corresponden, primero, al RUT del paciente sin puntos y con guión, segundo, las siglas de la escala de carga anticolinérgica escogida.

El *endpoint* hereda el método de autenticación utilizado por la API de la que forma parte, la cual corresponde a una autenticación basada en *tokens* [19], con lo cual se debe incluir un token válido en la cabecera de la petición.

Finalmente la respuesta del endpoint corresponde a un diccionario [22] en formato JSON, en el cual las *keys* o llaves corresponden a fechas en formato YYYY-MM-DD [23] y el valor o *value* corresponde a un objeto con dos atributos. El primer atributo corresponde a un arreglo de objetos en formato JSON representando cada uno un medicamento con su respectivo nombre, el estado de la prescripción del medicamento, los detalles de la prescripción y el valor que tiene dicho medicamento en la escala anticolinérgica escogida. El segundo atributo corresponde al valor total de la carga anticolinérgica del paciente en la escala seleccionada para la fecha de la *key*. Es importante destacar que, en la respuesta del endpoint, solo se incluyen aquellas fechas en las cuales las prescripciones del paciente cambiaron en alguna forma, ya sea porque se prescribió o desprescribió un medicamento o porque se alcanzó la última fecha en la cual se debe tomar el medicamento según la prescripción médica. A continuación, se muestra la documentación detallada del *endpoint* y un ejemplo de una petición a este junto con su respectiva respuesta.

3.4.2.1 Método y Ruta

Método HTTP	Ruta
Get	/Pat/ABchartdata

Tabla 5: Método HTTP y ruta utilizada para hacer una llamada al endpoint.

3.4.2.2 Cabecera o Header

Autenticación
autenticación basada en <i>tokens</i> .

Tabla 6: Método de autenticación utilizado para hacer una llamada al endpoint.

3.4.2.3 Petición

Parámetro	Tipo de Variable	Descripción
patientRut	String	El rut del paciente sin puntos ni guión.
scale	String	Las siglas de la escala seleccionada(ARS o ACB)

Tabla 7: Listado de parámetros requeridos para realizar una llamada al endpoint.

3.4.2.4 Respuesta

Campo de respuesta	Tipo de Variable	Descripción
<Date>	Object	Un objeto por cada fecha en la cual las prescripciones del medicamento cambiaron, el cual contiene dos atributos, siendo el primero un arreglo de los medicamentos cuya prescripción era válida para la fecha en cuestión y el segundo atributo corresponde al valor de la carga anticolinérgica para la escala seleccionada en la fecha en cuestión.

Tabla 8: Listado de parámetros obtenidos al realizar una llamada al endpoint.

El esquema JSON [\[20\]](#) de la respuesta que se obtiene al hacer una petición al *endpoint* puede leerse en el anexo [\[A1\]](#). En este esquema, se presenta la estructura que sigue la respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint, la cual concuerda con la estructura descrita en la Tabla 8.

3.4.2.5 Ejemplo

A continuación se muestra un ejemplo de una petición al endpoint con su respectiva respuesta usando cURL [\[21\]](#):

Petición:

```
curl -X GET "http://localhost:5053/Pat/ABchartdata?patientRut=20409287-7&scale=ACB" -H "Authorization: Bearer eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJ1aW1laWQiOiIxMjM0NTY3OC05Iiwicm9sZSI6Im1lZG1jbyIsIm5iZiI6MTcxMzkyMjI1NiwiZXhwIjoyNzE0MDA4NjU2LCJpYXQiOiJlZ3MTM5MjIyNTZ9.QNaeDwf5QyZjhe_svaq9en71xRUtdIeT3ziXkew9l8c"
```

Bloque de Código 4: Petición al endpoint usando curl.

Respuesta:

```
{
  "2023-03-15": {
    "subTotal": [
      {
        "name": "HIDROCLOROTIAZIDA25mg",
        "state": "Completed",
        "details": "Tomar 25 mg una vez al día por vía oral.
Tomar el medicamento preferiblemente por la mañana, ya que puede aumentar
la necesidad de orinar. Beber suficiente agua para mantenerse hidratado.",
        "subtotal": 0
      },
      {
        "name": "METOPROLOL25mg",
        "state": "Active",
        "details": "Tomar 25 mg dos veces al día por vía oral.
Tomar el medicamento a intervalos regulares durante el día, preferiblemente
con las comidas. No dejar de tomar el medicamento de forma repentina sin
consultar al médico.",
        "subtotal": 0
      }
    ],
    "total": 0
  },
}
```

Bloque de Código 5: Respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint.

En la respuesta del ejemplo, la cual sigue la estructura descrita en la tabla 8 y presentada en el anexo 1 [\[A1\]](#), se aprecia que, para el paciente en particular seleccionado, solo se cuenta con una fecha disponible en su historial de prescripciones("2023-03-15"). En esta fecha, existen dos prescripciones activas; también se aprecia que ambas prescripciones de medicamentos tienen un valor de carga anticolinérgica igual a 0 en la escala seleccionada (ACB). Finalmente, para el caso de ejemplo el paciente en particular para la única fecha disponible el paciente tenía una carga anticolinérgica total de 0.

3.4.3 Endpoint de Datos para Calcular Carga Anticolinérgica Hipotética en Caso de Posibles Prescripciones

El último *endpoint* a abordar es el que calcula la carga anticolinérgica hipotética en caso de prescribir medicamentos adicionales. Este *endpoint* recibe tres parámetros que corresponden, primero, al rut del paciente sin puntos y con guión, segundo, las siglas de la escala de carga

anticolinérgica escogida y tercero un arreglo codificado con los códigos de los medicamentos que podrían ser prescritos.

El *endpoint* hereda el método de autenticación utilizado por la API de la que forma parte, la cual corresponde a una autenticación basada en *tokens* [19]. con lo cual se debe incluir un token válido en la cabecera de la petición.

Finalmente la respuesta del endpoint corresponde a tres pares clave/valor. El primer par corresponde a un booleano, el cual toma el valor verdadero si la carga anticolinérgica del paciente incrementa en la escala escogida al prescribir los medicamentos adicionales; el segundo par, corresponde a un entero que representa el valor del incremento que tendría la carga anticolinérgica del paciente en caso de que llegaran a prescribirse estos nuevos medicamentos; finalmente, el tercer par corresponde a la carga anticolinérgica total que tendría el paciente en caso de prescribirse estos nuevos medicamentos. A continuación, se muestra la documentación detallada del *endpoint* y un ejemplo de una petición a este junto con su respectiva respuesta.

3.4.3.1 Método y Ruta

Método HTTP	Ruta
Get	/Pat/calculateABwarning

Tabla 9: Método HTTP y ruta utilizada para hacer una llamada al endpoint.

3.4.3.2 Cabecera o Header

Autenticación
autenticación basada en <i>tokens</i> .

Tabla 10: Método de autenticación utilizado para hacer una llamada al endpoint.

3.4.3.3 Petición

Parámetro	Tipo de Variable	Descripción
patientRut	String	El rut del paciente sin puntos ni guión.
scale	String	Las siglas de la escala seleccionada(ARS o ACB)
prescripcionesArray	Array	Arreglo codificado de posibles medicamentos a prescribir

Tabla 11: Listado de parámetros requeridos para realizar una llamada al endpoint.

3.4.3.4 Respuesta

Campo de respuesta	Tipo de Variable	Descripción
hasIncreased	Boolean	Un booleano que representa el sí habría un incremento en la carga anticolinérgica del paciente en la escala seleccionada en el caso de que se llegaran a prescribir los medicamentos propuestos.
increment	Integer	El valor del incremento que tendría la carga anticolinérgica del paciente en la escala seleccionada si se llegara a hacer la prescripción.
total	Integer	Valor total de la carga anticolinérgica del paciente en la escala seleccionada al momento de hacer la petición si se llegaran a prescribir los medicamentos propuestos.

Tabla 12: Listado de parámetros obtenidos al realizar una llamada al endpoint.

A continuación se presenta el esquema JSON [\[20\]](#) de la respuesta que se obtiene al hacer una petición al *endpoint*. En este esquema, se presenta la estructura que sigue la respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint, la cual concuerda con la descripción de la tabla 12:

```
{
  "$schema": "http://JSON-schema.org/draft-04/schema#",
  "type": "object",
  "properties": {
    "hasIncreased": {
      "type": "boolean"
    },
    "increment": {
      "type": "integer"
    },
    "total": {
      "type": "integer"
    }
  },
  "required": [
    "hasIncreased",
    "increment",
    "total"
  ]
}
```

Bloque de Código 6: Esquema Json de la respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint.

3.4.3.5 Ejemplo

A continuación se muestra un ejemplo de una petición al endpoint con su respectiva respuesta usando cURL [\[21\]](#):

Petición:

```
curl -X GET
"http://localhost:5053/Pat/ABchartdata?patientRut=20409287-7&scale=ACBpresc
ripcionesArray=%5B%22CYCLOBENZAPRINE45mg%22%2C%22LISINOPRIL10mg%22%2C%22HID
ROCLOROTIAZIDA25mg%22%5D" -H "Authorization: Bearer
eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJ1Ym1laWQiOiIxMjM0NTY3OC05Iiwicm9sZSI6Im1lZGljbyIsIm5iZiI6MTcxMzkyMjI1NiwiZXhwIjoxNzE0MDA4NjU2LCJpYXQiOjE3MTM5MjIyNTZ9.QNaeDwf5QyZjhe_svaq9en71xRUtdIeT3ziXkew9l8c"
```

Bloque de Código 7: Petición al endpoint usando curl.

Respuesta:

```
{
  "hasIncreased": true,
  "increment": 2,
  "total": 4
}
```

Bloque de Código 8: Respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint.

En la respuesta del ejemplo, que sigue la estructura descrita en la tabla 12 y presentada en el bloque de código 6, se aprecia que para el paciente en particular, si se hace efectiva la prescripción de medicamentos propuestos habría un incremento en la carga anticolinérgica total de 2, llegando a una carga anticolinérgica total de 4.

3.4.4 API FHIR Wrapper y Proveedor de rutinas:

Esta API sobre la cual están desarrollados los endpoints que fueron abordados previamente es parte de un sistema de software que fue desarrollado en el marco del proyecto FONDEF IT21I0097, "Seguimiento remoto e integración interoperable a ficha clínica de la adherencia a tratamiento antihipertensivo de personas mayores", con el objetivo de apoyar el proceso de recolección, análisis y visualización de datos que caracterizan la adherencia al tratamiento farmacológico de pacientes crónicos [\[29\]](#). Este sistema y su arquitectura fueron desarrollados por el memorista de Ingeniería Civil Informática Hugo Contreras Román.

En cuanto al funcionamiento de la API, esta corresponde a un componente del sistema que contiene un conjunto de APIs wrappers [\[24\]](#) que permiten a los clientes no nativos del estándar FHIR la comunicación de datos con el servidor FHIR. Estas APIs están codificadas para soportar un modelo de datos específico y realizan un mapeo entre una entidad del modelo de datos al recurso FHIR correspondiente, para luego enviar este recurso construido al servidor FHIR. De la misma manera, las APIs solicitan recursos FHIR del servidor y lo transforman al modelo de datos especificado para su consumo al cliente [\[29\]](#).

Finalmente, este componente wrapper contiene un controlador de seguridad que se encarga de gestionar el acceso a los recursos del servidor FHIR. Para ello, se comunica de forma directa con una base de datos PostgreSQL que se encarga de almacenar las credenciales de los usuarios y proveer de tokens de autorización los cuales varían dependiendo del tipo de usuario, ya sea paciente o médico. A continuación, se muestra el Diagrama C4 de contenedores del sistema desarrollado para el proyecto FONDEF IT21I0097.

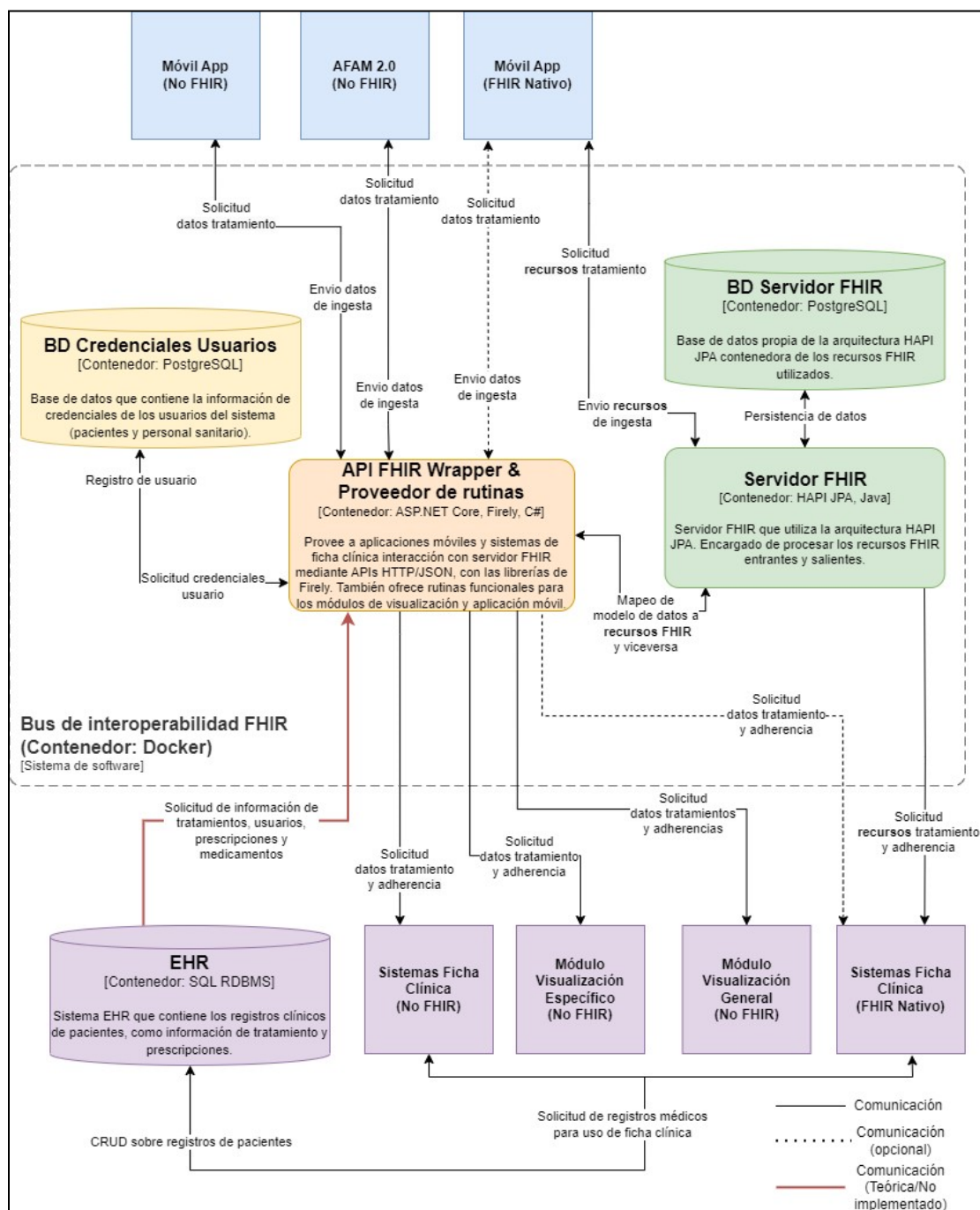


Figura 6: Diagrama C4 de contenedores correspondientes del sistema desarrollado para el proyecto FONDEF IT21I0097, elaborado por Hugo Contreras.

3.5 Mockups y Diseño de los Componentes Gráficos

El enfoque de desarrollo adoptado permite darles múltiples usos a los servicios anteriormente mencionados. En esta memoria en particular, destacan un dashboard de visualización y análisis de la carga anticolinérgica de pacientes, a partir de sus datos de ficha clínica; y un sistema de alerta que permite advertir a los profesionales de la salud sobre un aumento en la carga anticolinérgica total del paciente al momento de realizar prescripciones.

En esta sección, primero se presenta el mockup inicial del *dashboard* de monitorización de carga anticolinérgica de los pacientes que surgió a partir de las ideas iniciales y del proceso investigativo de soluciones previas para la elaboración del prototipo. Además, se definen componentes adicionales que surgieron a partir de las conversaciones con los *stakeholders*. También se explican las funcionalidades de cada uno de estos componentes. Finalmente, se presenta el sistema de alerta en caso de incremento en la carga anticolinérgica total de los pacientes.

A continuación, se muestra el primer prototipo de interfaz del dashboard desarrollado utilizando la aplicación de desarrollo de interfaces Figma.

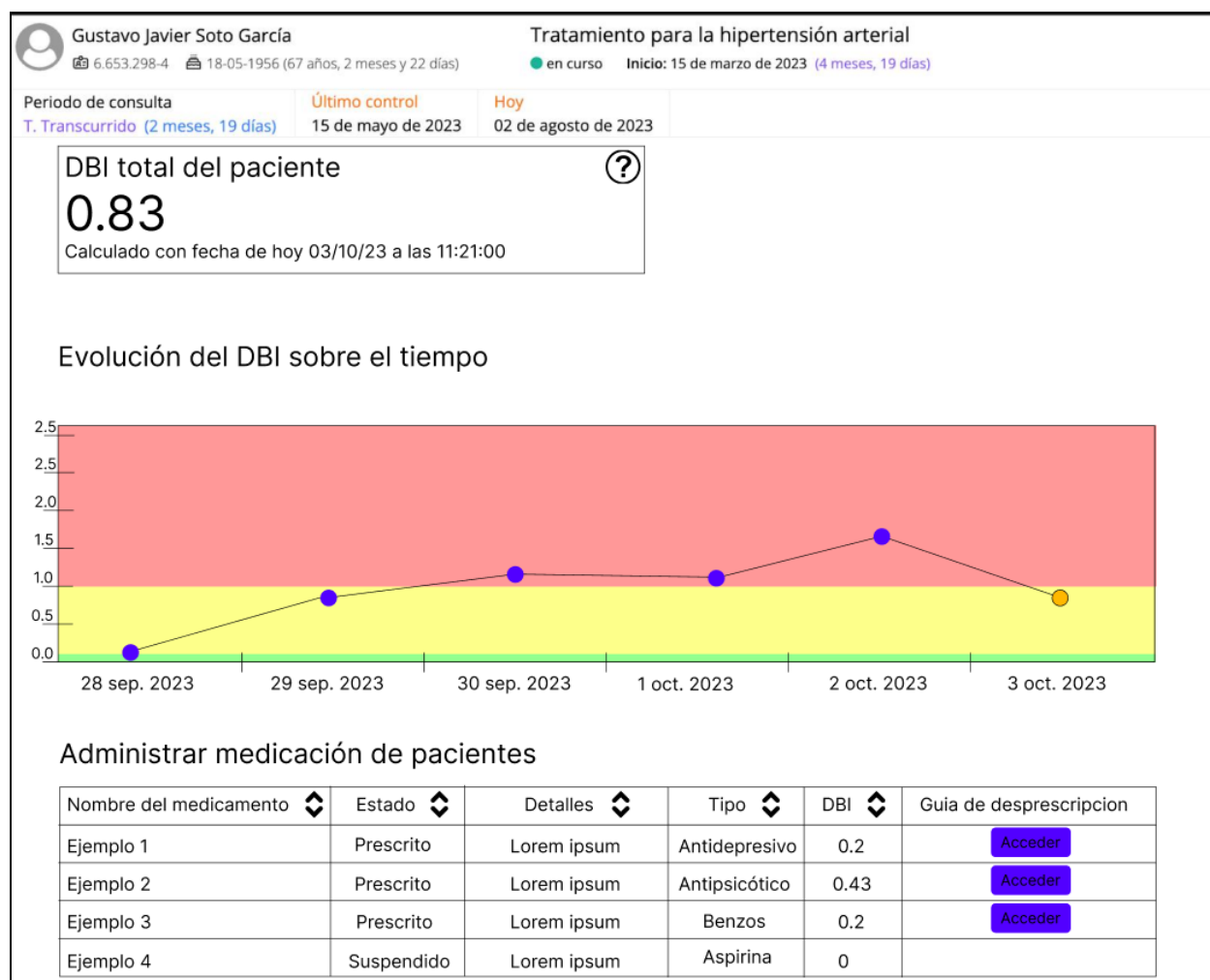


Figura 7: Primer borrador del prototipo desarrollado en Figma [32], de elaboración propia.

Este prototipo inicial fue desarrollado en múltiples iteraciones mediante reuniones semanales con los stakeholders, los resultados de estas son descritas a detalle a continuación.

3.5.1 Primera iteración del prototipo del dashboard

La primera iteración del prototipo para el dashboard de monitorización de carga anticolinérgica de los pacientes surgió a partir de la investigación de soluciones previas ya existentes y de conversaciones con los stakeholders. El prototipo es una *single page application* [25] dividida en múltiples secciones que muestran información del usuario, información acerca del estado actual de su carga anticolinérgica e información acerca del historial de prescripciones del usuario. A continuación, se abordan cada una de estas secciones.

3.5.1.1 Sección de información básica del usuario

En esta primera sección a abordar como su nombre indica se muestra primero, información básica del usuario junto con información del tratamiento en curso, segundo, se muestra

información cronológica, empezando por el tiempo transcurrido desde la última consulta, continuando con la fecha en la cual ocurrió la última consulta y terminando con la fecha de hoy.



Figura 8: Sección de información básica del usuario.

3.5.1.2 Sección de carga anticolinérgica actual

En la siguiente sección a abordar se muestra la carga anticolinérgica actual del paciente de acuerdo a la escala de carga anticolinérgica escogida, se muestra además la fecha y hora en la que fue calculada.

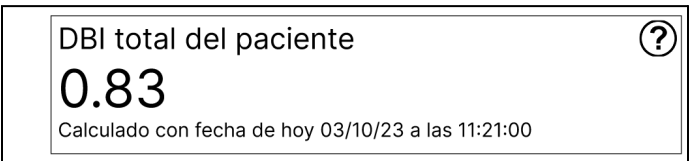


Figura 9: Sección de carga anticolinérgica actual.

3.5.1.3 Sección de monitorización de la carga anticolinérgica sobre el tiempo

En la tercera sección, se muestra un gráfico de línea en el cual se puede visualizar la evolución de la carga anticolinérgica del paciente a través del tiempo. Cada punto corresponde a la carga anticolinérgica para una fecha en específico, el valor de la carga para la escala anticolinérgica escogida es representado por el eje “y” y la fecha es representada por el eje “x”. Además, el eje “y” se divide en tres sectores de colores verde, amarillo y rojo, con esto se busca representar entre qué intervalos la carga anticolinérgica se considera baja, media o alta respectivamente. Finalmente, el punto tiene por defecto un color azul y en caso de ser seleccionado mediante un click toma el color naranja.

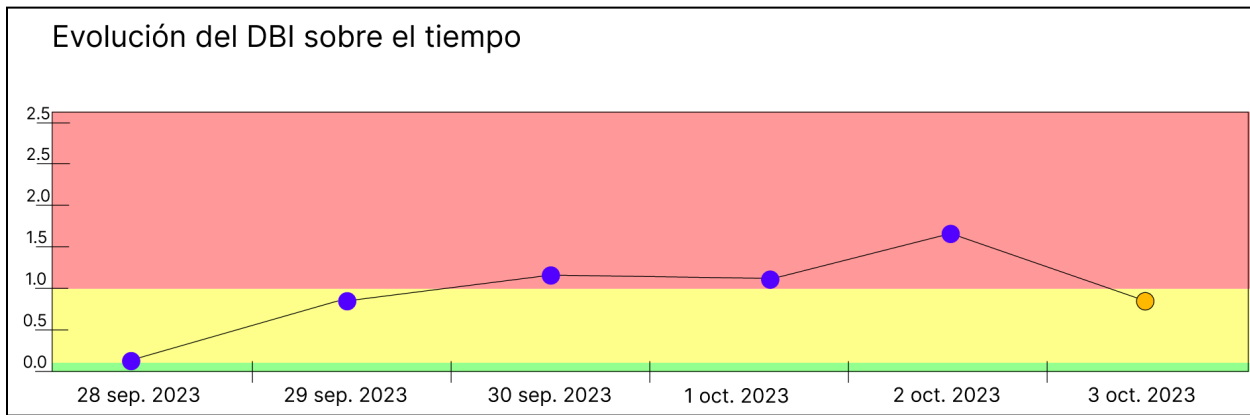


Figura 10: Sección de monitorización de la carga anticolinérgica sobre el tiempo.

3.5.1.4 Sección de historial de prescripciones del paciente

Administrar medicación de pacientes					
Nombre del medicamento	Estado	Detalles	Tipo	DBI	Guia de desprescripcion
Ejemplo 1	Prescrito	Lorem ipsum	Antidepresivo	0.2	Acceder
Ejemplo 2	Prescrito	Lorem ipsum	Antipsicótico	0.43	Acceder
Ejemplo 3	Prescrito	Lorem ipsum	Benzos	0.2	Acceder
Ejemplo 4	Suspendido	Lorem ipsum	Aspirina	0	

Figura 11: Sección de historial de prescripciones del usuario.

Finalmente, en la última sección se muestra la medicación del paciente cuya prescripción estaba activa durante la fecha seleccionada (representada por el punto naranja en el gráfico de la sección anterior). Los detalles acerca de cada medicamento prescrito se muestran en una tabla con 6 columnas. En la primera columna, se muestra el nombre del medicamento; en la segunda columna, la vigencia actual a día de hoy de la prescripción (activo, suspendido, terminada); en la tercera columna, se muestran detalles específicos escritos por el médico para cada medicamento; en la cuarta, la categoría a la que pertenece el medicamento o, en otras palabras, el tipo; en la quinta columna, se muestra el valor de la carga anticolinérgica del medicamento para la escala escogida; y, finalmente, en la última columna hay un botón que lleva al médico a una guía de desprescripción específica para el tipo. Las guías no fueron incluidas en este prototipo.

3.5.2 Desarrollo incremental del prototipo

En base al primer prototipo que fue diseñado en Figma se comenzó el desarrollo del dashboard de monitorización de carga anticolinérgica. Los avances realizados se mostraron a los stakeholders en reuniones semanales. En estas reuniones, se ha obtenido retroalimentación útil para modificar el prototipo y asegurarse que cumpla con los requerimientos de los stakeholders. A continuación, se muestran las modificaciones que fueron realizadas.

3.5.2.1 Modificación de sección de información básica del usuario

Rain Leviacan Claudio Javier 20409287-7 13-2-2000 (24 años, 3 meses y 18 días)

Figura 12: Sección de información básica del usuario.

Se modificó la sección de información básica del usuario y solo se dejó una fila en la cual se muestran el nombre del usuario, su rut, su fecha de nacimiento y su edad.

3.5.2.2 Lista desplegable para seleccionar escala de carga anticolinérgica

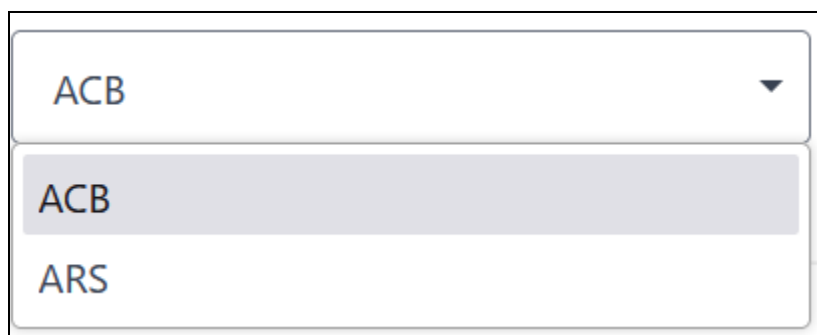


Figura 13: Lista desplegable de escalas de carga anticolinérgica.

Se añadió una lista desplegable en la sección de monitorización de la carga anticolinérgica sobre el tiempo, para permitir a los usuarios elegir la escala a utilizar para el cálculo de la carga. Tras seleccionar una de las escalas disponibles, se actualizan automáticamente tanto el gráfico como la tabla de medicamentos de la sección de prescripciones.

3.5.2.3 Gráfico de monitorización de carga anticolinérgica sobre el tiempo

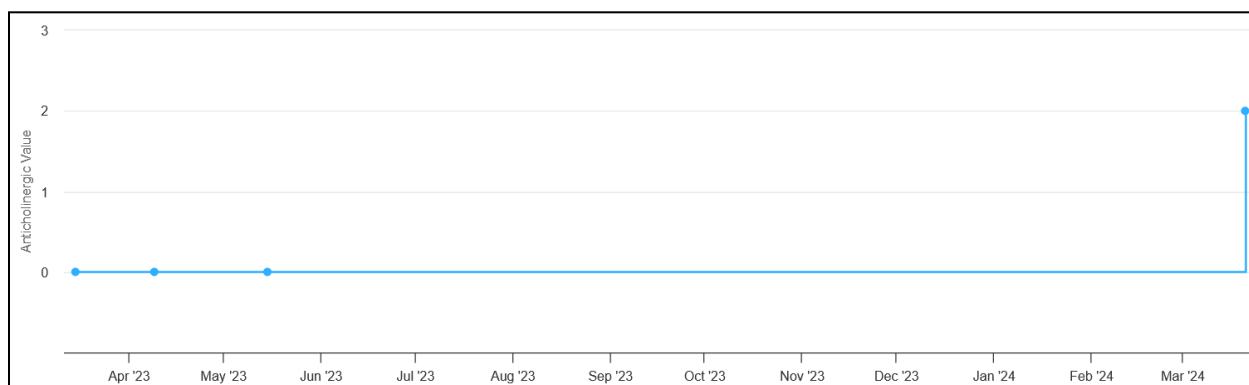


Figura 14: Gráfico de monitorización de carga anticolinérgica sobre el tiempo.

En cuanto al gráfico de la sección de monitorización de la carga anticolinérgica sobre el tiempo, primero, se cambió el tipo de gráfico de un gráfico de línea a un gráfico de líneas escalonadas para representar mejor cómo funciona el aumento de la carga anticolinérgica sobre el tiempo. Es importante recordar que la carga anticolinérgica, independientemente de la escala utilizada, depende directamente de las prescripciones que estén activas al momento de calcularse, con lo cual la carga no aumenta gradualmente como se pudo haber dado a entender con el gráfico de línea, sino que se mantiene a través del tiempo y solo cambia cuando las prescripciones cambian. Al usar un gráfico de líneas escalonadas, se puede apreciar de mejor forma esto último y no se generan confusiones.

3.5.2.4 Preview de medicamentos prescritos y carga total en el gráfico

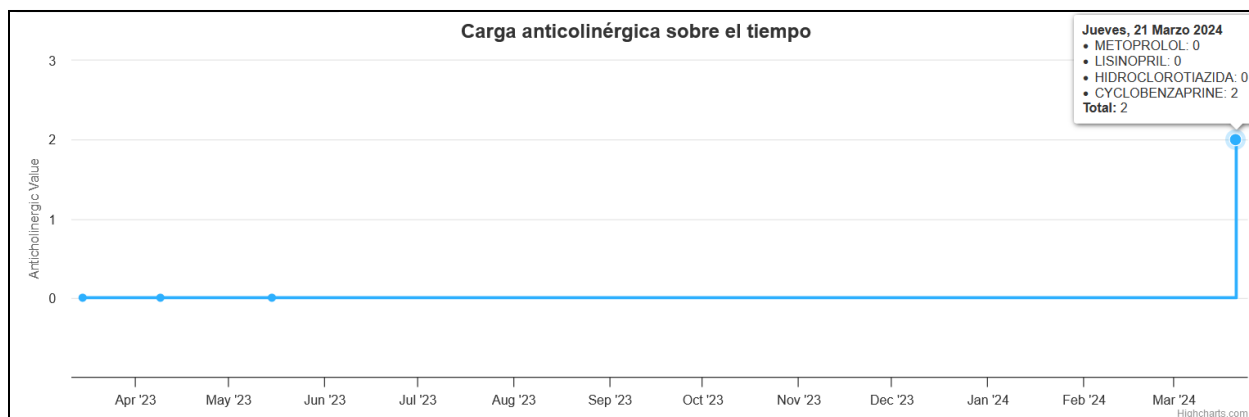


Figura 15: Preview de medicamentos prescritos que se muestra al pasar el cursor sobre un punto.

En el gráfico de monitorización de la carga anticolinérgica a través del tiempo, se añadió una preview por cada punto que aparece si el usuario pasa el mouse por alguno de ellos. Al hacer esto, se muestra de arriba a abajo, primero, la fecha asociada al punto en cuestión, segundo, una lista punteada de todos los medicamentos cuya prescripción estaba activa en la fecha asociada, además, por cada medicamento se muestra la carga anticolinérgica individual que tiene en la escala seleccionada. Finalmente se muestra la carga anticolinérgica total que tenía el paciente en la fecha asociada al punto.

3.5.2.5 Clarificación de fecha seleccionada en sección de historial de prescripciones

Fecha seleccionada: 21/03/2024

Figura 16: Fecha seleccionada actualmente en el historial de prescripciones.

En la sección de historial de prescripciones del paciente, la cual se actualiza cada vez que se hace click en un punto del gráfico de la sección anterior mostrando las prescripciones que estaban activas en la fecha asociada al punto seleccionado, se agregó una línea sobre la tabla de medicamentos que muestra la fecha seleccionada para así evitar la confusión de los usuarios.

3.5.2.6 Selección de fechas disponibles en el historial de prescripciones

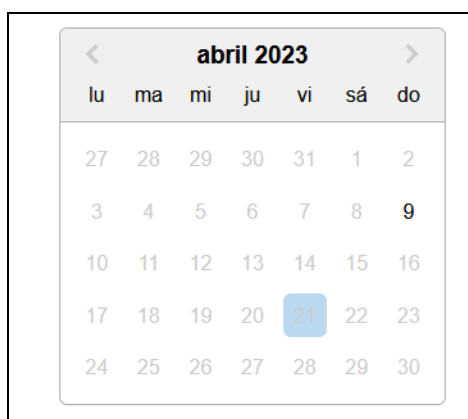
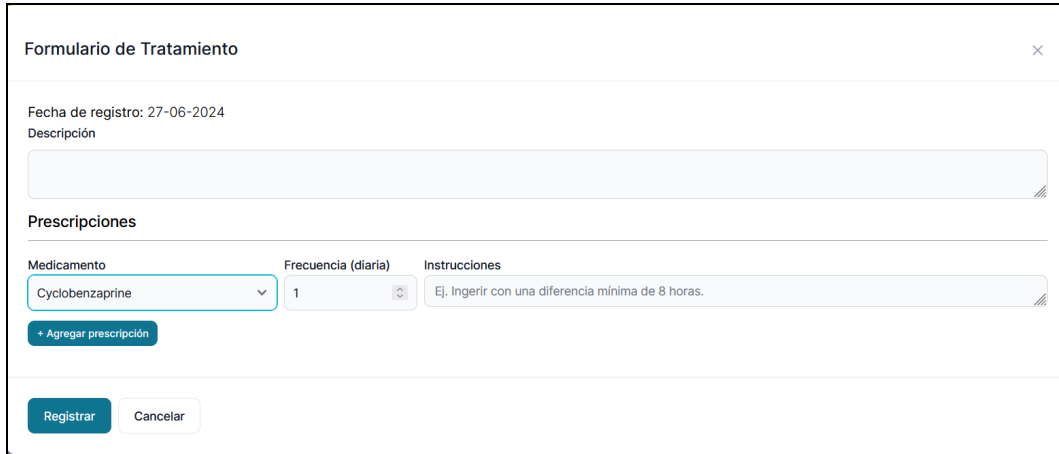


Figura 17: Calendario de selección de fechas disponibles en el historial de prescripciones.

Finalmente, se incluyó un elemento adicional en su propia sección, que corresponde a un calendario que le permite al usuario visualizar de otra forma todas las fechas disponibles en el historial de prescripciones a través de un calendario. En este calendario, se muestran en color negro todas las fechas disponibles en el historial y en color gris aquellas que no están en este. El mes y año seleccionado aparecen arriba y se puede navegar a través de los meses usando las flechas que están a la izquierda y a la derecha del mes y año seleccionado. Por último, al navegar por los meses del calendario, si el usuario se desplaza hacia atrás en el tiempo, solo podrá llegar al primer mes en orden cronológico que contenga un día registrado en el historial de prescripciones. Lo mismo aplica al desplazarse hacia adelante.

3.5.3 Sistema de Alerta en Caso de Incremento en la Carga Anticolinérgica Total de los Pacientes

A diferencia del desarrollo del *dashboard* de monitorización de carga anticolinérgica de los pacientes presentado anteriormente, no se busca desarrollar una plataforma completa para el sistema de alerta, sino que se busca incorporar este sistema de alerta a un prototipo de ficha clínica ya existente que es parte del sistema AFAM 2.0, en particular se busca incorporar este sistema de advertencia al formulario de tratamiento, el cual permite al usuario registrar un nuevo tratamiento para un paciente en particular, permitiendo añadir una descripción al tratamiento y los medicamentos que este estime conveniente.



Formulario de Tratamiento

Fecha de registro: 27-06-2024

Descripción

Prescripciones

Medicamento	Frecuencia (diaria)	Instrucciones
Cyclobenzaprine	1	Ej. Ingerir con una diferencia mínima de 8 horas.

+ Agregar prescripción

Registrar Cancelar

Figura 18: Formulario de tratamiento.

El Sistema de Alerta de Carga Anticolinérgica Total de los Pacientes se activará cada vez que se añada un medicamento al formulario de tratamiento. Este sistema calcula la carga anticolinérgica total del tratamiento en curso y estima el valor total de un posible tratamiento futuro. Si el medicamento añadido al formulario tiene carga anticolinérgica, aumentando por lo tanto la carga anticolinérgica total en caso de prescribirse, el sistema generará una advertencia en la parte superior del formulario. Esta advertencia alertará sobre el incremento en la carga anticolinérgica total de los pacientes si se procede con el registro de dicho medicamento. Además, la advertencia presentará el valor total de la carga anticolinérgica que los pacientes tendrán si se continúa con el registro.

Advertencia

Si añade estos medicamentos la carga anticolinérgica de los pacientes aumentará a: 4

Figura 19: Advertencia de aumento de carga anticolinérgica en formulario de tratamiento.

4. Implementación de la Solución

En las secciones anteriores, se abordó el diseño de la solución la cual incluye tanto el prototipo del dashboard de monitorización de carga anticolinérgica de pacientes como los endpoints que se encargan de realizar este cálculo. Tanto el prototipo de dashboard como los endpoints correspondientes se integrarán a una arquitectura preexistente desarrollada en el marco del proyecto FONDEF la cual se identifica como AFAM 2.0, acrónimo de Adherencia Farmacológica en Adultos Mayores. Esta arquitectura preexistente fue desarrollada por el equipo del proyecto e incluye múltiples aplicaciones y componentes. A continuación, se abordará la arquitectura del sistema AFAM 2.0 con la solución propuesta integrada, el modelo de datos, las herramientas utilizadas y finalmente se presentará el prototipo final del dashboard junto con un posible caso de recomendación de desprescripción integrado en el prototipo de ficha clínica.

4.1 Arquitectura de Software

A continuación se presenta la descripción detallada de la arquitectura del sistema AFAM 2.0 con el dashboard de monitorización de carga anticolinérgica de pacientes integrado en la siguiente figura.

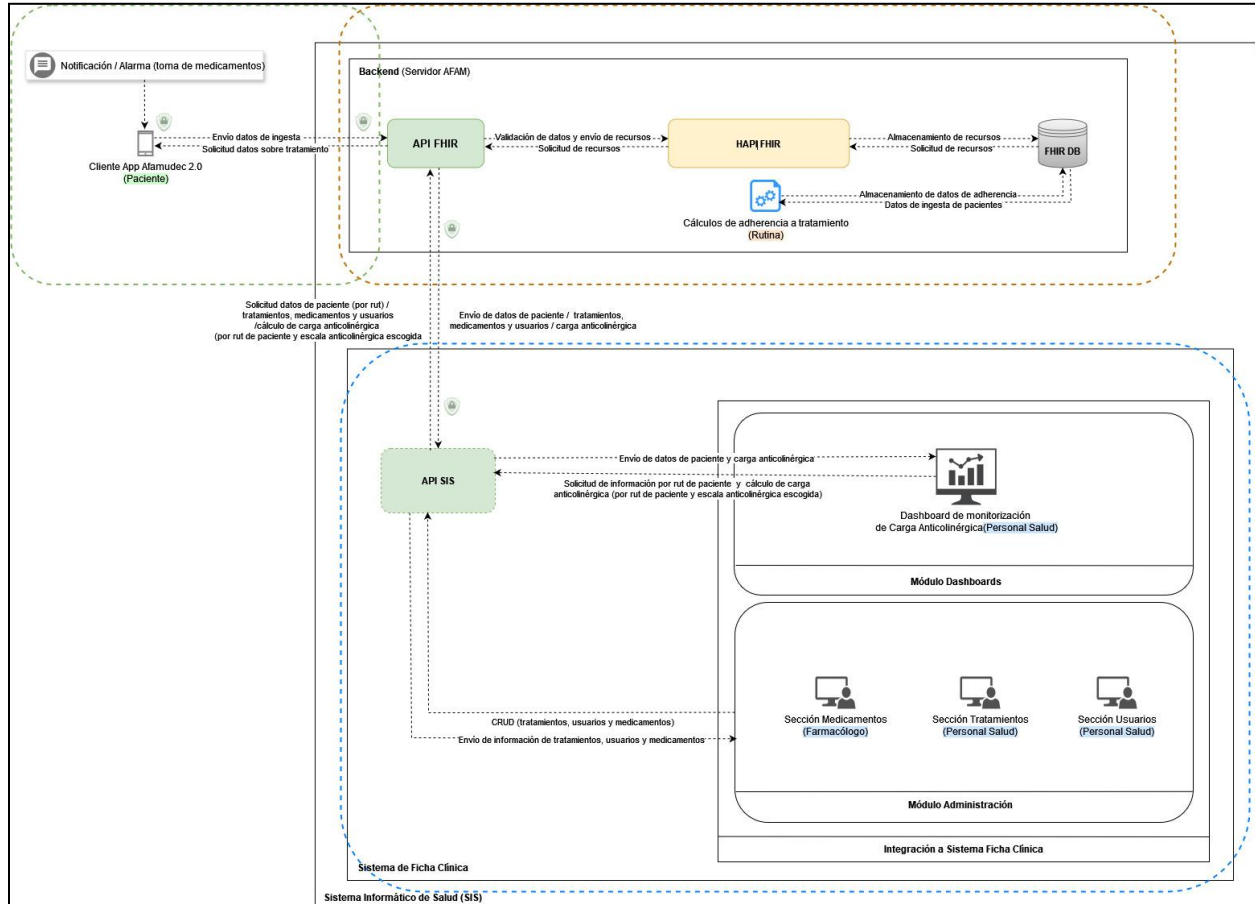


Figura 20: Arquitectura Sistema AFAM 2.0. [36]

La descripción de los principales componentes es:

- **Aplicación Móvil:** Se encarga de registrar los datos de ingesta de medicamentos de los pacientes y notifica a los usuarios con alarmas sobre la toma de sus medicamentos.
- **API FHIR:** Procesa y valida las solicitudes de la aplicación móvil, transfiere recursos al HAPI FHIR y comunica datos de pacientes y tratamientos a la API SIS.
- **API SIS:** Es la interfaz de software de entrada al sistema de ficha clínica. En esta API se encuentran integrados los endpoints que se encargan de calcular la carga anticolinérgica de los pacientes y le comunica el resultado al dashboard de monitorización de carga anticolinérgica. Además esta API recibe solicitudes de información del paciente mediante su rut y solicita al Backend estos datos.
- **HAPI FHIR:** Maneja las solicitudes provenientes de la API FHIR, organizándolas y procesándolas para asegurar su almacenamiento adecuado en la base de datos FHIR.

- **Base de Datos FHIR:** Almacena datos de pacientes relacionados con la adherencia al tratamiento y permite realizar cálculos y análisis para determinar el nivel de adherencia de un paciente.
- **Dashboard de Monitorización de Carga Anticolinérgica:** Interactúa con la API SIS, solicitando o filtrando información del paciente según sea necesario, igualmente solicita el cálculo de la carga anticolinérgica del paciente según su rut y la escala escogida.
- **Módulo Dashboard Global:** Este prototipo, descrito en esta memoria, se divide en dos dashboards. Solicita información sociodemográfica de los pacientes y los índices de adherencia.
- **Módulo de Administración:** Se encarga de gestionar datos relacionados con tratamientos y prescripciones, entre otros.

A continuación, se incluye un diagrama C4³ de nivel dos de la arquitectura presentada, centrada en el sistema de ficha clínica, para dar una mejor perspectiva de las interacciones del usuario con el sistema, así como de las interacciones internas del sistema.

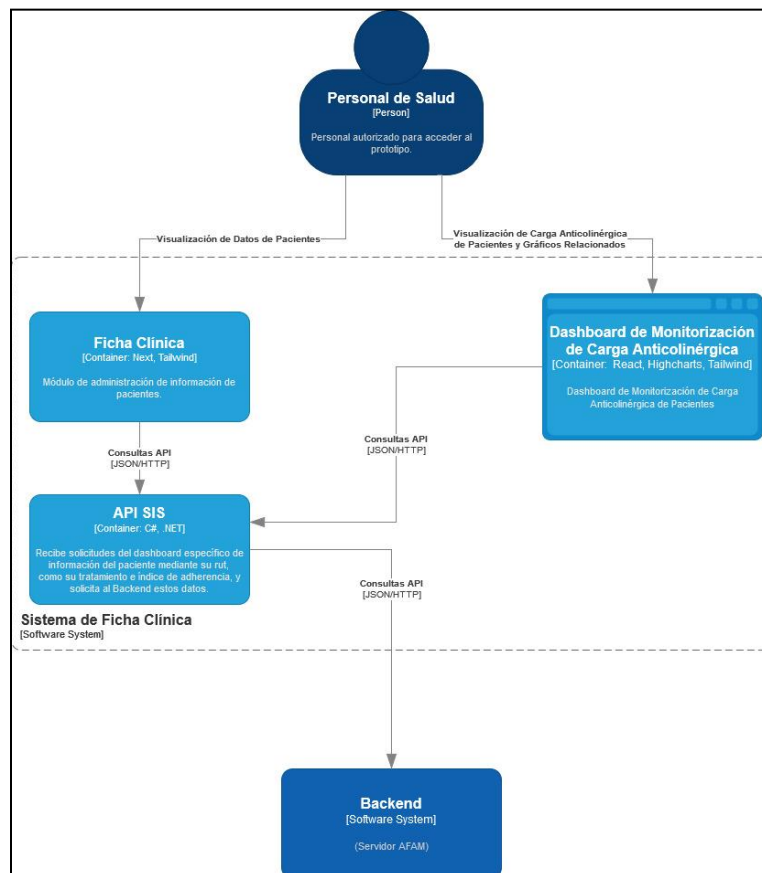


Figura 21: Modelo C4 Nivel Contenedores de Arquitectura del Prototipo [A2].

³ Un diagrama C4 es una herramienta de modelado utilizada para visualizar la arquitectura de software. Divide el sistema en cuatro niveles de detalle: Contexto, Contenedores, Componentes, y Código. El objetivo del diagrama C4 es proporcionar una representación clara y estructurada de cómo interactúan los diferentes elementos dentro de un sistema, facilitando la comprensión y comunicación entre desarrolladores, arquitectos y otros interesados en el proyecto.

4.2 Modelo de Datos

A continuación, se muestra el modelo de entidad-relación implementada en el servidor FHIR, cada entidad mostrada en el modelo cuenta con un recurso FHIR asociado.

Para esta memoria en particular, con el objetivo de calcular la carga anticolinérgica total de los pacientes, se utilizan las siguientes entidades:

1. **Paciente:** Se busca la tupla de la entidad Paciente cuya clave primaria sea igual al del rut del paciente entregado para realizar el cálculo de la carga anticolinérgica, a partir de esto se extrae la información básica de los pacientes.
2. **Tratamiento:** Se buscan todas las tuplas de la entidad Tratamiento cuya clave foránea "rut_paciente" sea igual al rut del paciente entregado para realizar el cálculo de la carga anticolinérgica.
3. **Prescripción:** Para cada tupla de la entidad Tratamiento, se extrae su clave primaria y se buscan todas las tuplas de la entidad Prescripción cuya clave foránea "id_tratamiento" coincida con dicha clave primaria.
4. **Medicamento:** Por cada tupla de la entidad Prescripción, se extrae la clave foránea "codigo_id_medicamento" y se buscan todas las tuplas de la entidad Medicamento cuya clave primaria coincide con dicha clave primaria, es en base a estas tuplas que se hace el cálculo de la carga anticolinérgica total.

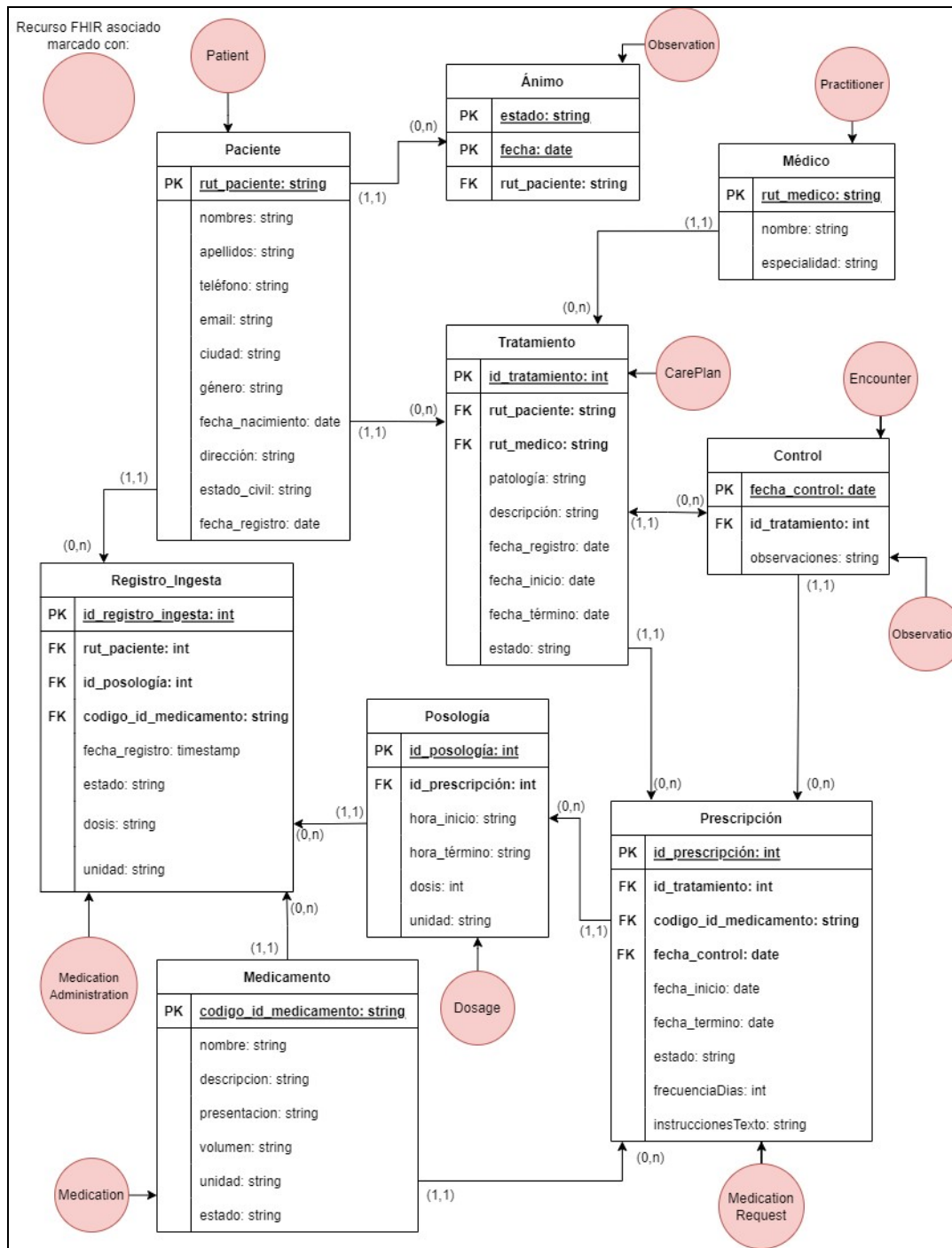


Figura 22: Modelo de datos AFAM 2.0.

4.3 Herramientas

Durante el desarrollo de esta memoria se utilizaron las siguientes herramientas para el desarrollo del prototipo:

- **Visual Studio Code:** Es un editor de código desarrollado por Microsoft. Incluye soporte para depuración, control integrado de Git, finalización inteligente de código y una gran diversidad de extensiones que facilitan tremendamente el trabajo del programador.
- **React:** Es una biblioteca de javascript de código abierto para construir interfaces de usuario basada en componentes individuales lo cual facilita el desarrollo de aplicaciones en una sola página.
- **Highcharts:** Es una biblioteca de javascript para crear visualizaciones de datos. Highcharts contiene una amplia variedad de gráficos fáciles de desplegar ofreciendo además la posibilidad de personalizar extensamente cada uno de estos según las preferencias del programador.
- **Vite:** Es una herramienta para la construcción de aplicaciones front-end que mejora significativamente la experiencia de desarrollo. Vite permite la fácil creación de despliegue de proyectos en React y en Vue.
- **Tailwind:** Es un framework de CSS de código abierto que permite a los usuarios crear una aplicación de forma más rápida y más sencilla.
- **.Net:** Es una plataforma de código abierto utilizada para construir aplicaciones web, de escritorio y móviles las cuales corren de forma nativa en cualquier sistema operativo.
- **Docker:** Es una plataforma de código abierto diseñada para desarrollar, desplegar y ejecutar aplicaciones dentro de contenedores. Los contenedores permiten empaquetar una aplicación junto con todas sus dependencias y configuraciones necesarias, asegurando que se ejecutará de la misma manera en cualquier entorno que tenga docker instalado.
- **Figma:** Es una herramienta de diseño gráfico y prototipado. Se utiliza para la creación de mockups de interfaces de usuario.

4.4 Presentación del Prototipo

A continuación se presentan imágenes tanto de la versión final del prototipo de dashboard como de un posible caso de recomendación de desprescripción integrado en el prototipo de ficha clínica.

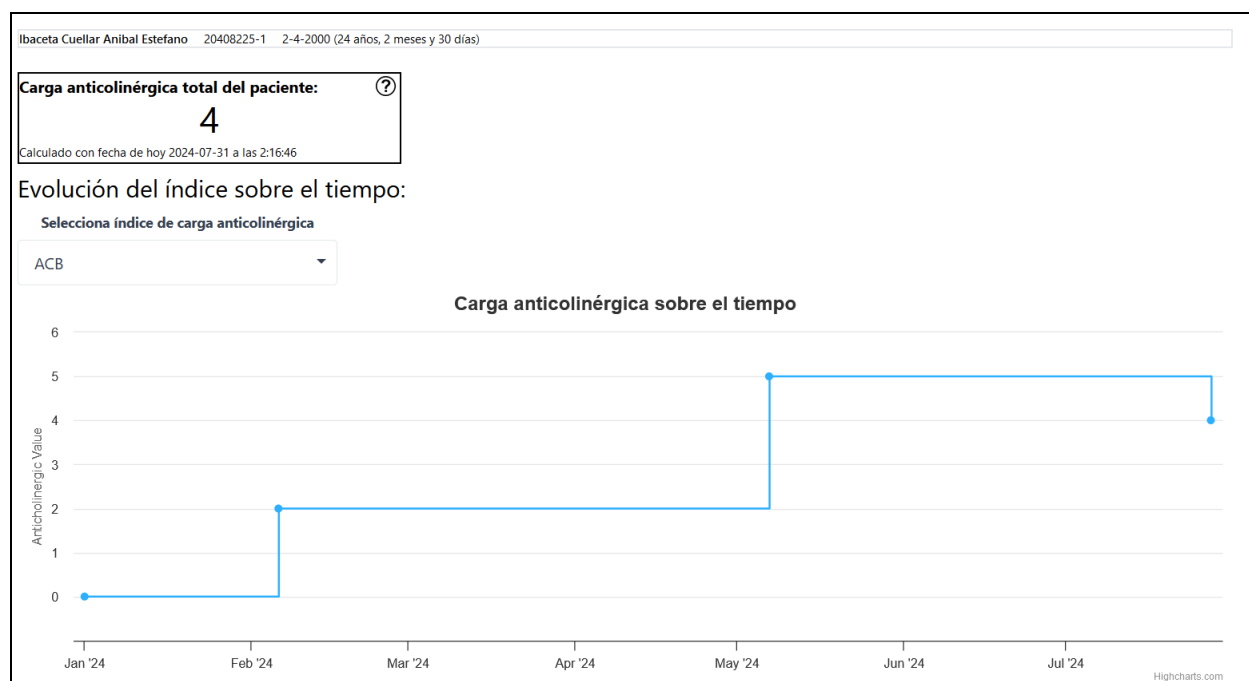


Figura 23: Vista superior del prototipo de dashboard de monitorización de carga anticolinérgica de pacientes.

Administrar medicación de paciente
 Fecha seleccionada: **07/05/2024**

Nombre del medicamento	Estado	Dosis	Detalles	Valor de la escala
HIDROCLOROTIAZIDA	Activo	25mg	Tomar 25 mg una vez al día por vía	0
RANITIDINE	Activo	10mg	Tomar 10 mg una al día por vía or	1
ALIMEMAZINE	Activo	20mg	Tomar 20 mg una vez al día por vía	1
PROPENTHELINE	Activo	25mg	Tomar 25 mg una vez al día por vía	3

Seleccionar fecha

< mayo 2024 >

lu	ma	mi	ju	vi	sá	do
29	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2

Figura 24: Vista inferior del prototipo de dashboard de monitorización de carga anticolinérgica de pacientes.

Ficha Clínica Inicio Sesión

Perfil de Paciente Ir a dashboard

Tratamientos

Formulario de Tratamiento ✕

Fecha de registro: 26-06-2024

Descripción

Prescripciones

Medicamento	Frecuencia (diaria)	Instrucciones
Cyclobenzaprine	1	Ej. Ingerir con una diferencia mínima de 8 horas.

[+ Agregar prescripción](#)

[Registrar](#) [Cancelar](#)

Figura 25: Vista de posible propuesta de desprescripción basada en el cálculo de la carga anticolinérgica de los pacientes.

4.5 Elementos y Detalles del Prototipo

En cuanto a los elementos del prototipo de dashboard de monitorización de carga anticolinérgica de pacientes, estos reflejan completamente las descripciones individuales que se les dieron en la sección anterior. A continuación, se muestra la información presentada al profesional médico para adoptar medidas de modificación o desprescripción del tratamiento, basada en el cálculo de la carga anticolinérgica de los pacientes mostrada en la última vista de la subsección anterior.

Ficha Clínica Pacientes Medicamentos Rut: 12345678-9 Cerrar Sesión

Perfil de Paciente: 20409287-7 Ir a dashboard

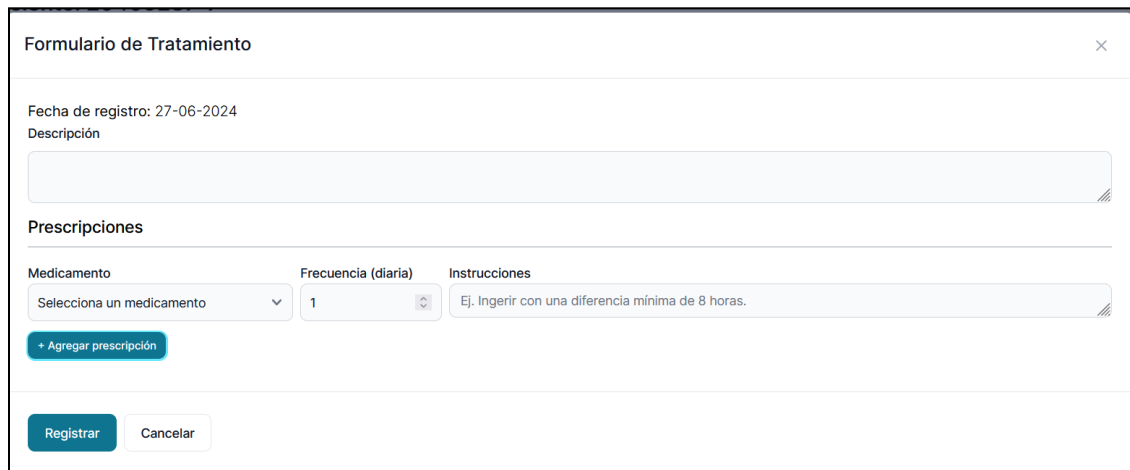
Tratamientos

ID	FECHA DE INICIO	ESTADO	DESCRIPCIÓN
tratamiento_cr2	15-03-2023	Activo	Tratamiento para la hipertensión arterial Ver detalles

[Nuevo Tratamiento](#)

Figura 26: Perfil de paciente en prototipo de ficha clínica.

Al momento de abrir la sección de pacientes en el prototipo de ficha clínica y seleccionar a un paciente específico es posible añadir un nuevo tratamiento a su ficha presionando un botón, al presionar este botón se abre un formulario de tratamiento. En este formulario junto con describir el tratamiento es posible añadir los medicamentos que se estimen convenientes de una lista de medicamentos disponibles, además, por cada medicamento se puede indicar la frecuencia diaria e instrucciones específicas de consumo.



Formulario de Tratamiento

Fecha de registro: 27-06-2024

Descripción

Prescripciones

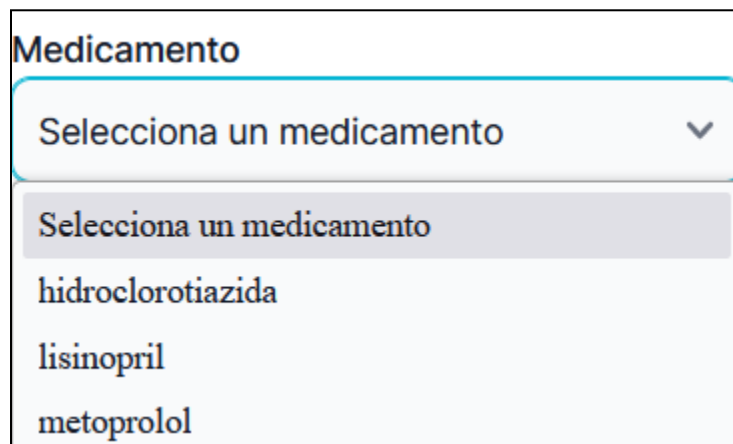
Medicamento	Frecuencia (diaria)	Instrucciones
Selecciona un medicamento	1	Ej. Ingerir con una diferencia mínima de 8 horas.

+ Agregar prescripción

Registrar Cancelar

Figura 27: Formulario de tratamiento.

Cuando se elige entre la selección disponible de medicamentos si se selecciona un medicamento sin carga anticolinérgica como es el caso de la figura 27 no habrá ningún cambio con respecto al procedimiento normal; en cambio, si se selecciona un medicamento que sí posea carga anticolinérgica se mostrará una advertencia tal como se muestra en la figura 28. En esta advertencia se lee “Si añade estos medicamentos la carga anticolinérgica de los pacientes aumentará a: 4”, siendo 4 la carga anticolinérgica hipotética del paciente si se añade el medicamento en cuestión, la cual es calculada en segundo plano cada vez que se añade un medicamento al tratamiento que se está creando.



Medicamento

Selecciona un medicamento

Selecciona un medicamento

hidroclorotiazida

lisinopril

metoprolol

Figura 28: Selección de medicamentos disponibles.

The image shows a web interface for a treatment form. At the top, there is a yellow banner with the text: "Advertencia Si añade estos medicamentos la carga anticolinérgica de los pacientes aumentará a: 4". Below the banner is a white box titled "Formulario de Tratamiento" with a close button (X). Inside the box, it shows "Fecha de registro: 27-06-2024" and a "Descripción" field. Below that is a "Prescripciones" section with a table. The table has three columns: "Medicamento", "Frecuencia (diaria)", and "Instrucciones". The first row contains "Cyclobenzaprine" in a dropdown, "1" in a spinner, and "Ej. Ingerir con una diferencia mínima de 8 horas." in a text field. Below the table is a "+ Agregar prescripción" button. At the bottom of the form are "Registrar" and "Cancelar" buttons.

Medicamento	Frecuencia (diaria)	Instrucciones
Cyclobenzaprine	1	Ej. Ingerir con una diferencia mínima de 8 horas.

Figura 29: Advertencia de aumento de carga anticolinérgica en formulario de tratamiento.

Esta advertencia presentada al personal de salud al momento de crear nuevos tratamientos ofrece a los médicos la posibilidad de reconsiderar las prescripciones a pacientes, haciendo que estos ponderen los pros y los contras de prescribir medicamentos con carga anticolinérgica y buscando que se centren en elegir la mejor opción para sus pacientes.

5. Evaluación de la Solución

Con el objetivo de obtener retroalimentación incluyendo críticas y sugerencias de la solución presentada, específicamente del dashboard de monitorización de carga anticolinérgica, se realizó una evaluación del prototipo en conjunto con el equipo interdisciplinario del proyecto AFAM 2.0, dicha evaluación se realizó haciendo uso de una herramienta que nos permite en pocas palabras conocer que tan usable es el prototipo, esta herramienta corresponde al cuestionario de usabilidad SUS.

Para poder usar esta herramienta se proporcionó a los usuarios que formarán parte del test con una serie instrucciones específicas sobre cómo acceder y operar el sitio, junto con esto se les proporcionó con un conjunto de ejercicios a realizar haciendo uso del prototipo. Luego se les pidió a los usuarios completar el cuestionario de usabilidad SUS. Finalmente mediante el uso del puntaje final calculado y la retroalimentación directa de los usuarios es posible extraer conclusiones valiosas con el prototipo que pueden ser usadas para mejorarlo.

5.1 Formulario de usabilidad SUS

Para la presente memoria se utilizará el formulario de usabilidad SUS que ha sido utilizado por otros miembros del equipo y que ha sido modificado en cuanto a las preguntas para adaptarlo mejor al contexto del proyecto y el prototipo de dashboard presentado.

	1 Totalmente en desacuerdo	2 En desacuerdo	3 Neutro	4 De acuerdo	5 Totalment e de acuerdo
Me gustaría utilizar el prototipo de dashboard con frecuencia					
Encontré el prototipo de dashboard innecesariamente complejo					
Pensé que el prototipo de dashboard era fácil de usar					
Necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este dashboard					
Encontré que las diversas funciones de este prototipo estaban bien integradas					
Consideré que había demasiadas inconsistencias en el prototipo					
Considero que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este dashboard muy rápidamente					
Encontré el dashboard muy complicado de usar					
Me sentí muy seguro usando el prototipo					
Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este el prototipo de dashboard					

Tabla 13: Formulario de usabilidad SUS

5.1.1 Resultados del Formulario SUS

A continuación, se presentan los puntajes obtenidos en el formulario de usabilidad SUS, los cuales están en una escala de 1 a 100. Los usuarios que respondieron al formulario son representados por números y, entre paréntesis, se indica la disciplina a la que pertenece cada usuario: informática (IT), biomedicina (BM) o trabajo social (TS). Finalmente, se incluye una conclusión acerca de qué tan satisfechos están los usuarios con la plataforma, basada en la escala y el rango de valores establecidos por el formulario SUS.

Usuario	Puntaje SUS
01 (IT)	82.5
02 (IT)	92.5
03 (BM)	95
04 (IT)	82.5
05 (TS)	87.5
06 (IT)	85
Promedio	87.5

Tabla 14: Resultados del formulario de usabilidad SUS

Basándonos en los resultados obtenidos en la tabla 14, obtenemos un puntaje promedio de 87.5.

Al comparar los resultados obtenidos con la escala presentada en la Figura 5, queda en evidencia que el puntaje obtenido cae en la categoría de “aceptable” en la escala de aceptabilidad y cae en el rango de adjetivo como “excelente”.

En cuanto a los comentarios adicionales que fueron presentados por los usuarios a través de un campo de texto que se incluyó al final del formulario SUS, se destacan el mover el calendario de selección de fechas a otra posición que le permita al usuario acceder a este de forma más fácil, añadir información que explique la definición de carga anticolinérgica y que aborde las escalas implementadas, clarificar de mejor forma cual es la escala seleccionada y añadir una lista de fechas disponibles como una alternativa al calendario de selección de fechas.

5.2 Seguridad

En cuanto a la seguridad de la solución, esta se apoya en la seguridad ya existente desarrollada para el proyecto AFAM 2.0, específicamente en los JWT tokens que usa el sistema para proteger los datos de usuario los cuales gracias al uso de firmas digitales logran

proteger la información sensible de los usuarios y asegurarse que terceras personas no puedan acceder a esta sin tener autorización previa [\[26\]](#).

5.3 Trabajo Futuro

Incorporación de retroalimentación y comentarios

La retroalimentación que fue obtenida a partir de las respuestas dadas por el equipo al formulario de usabilidad debe ser usada para mejorar el prototipo y la experiencia del usuario de aquellos que lo utilizan. A partir de las respuestas obtenidas en el formulario surgen los siguientes puntos claves a mejorar:

- **Selección de fechas:** Mover el calendario que permite seleccionar las fechas disponibles a una posición más accesible.
- **Información sobre la carga anticolinérgica:** Añadir una sección que explique qué es la carga anticolinérgica y que muestre información sobre las escalas implementadas.
- **Descripción del medicamento:** Aumentar el largo de la descripción de los medicamentos que aparecen en la sección de administración de la medicación de pacientes.

Implementación de más escalas para la calculadora

Con el objetivo de proporcionar una mejor perspectiva a los profesionales de la salud que harán uso de la solución propuesta, así como abordar la mayor cantidad de medicamentos posibles, surge la necesidad de incorporar más escalas a la calculadora de carga anticolinérgica. Se puede dar el caso de que existan pacientes con prescripciones activas a medicamentos que no están en ninguna de las escalas que fueron consideradas para esta memoria

Desarrollo de guías de desprescripción para medicamentos

Si bien se propuso e implementó una advertencia de aumento de carga anticolinérgica en el prototipo de ficha clínica, con el objetivo de que el profesional de la salud reconsidere una prescripción en particular y buscar que este tenga una perspectiva completa de los pros y los cons de una futura prescripción, resulta de especial importancia abordar el caso de pacientes que tienen prescripciones previas y que tienen una alta carga anticolinérgica, lo cual puede ser observado en el dashboard de monitorización de carga anticolinérgica.

Con esto en mente, surge la necesidad de implementar guías de desprescripción para medicamentos con una alta carga anticolinérgica, esto debido al hecho de que la desprescripción no es simplemente la anulación de la prescripción de un medicamento, sino que es un proceso que requiere tiempo, atención y la supervisión de un profesional de la salud, requiriendo de un proceso de múltiples etapas en la cual se acompaña y monitorea al paciente hasta que este deja de consumir la medicación recetada [\[27\]](#).

Es posible, para cumplir con este propósito, el diseño de guías de desprescripción en conjunto con el equipo médico del proyecto o el uso de guías generales de desprescripción que ya

existen para ciertos tipos de medicamentos como por ejemplo antidepresivos y antipsicóticos [30]. Una vez que se ha decidido qué guías se usarán es posible implementarlas ya sea en el prototipo de ficha clínica o en el dashboard de monitorización de carga anticolinérgica.

6. Conclusiones

Debido a todos los efectos adversos acumulativos que puede tener la combinación de medicamentos con acción anticolinérgica en los pacientes, resulta de vital importancia sobre todo en personas mayores, su monitoreo continuo. Esta necesidad es especialmente crítica en pacientes que sufren de multimorbilidad (definida como la presencia de dos o más enfermedades crónicas en un mismo individuo), condición cuyo riesgo aumenta con la edad. El monitoreo de los efectos adversos de un tratamiento farmacológico, sin embargo, no resulta sencillo debido a la falta de herramientas que lo permitan.

Si bien se logró encontrar una herramienta similar de monitorización de carga anticolinérgica de pacientes durante el proceso de investigación, esta fue la excepción ya que no se pudo encontrar ninguna otra. Además, la única herramienta que se encontró solo hacía uso de una escala. Con esto en cuenta, considerando las necesidades de los usuarios en cuanto a escalas a ser utilizadas así como el hecho de que se requería que la solución se acoplara a una arquitectura ya existente y compleja, deja entrever de forma clara el hecho de que no existe ninguna solución previa que cumpla con estos requerimientos y que se requería el desarrollo de una propia.

En ese sentido, se han cumplido completamente los objetivos de esta memoria de título. Además se han cumplido con todos los requisitos de los usuarios y el proyecto se ha establecido como una herramienta esencial para el monitoreo de la carga anticolinérgica de los pacientes, sirviendo como ayuda a los profesionales de la salud, dándoles una perspectiva más completa de la situación individual de los pacientes, permitiéndoles de esta forma tener más información para poder escoger la mejor opción para los pacientes y reducir en lo posible los efectos adversos acumulativos asociados a los medicamentos con acción anticolinérgica, mejorando de esta forma la calidad de vida de los pacientes.

Finalmente, usando como base la presente memoria, es posible crear una herramienta aún más completa mediante la incorporación de más escalas de medición de carga anticolinérgica. Asimismo, también es posible transformarla de una “herramienta de monitoreo” a una “herramienta de monitoreo y desprescripción”, mediante la incorporación de reglas de desprescripción de medicamentos y una funcionalidad que le permita a los profesionales de la salud de prescribir medicamentos con alta carga anticolinérgica dentro de la misma plataforma.

7. Referencias

- [1] Andrade, R., Wangenheim A., Savaris A., Petry K. (2013). Using a Health Level 7 Interoperability Bus to Support Legacy Systems in the Health Domain. E-Health Telecommunication Systems and Networks, Vol. 2 No. 4, 2013, pp. 72-80. doi: 10.4236/etsn.2013.24010.
- [2] HL7 International (2019). FHIR Release 4 (Technical Correction #1) (v4.0.1) <http://hl7.org/fhir/> (Ret: Jan 28, 2020)
- [3] “Carga anticolinérgica: ¿Cómo aligerarla?” https://www.saludyfarmacos.org/lang/es/boletin-farmacos/boletines/feb202005/13_ca/. [Accedido: 07-05-2024]
- [4] ICOMOu, “Deprescripción de fármacos,” YouTube. Nov. 28, 2019. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=5nrRryPCaLM>
- [5] Laia Robert, Laura Diego, Mar Casanovas, Àngels Pellicer, Esther Ribes, Gemma Rodríguez. Carga anticolinérgica: ¡piensemos en ella! Aspectos de seguridad más allá de la visión borrosa y la sequedad de boca. Butlletí d’informació terapèutica (BIT) CatSalut. 2018;29(8):52-57.
- [6] Rudolph JL, Salow MJ, Angelini MC, McGlinchey RE. The Anticholinergic Risk Scale and Anticholinergic Adverse Effects in Older Persons. Arch Intern Med. 2008;168(5):508–513. doi:10.1001/archinternmed.2007.106
- [7] Sabate E. World Health Organization. Adherence to Long Term Therapies: Evidence for Action. Geneva: World Health Organization; 2003.
- [8] I.- WwwwllogicaCl, “Uso de fármacos en el adulto mayor, artículo de Geriatria UC,” Escuela De Medicina, Jun. 14, 2018. <https://medicina.uc.cl/publicacion/uso-farmacos-adulto-mayor/>
- [9] J. M. Ruscin and S. A. Linnebur, “Problemas relacionados con los fármacos en los ancianos,” Manual MSD Versión Para Profesionales, Jul. 14, 2021. <https://www.msdmanuals.com/es-co/professional/geriatr%C3%ADa/farmacoterapia-en-los-ancianos/problemas-relacionados-con-los-f%C3%A1rmacos-en-los-ancianos>
- [10] P. Tiwari, S. Dwivedi, M. P. Singh, R. Mishra, and A. Chandy, “Basic and modern concepts on cholinergic receptor: A review,” Asian Pacific Journal of Tropical Disease, vol. 3, no. 5, pp. 413–420, Oct. 2013, doi: 10.1016/s2222-1808(13)60094-8.

- [11] N. Ghossein, M. Kang, and A. D. Lakhkar, "Anticholinergic medications," StatPearls - NCBI Bookshelf, May 08, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555893/>
- [12] Boustani, Malaz & Campbell, Noll & Munger, Stephanie & Fox, Chris. (2008). Impact of Anticholinergics on the Aging Brain: A Review and Practical Application. *Aging Health*. 4. 311-320. 10.2217/1745509X.4.3.311.
- [13] H. Sánchez-Pérez, F. J. Ramírez-Rosillo, and R. Carrillo-Esper, "Polifarmacia en el adulto mayor. Consideraciones en el perioperatorio," *Deleted Journal*, vol. 45, no. 1, pp. 40–47, Jan. 2022, doi: 10.35366/102902.
- [14] Rudolph JL, Salow MJ, Angelini MC, McGlinchey RE. The Anticholinergic Risk Scale and Anticholinergic Adverse Effects in Older Persons. *Arch Intern Med*. 2008;168(5):508–513. doi:10.1001/archinternmed.2007.106
- [15] M. T. Baysari et al., "Supporting deprescribing in hospitalised patients: formative usability testing of a computerised decision support tool," *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 21, no. 1, Apr. 2021, doi: 10.1186/s12911-021-01484-z.
- [16] "Carga anticolinérgica: ¿Cómo aligerarla?" https://www.saludyfarmacos.org/lang/es/boletin-farmacos/boletines/feb202005/13_ca/. [Accedido: 07-05-2024]
- [17] "FHIR® - Fast Healthcare Interoperability Resources® | ECQI Resource Center." https://ecqi.healthit.gov/fhir?qt-tabs_fhir=about. [Accedido: 03-06-2024]
- [18] R. Chorny, "FHIR Standard Explained: Components, Benefits and Challenges," *BinariKS*, Aug. 19, 2022. <https://binariKS.com/blog/fhir-explained/>. [Accedido: 03-07-2024]
- [19] "Bearer Authentication." <https://swagger.io/docs/specification/authentication/bearer-authentication/>. [Accedido: 08-05-2024]
- [20] "JSON Schema - Creating your first schema." <https://JSON-schema.org/learn/getting-started-step-by-step>. [Accedido: 29-07-2024]
- [21] Wikipedia contributors, "CURL," Apr. 15, 2024. <https://en.wikipedia.org/wiki/CURL>. [Accedido: 08-05-2024]
- [22] "Fundamentals of data structures: Dictionaries - Wikibooks, open books for an open world."

- https://en.wikibooks.org/wiki/A-level_Computing/AQA/Paper_1/Fundamentals_of_data_structures/Dictionaries.
[Accedido: 22-05-2024]
- [23] Wikipedia contributors, "ISO 8601," Wikipedia, Jul. 08, 2024.
https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_8601.
[Accedido: 22-05-2024]
- [24] AppSealing, "API wrapper: The what, who, why," AppSealing, Jun. 05, 2023.
<https://www.appsealing.com/api-wrapper/>.
[Accedido: 04-06-2024]
- [25] Wikipedia contributors, "Single-page application," Wikipedia, Jul. 02, 2024.
https://en.wikipedia.org/wiki/Single-page_application.
[Accedido: 12-06-2024]
- [26] A. Affes, "JWT how does it work and is it secure?," DEV Community, Oct. 13, 2021.
<https://dev.to/darken/jwt-how-does-it-work-and-is-it-secure-37n>.
[Accedido: 03-07-2024]
- [27] "Deprescribing" UpToDate. <https://www.uptodate.com/contents/deprescribing>.
[Accedido: 08-07-2024]
- [28] R. L. Claudio, "Integración de visualización de datos de adherencia a tratamiento farmacológico a través de ficha clínica.," 2023.
<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/11381>.
- [29] C. R. Hugo, "Arquitectura para transmisión de datos de salud desde dispositivos móviles a fichas clínicas.," 2023. <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/11749>.
- [30] Ailabouni, N., Mangin, D. & Nishtala, P.S. DEFEAT-polypharmacy: deprescribing anticholinergic and sedative medicines feasibility trial in residential aged care facilities. *Int J Clin Pharm* 41, 167–178 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11096-019-00784-9>
- [31] J. M. Anguiano, "De la Escala de Usabilidad de Sistemas - Jorge Montiel Anguiano - Medium," Medium, Jun. 04, 2018. [Online]. Available:
<https://medium.com/@m00nt/de-la-escala-de-usabilidad-de-sistemas-97c935e68fa9>
- [32] "FigMa: The Collaborative Interface Design Tool," Figma. <https://www.figma.com/>.
[Accedido: 13-06-2024]
- [33] Wikipedia contributors, "Health level seven international," Wikipedia, Jan. 11, 2024.
https://en.wikipedia.org/wiki/Health_Level_Seven_International.
[Accedido: 28-07-2024]

- [34] R. G. Stefanacci and T. Khan, "Can managed Care manage polypharmacy?," Clinics in Geriatric Medicine, vol. 33, no. 2, pp. 241–255, May 2017, doi: 10.1016/j.cger.2017.01.005.
- [35] C. A. Doyle and C. J. McDougale, "Cholinergic system," in Springer eBooks, 2021, pp. 943–948. doi: 10.1007/978-3-319-91280-6_820.
- [36] "draw.io - free flowchart maker and diagrams online."
https://app.diagrams.net/?src=about#G1AXutzlvLmSNSfsaRKzY6ZPpopv5h2BEh#%7B%22pageId%22%3A%22MMqHk4tB_4DvP9wsdHmn%22%7D.
 [Accedido: 23-06-2024]
- [37] U.S. National Library of Medicine, "Overview of SNOMED CT."
https://www.nlm.nih.gov/healthit/snomedct/snomed_overview.html.
- [38] O'Connell, J., Burke, É., Mulryan, N., O'Dwyer, C., Donegan, C., McCallion, P., McCarron, M., Henman, M. C., & O'Dwyer, M. (2018). Drug burden index to define the burden of medicines in older adults with intellectual disabilities: An observational cross-sectional study. *British journal of clinical pharmacology*, 84(3), 553–567.
<https://doi.org/10.1111/bcp.13479>

8. Anexos

8.1 Endpoints

- **A1: Esquema Json de la respuesta obtenida al hacer una petición al endpoint de Datos para Dashboard de Monitorización de Carga Anticolinérgica de Pacientes:**

```
{
  "$schema": "http://JSON-schema.org/draft-04/schema#",
  "type": "object",
  "properties": {
    "fecha": {
      "type": "object",
      "properties": {
        "subTotal": {
          "type": "array",
          "items": [
            {
```

```

    "type": "object",
    "properties": {
      "name": {
        "type": "string"
      },
      "state": {
        "type": "string"
      },
      "details": {
        "type": "string"
      },
      "subtotal": {
        "type": "integer"
      }
    },
    "required": [
      "name",
      "state",
      "details",
      "subtotal"
    ]
  },
  {
    "type": "object",
    "properties": {
      "name": {
        "type": "string"
      },
      "state": {
        "type": "string"
      },
      "details": {
        "type": "string"
      },
      "subtotal": {
        "type": "integer"
      }
    },
    "required": [
      "name",
      "state",
      "details",
      "subtotal"
    ]
  }

```

```
        ]
      }
    ]
  },
  "total": {
    "type": "integer"
  }
},
"required": [
  "subTotal",
  "total"
]
}
},
"required": [
  "date"
]
}
```

8.2 Arquitectura C4

- **A2 Modelo C4 Nivel Contenedores de Arquitectura del Prototipo**

