



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



FACULTAD DE  
INGENIERÍA

# MIA Portal

Informe de Proyecto de Grado presentado por:

Linette Grill Braun  
Álvaro Martín Badaracco Pagano  
Alejandro Daniel Casco Dabosio

en cumplimiento parcial de los requerimientos para la graduación de la  
carrera de Ingeniería en Computación de Facultad de Ingeniería de la  
Universidad de la República

## **Supervisoras**

Dra.Ing. LIBERTAD TANSINI  
Dra.Ing. REGINA MOTZ

Agosto, 2023



**MIA Portal** por Linette Grill Braun, Álvaro Martín Badaracco Paganó y Alejandro Daniel Casco Dabosio tiene licencia CC Atribución 4.0

# Agradecimientos

Queremos agradecer a Libertad Tansini y Regina Motz por su acompañamiento y enseñanza en este proceso.

También agradecer al equipo que integra el proyecto Semillero, Ángeles Beri, Carina Almirón, Mariana Bonifacino, Rosario Eugui, Ximena Martínez, Natalia Campiglia y Tamara Suárez.

# Resumen

Este trabajo se realiza en el marco del proyecto “Semillero”, financiado por el Espacio Interdisciplinario (EI) de la Universidad de la República [1], área que busca apoyar y financiar proyectos que requieran de diferentes disciplinas para su elaboración. Este está formado por médicas del Hospital Pasteur, docentes del Laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias e ingenieras de la Facultad de Ingeniería.

El Laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias realiza el monitoreo del polen y las esporas fúngicas en la atmósfera de Montevideo. En un proyecto de grado anterior al presente, se desarrolló la aplicación MIA (Mi Alergia) [2] para el seguimiento de síntomas alérgicos causados por polen y esporas fúngicas. La aplicación móvil MIA permite a los usuarios acceder a la información aeropalínológica diaria de Montevideo, así como registrar diariamente los síntomas asociados a la alergia.

El presente proyecto tiene como objetivo principal analizar, diseñar e implementar una aplicación que permita a las médicas e investigadoras del proyecto visualizar y analizar los datos recabados por la aplicación MIA, así como los datos de calidad del aire obtenidos en la Facultad de Ciencias.

La motivación radica en la necesidad de optimizar el manejo de los datos recabados, centralizar la información en una sola aplicación y facilitar el acceso a la misma para médicas e investigadoras. Actualmente, los datos son cargados manualmente en la base de datos de la aplicación MIA y, además, en hojas de Excel para realizar cálculos y análisis posteriores manualmente, buscando correlaciones con variables climáticas.

El proyecto busca proveer una herramienta que permita visualizar y analizar los datos recabados por la aplicación MIA y los datos de calidad del aire de manera más eficiente. Se propone cruzar esta información con datos meteorológicos proporcionados por el Instituto Uruguayo de Meteorología. Además, se pretende habilitar un mecanismo para que aplicaciones externas puedan acceder a los datos a través de una API. En este caso, la Intendencia Municipal de Montevideo utilizará esta conexión para consultar la información.

El resultado final del proyecto contribuirá a la extracción de patrones y construcción de modelos que relacionen los síntomas alérgicos con la concentración de polen y esporas fúngicas en la atmósfera de Montevideo, así como con factores meteorológicos. Esto permitirá mejorar la calidad de vida de los pacientes alérgicos y generar estrategias terapéuticas adecuadas. La herramienta desarrollada facilitará el trabajo de las médicas e investigadoras, reduciendo la carga operativa y proporcionando acceso centralizado a la información.

# Índice general

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción</b>                                       | <b>1</b>  |
| 1.1. Motivación . . . . .                                    | 2         |
| 1.2. Objetivos . . . . .                                     | 2         |
| 1.3. Trabajo anterior: Mi Alergia . . . . .                  | 3         |
| 1.4. Organización de este documento . . . . .                | 4         |
| <b>2. Marco legal y relevamiento de herramientas</b>         | <b>5</b>  |
| 2.1. Marco legal . . . . .                                   | 5         |
| 2.1.1. Ley 18.331: Protección de datos personales . . . . .  | 5         |
| 2.2. Herramientas para visualización de datos . . . . .      | 7         |
| 2.2.1. Google Looker Studio . . . . .                        | 7         |
| 2.2.2. JMP Statistical Discovery . . . . .                   | 8         |
| 2.2.3. Tableau . . . . .                                     | 9         |
| 2.2.4. Power BI . . . . .                                    | 9         |
| 2.3. Conclusión del relevamiento de herramientas . . . . .   | 10        |
| <b>3. Relevamiento de requerimientos</b>                     | <b>13</b> |
| 3.1. Actores y roles . . . . .                               | 14        |
| 3.1.1. Administrador . . . . .                               | 14        |
| 3.1.2. Investigador . . . . .                                | 15        |
| 3.1.3. Médico . . . . .                                      | 15        |
| 3.1.4. Paciente . . . . .                                    | 15        |
| 3.1.5. Intendencia de Montevideo . . . . .                   | 15        |
| 3.2. Requerimientos funcionales . . . . .                    | 15        |
| 3.2.1. Prioridad Alta . . . . .                              | 15        |
| 3.2.2. Prioridad Media . . . . .                             | 22        |
| 3.2.3. Prioridad Baja . . . . .                              | 24        |
| 3.3. Requerimientos no funcionales . . . . .                 | 25        |
| 3.3.1. Seguridad . . . . .                                   | 25        |
| 3.3.2. Diseño adaptativo . . . . .                           | 25        |
| 3.4. Conclusión del relevamiento de requerimientos . . . . . | 26        |
| <b>4. Diseño</b>                                             | <b>28</b> |
| 4.1. Arquitectura . . . . .                                  | 28        |
| 4.2. Modelo relacional . . . . .                             | 30        |

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5. Tecnologías</b>                                      | <b>33</b> |
| 5.1. Frontend . . . . .                                    | 33        |
| 5.1.1. ReactJS . . . . .                                   | 33        |
| 5.1.2. Next.js . . . . .                                   | 34        |
| 5.2. Backend . . . . .                                     | 35        |
| 5.2.1. Java 11 . . . . .                                   | 35        |
| 5.2.2. Maven . . . . .                                     | 36        |
| 5.2.3. Spring . . . . .                                    | 37        |
| 5.2.4. PostgreSQL . . . . .                                | 37        |
| 5.2.5. BCrypt . . . . .                                    | 38        |
| 5.2.6. Servidor SMTP de Gmail . . . . .                    | 39        |
| 5.2.7. Java Mail API . . . . .                             | 39        |
| 5.3. Servidor . . . . .                                    | 39        |
| 5.3.1. Docker . . . . .                                    | 40        |
| 5.3.2. Certbot . . . . .                                   | 41        |
| 5.3.3. Apache . . . . .                                    | 41        |
| <b>6. Implementación</b>                                   | <b>43</b> |
| 6.1. Frontend . . . . .                                    | 43        |
| 6.1.1. Interfaz de usuario . . . . .                       | 44        |
| 6.1.2. Manejo de cookies . . . . .                         | 44        |
| 6.1.3. Login . . . . .                                     | 45        |
| 6.1.4. Registrar usuario . . . . .                         | 46        |
| 6.1.5. Reportes . . . . .                                  | 46        |
| 6.1.6. Control de acceso a las páginas . . . . .           | 52        |
| 6.2. Backend . . . . .                                     | 53        |
| 6.2.1. Login y creación de usuarios . . . . .              | 54        |
| 6.2.2. Integración con API de Inumet . . . . .             | 54        |
| 6.2.3. Recurso para la Intendencia de Montevideo . . . . . | 56        |
| <b>7. Pruebas y validaciones</b>                           | <b>59</b> |
| 7.1. Frontend . . . . .                                    | 59        |
| 7.2. Backend . . . . .                                     | 61        |
| 7.3. Requerimientos no funcionales . . . . .               | 66        |
| 7.4. Conclusiones . . . . .                                | 67        |
| <b>8. Conclusiones y trabajo a futuro</b>                  | <b>69</b> |
| 8.1. Conclusiones . . . . .                                | 69        |
| 8.2. Trabajo a futuro . . . . .                            | 70        |
| 8.2.1. Requerimientos no implementados . . . . .           | 70        |
| 8.2.2. Integración con otras aplicaciones . . . . .        | 71        |
| 8.2.3. Mejoras técnicas y de infraestructura . . . . .     | 72        |
| <b>Bibliografía</b>                                        | <b>73</b> |
| <b>A. Metodología y proceso de trabajo</b>                 | <b>76</b> |

# Índice de figuras

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Inicio de sesión . . . . .                                                | 16 |
| 3.2. Creación de usuario . . . . .                                             | 17 |
| 3.3. Reporte por tipo . . . . .                                                | 18 |
| 3.4. Reporte diario . . . . .                                                  | 18 |
| 3.5. Reporte diario + meteorológico . . . . .                                  | 19 |
| 3.6. Reporte Síntomas Crónicos . . . . .                                       | 19 |
| 3.7. Reporte Entrada Diaria . . . . .                                          | 20 |
| 3.8. Reporte Test Prick . . . . .                                              | 21 |
| 3.9. Descargar reporte . . . . .                                               | 21 |
| 4.1. Arquitectura . . . . .                                                    | 30 |
| 4.2. Modelo relacional MIA Portal . . . . .                                    | 32 |
| 5.1. Proceso de compilación de Java . . . . .                                  | 36 |
| 5.2. Docker vs Máquinas Virtuales . . . . .                                    | 40 |
| 6.1. Login . . . . .                                                           | 45 |
| 6.2. Registrar Usuario . . . . .                                               | 46 |
| 6.3. Reporte por tipo . . . . .                                                | 47 |
| 6.4. Reporte diario . . . . .                                                  | 48 |
| 6.5. Reporte Diario + Meteorológico . . . . .                                  | 48 |
| 6.6. Reporte Síntomas Crónicos . . . . .                                       | 49 |
| 6.7. Reporte Entrada Diaria . . . . .                                          | 49 |
| 6.8. Reporte Test de Prick . . . . .                                           | 50 |
| 6.9. Proceso de configuración de fuentes de datos en Looker Studio . . . . .   | 51 |
| 6.10. Proceso de configuración de nuevos gráficos en Looker Studio . . . . .   | 52 |
| 6.11. Vistas de escritorio y móvil del mismo reporte . . . . .                 | 53 |
| 7.1. Mediciones de Page Speed Insights en dispositivos móviles y de escritorio | 68 |
| 8.1. Presentación de MIA Portal en el Congreso Anual AAAeIC . . . . .          | 70 |

# Capítulo 1

## Introducción

En Uruguay, se desconoce la prevalencia de la alergia respiratoria, así como también, la incidencia de pólenes y esporas fúngicas como desencadenantes de respuestas alérgicas.

Acceder a la información sobre las concentraciones atmosféricas de estos alérgenos resulta imprescindible para médicos y personas sensibles a los efectos de generar estrategias terapéuticas higiénico-ambientales adecuadas, fundamentales en la prevención de crisis de la enfermedad.

El monitoreo del polen y esporas fúngicas [3] en la atmósfera de Montevideo ha dependido de la iniciativa del Laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias [4] de la UdelaR, financiado por diversos proyectos.

En un proyecto de grado previo al presente desarrollado por las Ingenieras Natalia Campiglia y Tamara Suárez, se diseñó e implementó un prototipo de una aplicación móvil llamada MIA [2] (acrónimo de Mi Alergia), dirigida a pacientes con rinitis crónica alérgica causada por polen y esporas fúngicas.

La aeropalinología se ocupa del estudio de los granos de polen y esporas fúngicas presentes en la atmósfera como así también los distintos factores climato-ambientales vinculados con su liberación, dispersión y permanencia en ella.

La aplicación MIA, actualmente en funcionamiento, asiste al usuario alérgico en el seguimiento de sus síntomas, permitiendo el registro de síntomas diarios, medicamentos y prácticas del paciente, y brindando la información aeropalinológica (monitoreada en Facultad de Ciencias, como se menciona previamente) mediante un reporte diario de los niveles de concentración de los potenciales alérgenos de la atmósfera de Montevideo: esporas de hongos, pólenes de árboles y arbustos, y polen de hierbas.

Este trabajo se realiza en el marco del proyecto “Semillero”, financiado por el Espacio Interdisciplinario (EI) de la Universidad de la República [1]. El objetivo es analizar y definir los requerimientos para diseñar e implementar una aplicación web que permita a los médicos e investigadores que forman parte del proyecto Semillero, la visualización y análisis de los datos recabados por la aplicación MIA, así como de los datos respectivos a la calidad del aire recolectados en la Facultad de Ciencias.

## 1.1. Motivación

Actualmente, el equipo de investigación del Laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias, dirigido por la Dra. Angeles Beri y con la participación de la Dra. Ximena Martinez Blanco y la Dra. Alejandra Leal, realiza análisis diarios de las concentraciones de polen y esporas fúngicas en la atmósfera de Montevideo.

Los datos recolectados son cargados mediante un administrador de la base de datos dispuesto para ese fin, en el servidor de la aplicación MIA para disponibilizar la información a los usuarios finales de la aplicación. Estos datos también son ingresados manualmente a planillas de Excel, a partir de las cuales se realizan cálculos mediante determinadas fórmulas para realizar diversos estudios. Estas tareas requieren de una alta carga operativa, insuñiendo mucho tiempo a las personas encargadas.

El posterior análisis de los datos es realizado, nuevamente, de forma manual, buscando cruzar los valores calculados de calidad del aire con otros datos de interés, como por ejemplo variables climáticas (temperatura, dirección e intensidad del viento, humedad, precipitación, etc), que inciden directamente en los valores medidos.

El equipo médico está compuesto por las Doctoras especialistas en Otorrinolaringología Rosario Eugui, Patricia Indarte y Carina Almirón, y la Doctora especialista en Alergología Mariana Bonifacino. Dicho equipo no cuenta actualmente con la posibilidad de acceder a los síntomas diarios reportados por los pacientes en la aplicación MIA. La visualización deben realizarla en el momento de la consulta y a través del dispositivo móvil del paciente.

Analizando el costo operativo que implican las tareas antes mencionadas, se entiende la necesidad de proveer una herramienta que permita el acceso a la información de forma más fácil para médicos e investigadores, centralizando todo en una sola aplicación.

## 1.2. Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es proveer una herramienta que permita a los médicos e investigadores que forman parte del proyecto Semillero, la visualización y análisis de los datos recabados por la aplicación MIA, así como de los datos de calidad del aire recolectados en la Facultad de Ciencias. A su vez, se cruzará la información con una tercera fuente de datos, el Instituto Uruguayo de Meteorología, encargado de medir y proveer a la población el estado del clima, a través de variables como temperatura, lluvia, humedad relativa, entre otros.

El segundo objetivo es lograr disponibilizar los datos recabados por la aplicación MIA de manera que aplicaciones o plataformas externas puedan consumirlos vía API (Interfaz de Programación de Aplicaciones). En el caso particular de este proyecto, será la Intendencia Municipal de Montevideo quien establezca una conexión y consulte la información.

Todo esto contribuirá a la extracción de patrones y construcción de modelos que relacionen síntomas alérgicos con factores de concentración de polen y esporas fúngicas en la atmósfera de Montevideo y factores meteorológicos, con el fin de mejorar la calidad de vida de los pacientes.

### 1.3. Trabajo anterior: Mi Alergia

En el contexto del proyecto Semillero del Espacio Interdisciplinario de la Universidad de la República [5], se desarrolló en una tesis de grado anterior a la presente, la aplicación MIA [6]. Consiste en una plataforma que permite ayudar a los pacientes con rinitis alérgica en el seguimiento de su condición, para identificar los desencadenantes de sus alergias y colaborar con el tratamiento adecuado.

El plan de Semillero [7], tiene como propósito facilitar las fases de gestación, elaboración e implementación de propuestas de trabajo que puedan conducir en el futuro a la conformación de núcleos y/o centros interdisciplinarios.

MIA se desarrolló incluyendo profesionales de medicina del Hospital Pasteur y doctoras en biología del laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias. Este equipo forma parte de este nuevo proyecto, y de hecho constituyen el público objetivo de la nueva aplicación a construir.

El producto desarrollado tiene varias aristas: una aplicación móvil para los usuarios y un administrador de base de datos donde se pueden cargar las mediciones diarias de calidad del aire, las cuales serán posteriormente mostradas a los usuarios a través de la aplicación móvil.

La aplicación móvil de MIA tiene tres funcionalidades principales:

- Visualización de los niveles de pólenes y esporas fúngicas en Montevideo
- Diario de síntomas
- Alertas personalizadas

La posibilidad de visibilizar los niveles de polen y esporas de hongos permiten al paciente tomar los recaudos necesarios ante altas concentraciones. Por otro lado, el diario de síntomas permite tener un historial de cómo se ha sentido el paciente, pudiendo en conjunto con un médico tratante hacer un seguimiento con mayor información.

La información sobre los niveles de polen y esporas de hongos es recolectada de forma diaria por el laboratorio de palinología de la Facultad de Ciencias de la Udelar. Una vez obtenido el reporte se procede a ingresarlo en el administrador web creado para ese fin, quedando automáticamente disponible para los usuarios en la aplicación MIA.

## 1.4. Organización de este documento

Primeramente, se presenta una introducción general al proyecto y se proporciona una visión general de los objetivos y motivaciones detrás del mismo.

En el Capítulo 2 se realiza un relevamiento de las herramientas utilizadas en el proyecto, especialmente aquellas relacionadas con la visualización de datos. Además, se aborda el marco legal aplicable al proyecto y se analizan las implicancias legales a tener en cuenta.

Luego, en el Capítulo 3, se comienza con el relevamiento de requerimientos del sistema, realizando un análisis exhaustivo de las necesidades del proyecto. Se identifican los diferentes actores involucrados y se describen en detalle los requerimientos funcionales y no funcionales. Además, se presenta una clasificación de los requerimientos según su prioridad.

En el Capítulo 4 se aborda el diseño del sistema. Se describe la arquitectura general del proyecto, se presenta el modelo relacional utilizado. Posteriormente, en el Capítulo 5 se detallan las tecnologías empleadas tanto para el desarrollo del frontend como del backend.

El Capítulo 6 corresponde a la etapa de implementación. Se describen las etapas y procesos involucrados en la construcción del frontend y el backend, así como las decisiones tomadas durante el trayecto.

En el Capítulo 7 se detalla el proceso de pruebas y validaciones realizadas. Se describen las pruebas efectuadas para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Finalmente, en el Capítulo 8 se presentan las conclusiones obtenidas a partir del desarrollo del proyecto. Se resumen los resultados alcanzados, se evalúa el cumplimiento de los objetivos y se reflexiona sobre posibles mejoras y trabajos futuros que podrían realizarse.

## Capítulo 2

# Marco legal y relevamiento de herramientas

En este capítulo se describe el relevamiento realizado sobre herramientas para visualizar datos considerando especialmente el marco legal que debe cumplir la aplicación a desarrollar. Se describe en primer lugar el marco legal y luego se presentan las herramientas seleccionadas analizándolas en el contexto del marco legal.

### 2.1. Marco legal

Las aplicaciones a desarrollar deben cumplir con la normativa vigente en el país, para de esa manera garantizar la confidencialidad y privacidad de los datos que se manejan, y proporcionando a los usuarios los derechos correspondientes sobre su información personal.

#### 2.1.1. Ley 18.331: Protección de datos personales

La legislación actual en Uruguay prevé la protección de los datos personales a través de la Ley Nº 18.331 [8] conocida como la Ley de Protección de Datos Personales. Fue promulgada en 2008 y tiene como objetivo principal salvaguardar la privacidad y los derechos de los ciudadanos en relación con el tratamiento de sus datos personales.

La ley es aplicable a todas las personas y entidades que recopilen, traten o manejen datos personales dentro del territorio uruguayo, sin importar si son organismos públicos o privados.

También establece principios fundamentales que deben guiar el tratamiento de los datos personales, como el consentimiento informado del titular de los datos, la finalidad específica del tratamiento, la calidad de los datos, la seguridad y confidencialidad, entre otros.

La Ley de Protección de Datos Personales de Uruguay busca asegurar que el tratamiento de los datos personales se realice de manera responsable y respetando los derechos de los ciudadanos en relación con su información personal.

En el texto de la ley, se encuentra la siguiente distinción entre tipos de datos:

- Personales: información de cualquier tipo referida a personas físicas o jurídicas determinadas o determinables.
- Sensibles: datos personales que revelen origen racial y étnico, preferencias políticas, convicciones religiosas o morales, afiliación sindical e informaciones referentes a la salud o a la vida sexual.

A su vez, los titulares de los datos poseen los siguientes derechos:

- Derecho de información frente a la recolección de datos.
- Derecho de acceso: Todo titular de datos personales que previamente acredite su identificación con el documento de identidad o poder respectivo, tendrá derecho a obtener toda la información que sobre sí mismo se halle en bases de datos públicas o privadas.
- Derecho de rectificación, actualización, inclusión o supresión.
- Derecho a la impugnación de valoraciones personales
- Derechos referentes a la comunicación de datos: Los datos personales objeto de tratamiento sólo podrán ser comunicados para el cumplimiento de los fines directamente relacionados con el interés legítimo del emisor y del destinatario y con el previo consentimiento del titular de los datos, al que se le debe informar sobre la finalidad de la comunicación e identificar al destinatario o los elementos que permitan hacerlo. El previo consentimiento para la comunicación es revocable.

Es deseable que el sistema a desarrollar cumpla con la normativa establecida. Con este fin, se deben considerar medidas de seguridad para salvaguardar los datos personales y prevenir accesos no autorizados. En función de esto, se deberá disponer de un método de acceso a la plataforma mediante autenticación con usuario y contraseña.

En cuanto a los derechos relacionados con los datos de los pacientes, como el acceso, rectificación, actualización, inclusión, supresión e impugnación de valoraciones personales, los pacientes cuentan con la posibilidad de comunicarse con los administradores del sistema para solicitar y llevar a cabo las acciones deseadas sobre sus datos.

Es importante aclarar que al acceder a la aplicación MIA por primera vez, los usuarios deben aceptar los términos y condiciones establecidos en relación con el uso y tratamiento de los datos que posteriormente ingresen en la plataforma. En particular, se especifica que *“la información podría ser utilizada en presentaciones o informes. En tal caso, se realizaría siempre de forma anónima.”*

El cumplimiento de estas disposiciones normativas asegurará la confidencialidad y privacidad de los datos personales, fortaleciendo la confianza de los usuarios en el sistema y garantizando el cumplimiento de la Ley de Protección de Datos Personales. En este aspecto, no se expondrán datos que revelen la identidad de los pacientes.

## 2.2. Herramientas para visualización de datos

En el campo de la visualización de datos, se cuenta actualmente con una amplia gama de herramientas disponibles, las cuales se han desarrollado con el propósito de facilitar la tarea de presentar información de manera efectiva y comprensible para los usuarios. Una de las principales ventajas que ofrecen es su capacidad para gestionar y procesar grandes volúmenes de datos permitiendo su visualización de diversas formas, ya sea a través de tablas, gráficos, mapas u otras representaciones visuales.

Estas herramientas ofrecen ventajas significativas al simplificar el procesamiento y la presentación de datos, ahorrando tiempo y esfuerzo. Proporcionan una interfaz intuitiva que permite a los usuarios interactuar con los datos, explorar diferentes perspectivas y obtener insights significativos. Además, estas herramientas ofrecen capacidades de análisis avanzadas, como filtrado, agrupación y cálculos estadísticos.

Las cuatro herramientas a analizar fueron seleccionadas en base a dos criterios principales:

- Ser conocidas por los integrantes del equipo, en base a experiencia laboral con las mismas
- Investigación en la web

De acuerdo al primer punto, se decidió analizar Google Looker Studio (antes Google Data Studio) y Tableau, ya que son herramientas de uso cotidiano en el ámbito laboral de los integrantes del equipo. Luego de investigar en la web, se optó por analizar también JMP Statistical Discovery, y la herramienta propuesta por Microsoft, Power BI. Otras herramientas consideradas como Qlik Sense o Klipfolio fueron descartadas por no poseer planes gratuitos.

Según un artículo publicado por el prestigioso portal Forbes Advisor [9], tres de las cuatro herramientas seleccionadas (Power BI, Looker Studio y Tableau) son de las mejores consideradas en su área, lo cual confirma el camino elegido.

### 2.2.1. Google Looker Studio

Looker Studio [10] es uno de los tantos productos disponibles en la suite de Google. Esta herramienta para visualización de datos, destaca por su facilidad de uso. Permite comparar, filtrar, organizar y transformar los datos ingresados, ofreciendo una amplia librería de tablas y gráficos, con el objetivo de ayudar al usuario a visualizar y analizar los datos de acuerdo a sus necesidades.

Admite diversas y variadas fuentes de datos, ofreciendo conectores para la gran mayoría de las tecnologías utilizadas hoy en día: MySQL, BigQuery, Google Sheets, SQLServer, PostgreSQL, Microsoft Excel, etc.

Al igual que toda la suite de Google, es de acceso gratuito, requiriendo solamente de una cuenta de Google.

### **2.2.1.1. Términos del Tratamiento de Datos**

Google se compromete a cumplir las leyes de protección de datos aplicables, ya que trabajan constantemente para ello y se someten periódicamente a auditorías externas así como también a la renovación de las certificaciones.

Google es el encargado del tratamiento de datos de Looker Studio. Esto se refleja en los Términos del Tratamiento de Datos de Google Ads, que están incluidos en los Términos del Servicio de Looker Studio [11].

### **2.2.1.2. Implementación de la ley HIPAA**

En virtud de la ley de transferencia y responsabilidad de los seguros médicos de EE. UU. (Health Insurance Portability and Accountability Act, HIPAA), determinados datos sobre la salud y la asistencia sanitaria de las personas se clasifican como información médica protegida.

Google tiene el compromiso de velar por que los datos de sus clientes estén a salvo y protegidos, y que los tengan siempre disponibles. Looker Studio facilita el cumplimiento de la HIPAA (dentro del ámbito de la Adenda al Contrato de Colaboración Empresarial de Looker Studio), pero, en última instancia, los clientes son responsables de evaluar si cumplen de dicha ley [12].

## **2.2.2. JMP Statistical Discovery**

JMP Statistical Discovery [13] es un software de visualización y análisis de datos, pero con un enfoque más centrado en el análisis estadístico y la capacidad de utilizar múltiples fuentes de datos.

Una de sus características más interesantes es la posibilidad de diseñar experimentos, lo que permite aprovechar los datos disponibles para acceder a niveles más profundos de análisis. Otro aspecto destacado es la capacidad de geolocalización de los datos, lo que permite crear gráficos de geolocalización en combinación con otros tipos de visualizaciones.

### **2.2.2.1. Seguridad de los datos**

JMP ofrece la opción de trabajar tanto con bases de datos locales como con bases de datos alojadas en la nube. Dentro de las opciones de bases de datos en la nube, destaca Aurora [14] de Amazon, que cumple con todos los requisitos de seguridad relacionados con el almacenamiento de datos sensibles, según lo establecido en la Resolución N° 23/021 [15]. En esta ley se especifican los países que son adecuados para almacenar datos sensibles, ya que algunos países tienen requisitos más flexibles para la instalación de centros de datos. Al contratar los servicios de almacenamiento de Amazon es posible elegir el país en el que se hará la persistencia.

Desde el punto de vista de la seguridad de los datos, ambas opciones (almacenamiento local y en la nube) son válidas, siempre y cuando se elija una opción que

cumpla con todas las leyes y regulaciones para el almacenamiento en la nube. Es fundamental seleccionar una opción de almacenamiento que cumpla plenamente con estas regulaciones para garantizar la seguridad de los datos y el cumplimiento de las leyes internacionales.

### **2.2.3. Tableau**

Tal como define en su web [16], Tableau es una plataforma de análisis visual que transforma la manera en que se usan los datos para resolver problemas, lo que permite a las personas y las organizaciones lograr un aprovechamiento al máximo.

Tableau hace que el aprendizaje automático, las estadísticas, el lenguaje natural y la preparación inteligente de datos sean más útiles para aumentar la creatividad humana en el análisis.

#### **2.2.3.1. Seguridad de los datos**

Tableau tiene una variedad de opciones para ayudar al usuario a cumplir sus objetivos de seguridad. Puede optar por implementar la seguridad únicamente en función de la autenticación de su base de datos, implementar la seguridad únicamente en Tableau o seleccionar un modelo de seguridad híbrido en el que la información del usuario en Tableau Server se corresponda con los elementos de datos en la base de datos subyacente. Tableau Online refuerza sus estrategias de seguridad de datos existentes y cumple con los estándares de cumplimiento de la industria SOX, SOC e ISAE [17].

#### **2.2.3.2. Seguridad de la red**

Tableau Server usa las sólidas capacidades de seguridad de SSL/TLS para cifrar las transmisiones de los clientes a Tableau Server y de Tableau Server a sus bases de datos.

Cuando un usuario utiliza credenciales para fuentes de datos externas a Tableau Server, estas se almacenan encriptadas en la base de datos interna de la herramienta. Cuando un proceso usa esas credenciales para consultar la fuente de datos externa, el proceso recupera las credenciales cifradas de la base de datos interna y las descifra en el proceso.

### **2.2.4. Power BI**

Power BI [18] es un servicio de análisis de datos de Microsoft orientado a proporcionar visualizaciones interactivas y capacidades de inteligencia empresarial con una interfaz lo suficientemente simple como para que los usuarios finales puedan crear por sí mismos sus propios informes y paneles.

#### **2.2.4.1. Normativa de protección de datos**

El cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) se puede lograr mediante una configuración adecuada en Power BI. El GDPR es una ley

europea de privacidad que establece nuevas reglas para empresas, agencias gubernamentales, organizaciones sin fines de lucro y otras entidades que ofrecen bienes y servicios a personas en la Unión Europea (UE), o que recopilan y analizan datos relacionados con residentes de la UE. El GDPR se aplica sin importar la ubicación geográfica.

Power BI se basa en Azure, la plataforma e infraestructura de computación en la nube de Microsoft, y ofrece elementos de protección de datos. Estos incluyen las etiquetas de confidencialidad de Microsoft Purview Information Protection, que permiten clasificar los datos según estas etiquetas para proteger la información confidencial incluso al exportarla. Estas etiquetas son las mismas que se utilizan en Office y otros productos de Microsoft. Además, Microsoft Defender for Cloud Apps supervisa y protege en tiempo real las actividades de los usuarios en relación con los datos confidenciales.

En cuanto al almacenamiento de datos, el primer usuario de la organización que se registra en Power BI o Microsoft 365 elige el país o región para la identidad empresarial. Azure Active Directory (AAD), el servicio de administración de identidades y acceso compartido en la nube, crea un inquilino en la región del centro de datos más cercana al país o región seleccionados. Cada organización se representa como un inquilino individual en el centro de datos. La ubicación seleccionada durante el registro determinará dónde se almacenan los datos, y esta región será la misma para todos los usuarios de la organización, independientemente de su ubicación. Es recomendable que la región seleccionada esté en el mismo área geográfica que la mayoría de los usuarios.

## 2.3. Conclusión del relevamiento de herramientas

La tabla 2.1 resume las principales características de cada una de las herramientas analizadas, contemplando aspectos principales como conectividad con fuentes de datos, lugar de almacenamiento de los datos, seguridad e información de pago.

Todas las herramientas son similares en el tratamiento de los datos, cumpliendo con las normativas necesarias para la privacidad y seguridad de los mismos. Este aspecto es fundamental dada la naturaleza de los datos sensibles que serán manipulados. De igual manera, también ofrecen opciones de almacenamiento tanto localmente como en la nube, y la autenticación de usuarios y configuración de permisos para controlar el acceso a los informes.

En este punto, se descartaron las herramientas Tableau, Power BI y JMP por no poseer una versión gratuita que no sea solamente de prueba.

Finalmente, la elección de Google Looker Studio se fundamenta en los siguientes puntos:

- Servicio gratuito ofrecido en la suite de Google
- Facilidad de uso

- Conectividad con Google Sheets y distintas fuentes de datos.
- Confianza en infraestructura y disponibilidad de los servicios de Google
- Gran comunidad de usuarios
- Gran variedad de gráficos, dispuestos tanto por Google en la herramienta, como creaciones de la comunidad

Cuadro 2.1: Comparación de tratamiento de datos

| Herramienta                      | Conectividad                                                         | Almacenamiento                     | Seguridad                                                                                                                                                                                                                                                 | Pago                                                                                |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Google Looker Studio</b>      | Bases de datos, archivos CSV, hojas de cálculo de Google Sheets, etc | Nube de Google                     | Autenticación de usuarios y configuración de permisos para los usuarios y los informes. Google garantiza la privacidad y seguridad de los datos mediante el cumplimiento de estándares y regulaciones como el RGPD [19] y la certificación ISO 27001 [20] | Gratuito y versión de pago (Google Analytics 360)                                   |
| <b>Tableau</b>                   | Bases de datos, archivos CSV, hojas de cálculo, etc                  | Nube o servidor local              | Autenticación de usuarios, configuración de permisos y encriptación de datos. Cumplimiento de estándares y regulaciones como el RGPD [19] y la certificación ISO 27001 [20]                                                                               | Trial gratuito y licencia de pago (Tableau Desktop, Tableau Server, Tableau Online) |
| <b>Power BI</b>                  | Bases de datos, archivos CSV, hojas de cálculo, etc                  | Nube de Microsoft o servidor local | Autenticación de usuarios, configuración de permisos y encriptación de datos. Cumplimiento de estándares y regulaciones como el RGPD [19] y la certificación ISO 27001 [20]                                                                               | Trial gratuito y licencia de pago (Power BI Pro, Power BI Premium)                  |
| <b>JMP Statistical Discovery</b> | Bases de datos, archivos CSV, hojas de cálculo, etc                  | Almacenamiento local o en la nube  | Autenticación de usuarios, configuración de permisos y encriptación de datos. Cumplimiento de estándares y regulaciones como el RGPD [19] y la certificación ISO 27001 [20]                                                                               | Trial gratuito y licencia de pago (JMP Pro)                                         |

## Capítulo 3

# Relevamiento de requerimientos

En este capítulo se describe el relevamiento de requerimientos para el sitio web MIA Portal, así como también los requisitos a nivel backend necesarios tanto para el funcionamiento de MIA Portal como para otras funcionalidades interesantes que surgieron durante el proceso.

Para esta etapa se comenzó con reuniones con el equipo completo de MIA (Médicas, Investigadoras e Ingenieras) para conocer a fondo el proyecto, sus distintas aristas y las necesidades de todo el grupo. Luego comenzaron una serie de reuniones específicas con cada parte del equipo, comenzando con el equipo de Ingeniería para entender bien el funcionamiento de todos los componentes del proyecto existente.

Luego de estar en conocimiento de los componentes tecnológicos del proyecto MIA, se generaron reuniones con el equipo de investigadoras para entender qué necesidades tenían sobre los datos de allí alojados. De las primeras reuniones surgieron los requerimientos de poder consultar los datos cargados en MIA por las palinólogas en forma de reportes (tablas, gráficos, etc), se destacó la necesidad de poder descargarlos y también la de cruzar los datos de MIA con datos meteorológicos. A partir de esto último, se dieron reuniones con el equipo de Tecnología de INUMET [21] para evaluar la posibilidad de obtener la información meteorológica de manera recurrente mediante procesos automatizados, consultando la API que ellos disponibilizan. Finalmente luego de tener los prototipos de los reportes se volvió a consultar al equipo de investigadoras para pulir ciertos puntos en los requerimientos.

El proceso de relevamiento con el equipo de médicas fue análogo e independiente al proceso mencionado con las investigadoras. Se comenzó con una reunión para entender las necesidades del equipo en el proyecto y se listaron los primeros requerimientos. Luego se implementaron algunos prototipos y tras varias reuniones se fueron validando los requerimientos finales.

Por otro lado, y producto de un convenio firmado entre la Intendencia de Montevideo (IM) [22] y el proyecto MIA, la IM podrá acceder diariamente a los datos de calidad del aire medidos por el equipo de Palinología de la Facultad de Ciencias.

El principal objetivo es brindar la información de calidad del aire a la población en general. Los datos podrían ser potencialmente disponibilizados por los siguientes

mecanismos generales que usa comunmente la IM:

- **Montevideo API:** es el punto de entrada para poder utilizar los servicios en tiempo real que la ciudad de Montevideo ofrece a través de las interfaces de aplicación (APIs) [23]
- **Portal de Datos Abiertos de la Intendencia de Montevideo:** el objetivo es poner a disposición de la ciudadanía la mayor cantidad de datos públicos que maneja la Intendencia, en su formato original. De esa manera pueden ser procesados por cualquier ciudadano, investigador, periodista, universidades y organizaciones nacionales y extranjeras [24]
- **Página web dedicada a datos aeropolinológicos,** dentro de la IM. Allí se provee de diferentes vistas de los datos, gráficos de evolución, para acercar los datos de manera más amigable a la ciudadanía

Para lograr esto, es necesario disponer un punto de acceso en nuestra aplicación de backend, para que sea accedido por los sistemas de la IM, devolviendo la información en un formato acordado con el equipo de IT de la IM.

A continuación se comienza listando los actores del nuevo sistema MIA Portal, para luego listar los requerimientos divididos en alta, media y baja prioridad. El criterio para asignar la prioridad a los requerimientos es el siguiente:

- **Alta prioridad:** requerimientos que son esenciales para el funcionamiento básico y el cumplimiento de los objetivos principales del sistema.
- **Media prioridad:** requerimientos importantes pero que no son esenciales para la funcionalidad básica del sistema.
- **Baja prioridad:** requerimientos que se consideran útiles y deseables, pero no son críticos para el funcionamiento básico del sistema o para cumplir los objetivos principales del proyecto.

Finalmente, se listan los requerimientos no funcionales del sistema.

## 3.1. Actores y roles

En esta sección se listan los actores que forman parte de los requerimientos relevados.

### 3.1.1. Administrador

Posee permisos para acceder a todas las funcionalidades de la aplicación MIA Portal. En particular, es el responsable de dar de alta los nuevos usuarios con sus respectivos roles: Administrador, Investigador, Médico.

### **3.1.2. Investigador**

Tiene acceso a la visualización en MIA Portal, de los siguientes datos cargados en el sistema:

- Niveles de polen en el aire.
- Niveles de esporas de hongos.

### **3.1.3. Médico**

Puede acceder a la misma información que el Investigador, y adicionalmente a los datos de sus pacientes.

### **3.1.4. Paciente**

Usuarios de la aplicación MIA.

### **3.1.5. Intendencia de Montevideo**

Acceso mediante API REST a los datos cargados en el sistema.

## **3.2. Requerimientos funcionales**

En esta sección se listan los requerimientos funcionales relevados con los equipos de médicas y palinólogos que integran el proyecto, organizando los mismos por prioridad de acuerdo a lo especificado anteriormente.

### **3.2.1. Prioridad Alta**

Se consideran como requisitos de alta prioridad aquellos que aseguran el funcionamiento mínimo esperado de la aplicación. En este sentido, las pantallas de inicio de sesión y el registro de nuevos usuarios resuelven el acceso y la gestión de usuarios de la aplicación. A continuación, los requisitos relacionados con los reportes permiten diferentes visualizaciones de los datos almacenados en la base de datos de MIA, y constituyen uno de los principales objetivos del proyecto. Finalmente, se implementa la comunicación con plataformas externas, lo que permite el acceso a la información de MIA desde clientes externos.

### 3.2.1.1. Inicio de Sesión

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Iniciar sesión</b> (Figura 3.1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Actor       | Administrador, Médico, Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Descripción | Comienza cuando el usuario desea ingresar a la aplicación Web. Se solicita el mail y la contraseña. Si el mail no existe, le aparecerá un mensaje notificándole que debe solicitar al Administrador que le cree el usuario. Si el email existe y la contraseña es incorrecta se le desplegará el mensaje “Contraseña inválida” y, si es la correcta, la sesión queda iniciada. Se almacenan los datos de usuario y roles en una cookie segura en el navegador, para evitar al usuario tener que iniciar sesión cada vez que accede a la plataforma. |

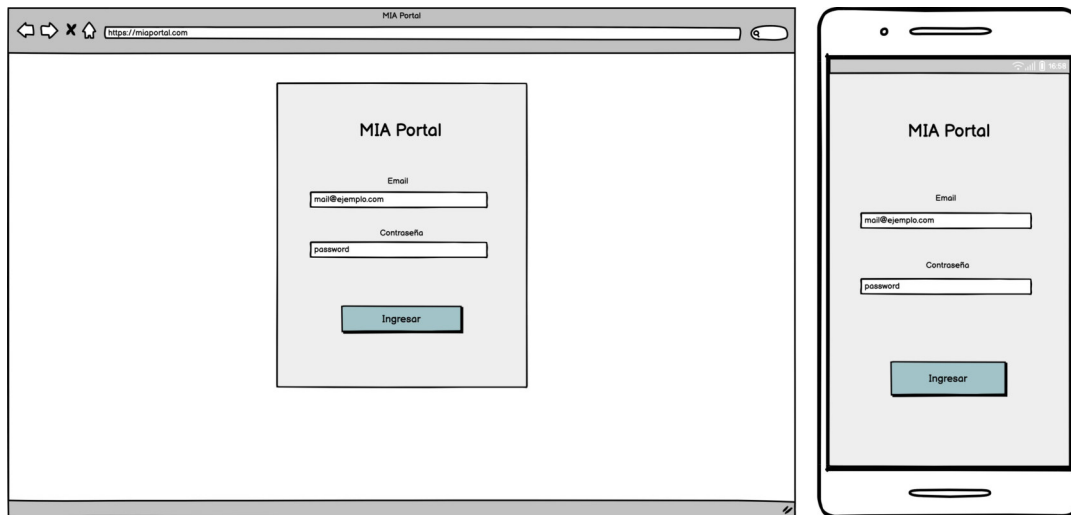


Figura 3.1: Inicio de sesión

### 3.2.1.2. Creación de Usuario

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Crear usuario</b> (Figura 3.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Actor       | Administrador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Descripción | Comienza cuando se quiere registrar un nuevo usuario en la aplicación Web. Se solicita el mail del usuario a registrar, y este será el nombre de usuario con el que se iniciará sesión. Luego deberá ingresar una contraseña y confirmación de la misma, y esta será con la que el usuario iniciará la sesión. También deberá elegir el rol (Administrador, Médico, Investigador) de una lista desplegable. Si el usuario ya existe en el sistema, se mostrará el error correspondiente. El botón de “Crear usuario” solo se habilitará cuando todos los campos hayan sido llenados, y las contraseñas coincidan. El usuario creado recibe un email con los datos para el inicio de sesión. |

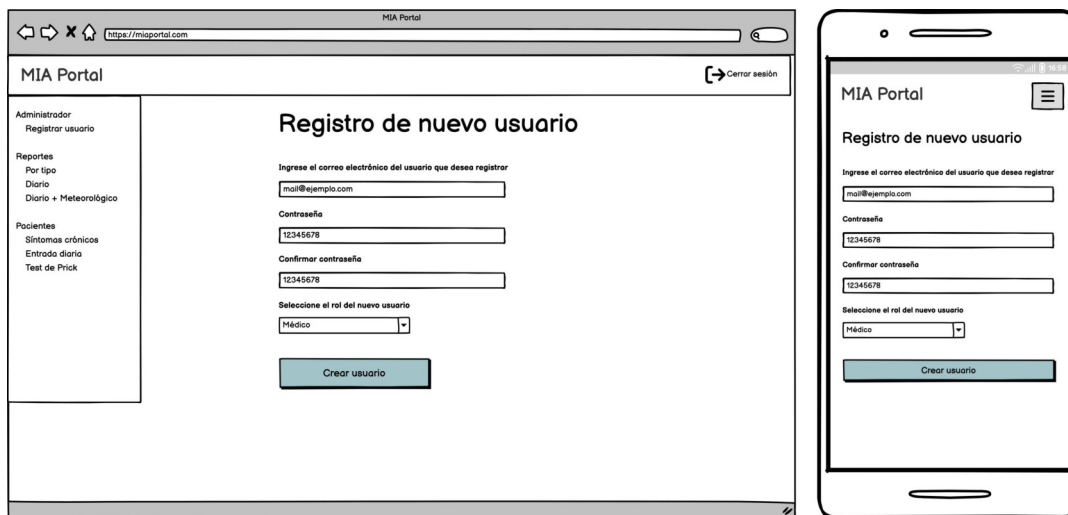


Figura 3.2: Creación de usuario

### 3.2.1.3. Reportes para investigación

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Obtener reporte por tipo de polen</b> (Figura 3.3)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Actor       | Administrador, Médico, Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Descripción | Comienza cuando se quiere obtener la información registrada para cada tipo de polen, su correspondiente conteo y concentración. Se podrá visualizar los datos tanto en forma de tabla como en forma de mapa de calor. Se podrán seleccionar las fechas de inicio y fin para generar el reporte, y se contará con accesos rápidos como “Este trimestre hasta la fecha”, “El último trimestre”, “Este año”, “Este año hasta la fecha”, “El año pasado”. También se podrá utilizar el filtro para seleccionar un tipo de polen específico, pudiendo escribir el nombre exacto o parte del mismo. |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Obtener reporte diario</b> (Figura 3.4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Actor       | Administrador, Médico, Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Descripción | Comienza cuando se quiere obtener la información diaria existente para la investigación, referente a los datos de concentración de polen y de esporas de hongos en el aire. Se podrán seleccionar las fechas de inicio y fin para generar el reporte, y se contará con accesos rápidos como “Este trimestre hasta la fecha”, “El último trimestre”, “Este año”, “Este año hasta la fecha”, “El año pasado”. |

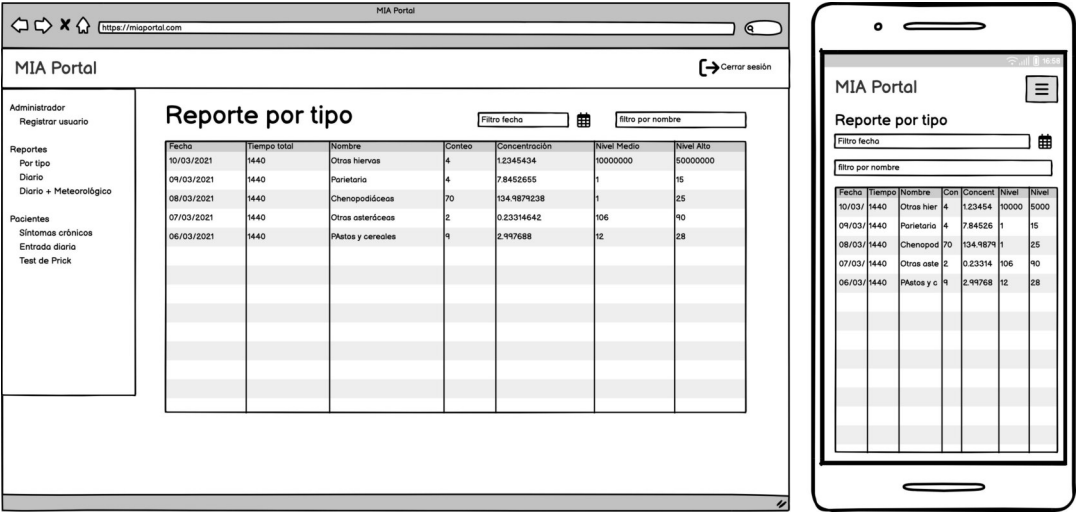


Figura 3.3: Reporte por tipo

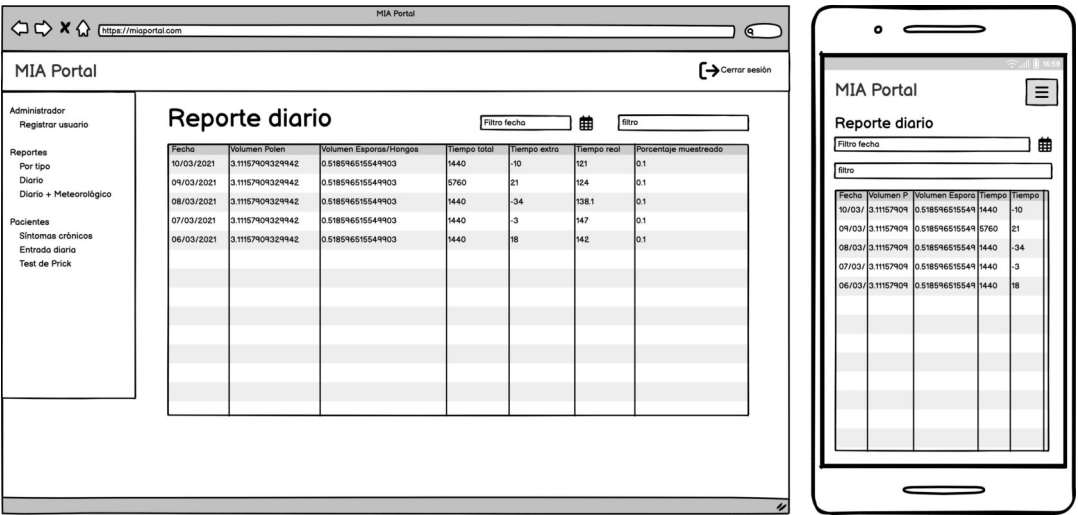


Figura 3.4: Reporte diario

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Obtener reporte diario + meteorológico</b> (Figura 3.5)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Actor       | Administrador, Médico, Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Descripción | Al reporte diario obtenido se le adicionan los datos meteorológicos obtenidos por INUMET, como ser información sobre la humedad, viento, temperatura y precipitaciones. Se podrá visualizar los datos tanto en forma de tabla como en diferentes tipos de gráficos. Se podrán seleccionar las fechas de inicio y fin para generar el reporte, y se contará con accesos rápidos como “Este trimestre hasta la fecha”, “El último trimestre”, “Este año”, “Este año hasta la fecha”, “El año pasado”. |

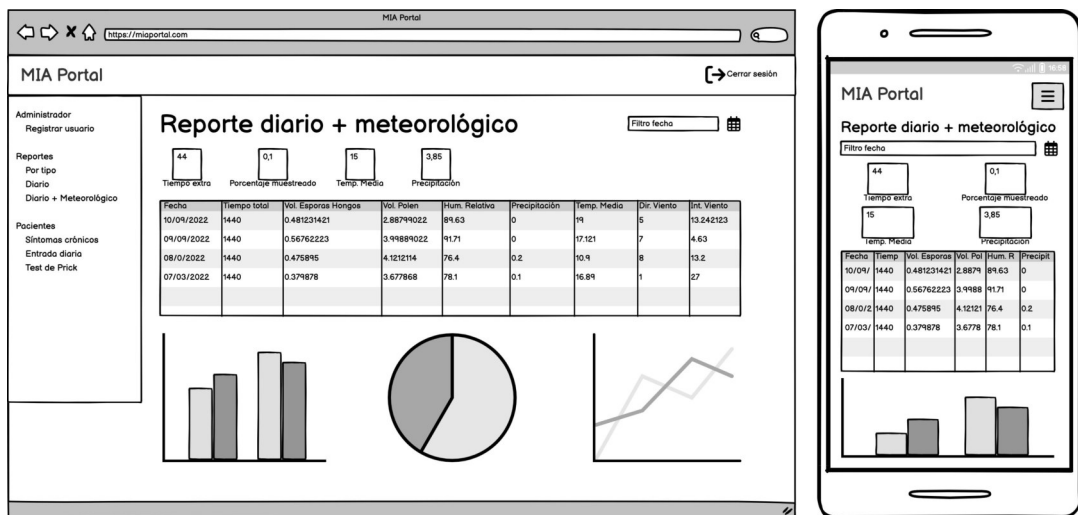


Figura 3.5: Reporte diario + meteorológico

#### 3.2.1.4. Datos de pacientes

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | Obtener síntomas crónicos (Figura 3.6)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Actor       | Administrador, Médico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Descripción | Comienza cuando un Médico quiere acceder a la información que su paciente ingresó al registrarse en la aplicación MIA, referente a si en el último año tuvo molestias nasales, molestias en los ojos, y/o tos recurrente. Para ello cuenta con varios filtros: correo electrónico del paciente (puede ingresar el correo completo o parcial), la/s preguntas realizadas y/o la/s respuesta/s ingresada/s |

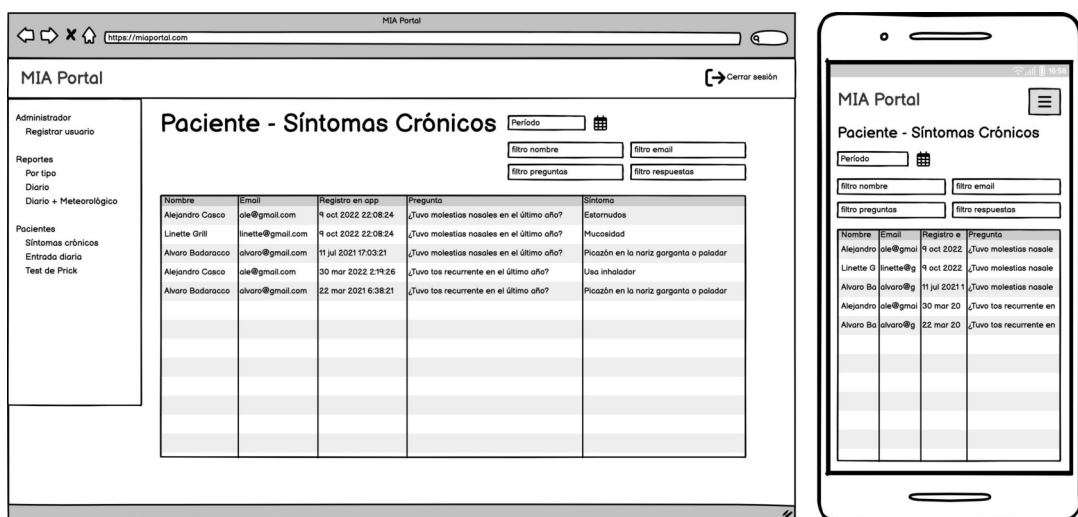


Figura 3.6: Reporte Síntomas Crónicos

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Obtener entrada diaria</b> (Figura 3.7)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Actor       | Administrador, Médico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Descripción | Comienza cuando un Médico quiere acceder a la información que su paciente ingresó diariamente en la aplicación MIA, respecto a los síntomas que pudo haber tenido y a cómo influyeron en su rutina. Se podrá visualizar los datos tanto en forma de tabla como en gráficos de torta discriminados por pregunta efectuada. Para ello cuenta con varios filtros: periodo de fechas (funcionalmente igual que en los reportes anteriores), correo electrónico del paciente (puede ingresar el correo completo o parcial), la/s preguntas realizadas y/o la/s respuesta/s ingresada/s. |

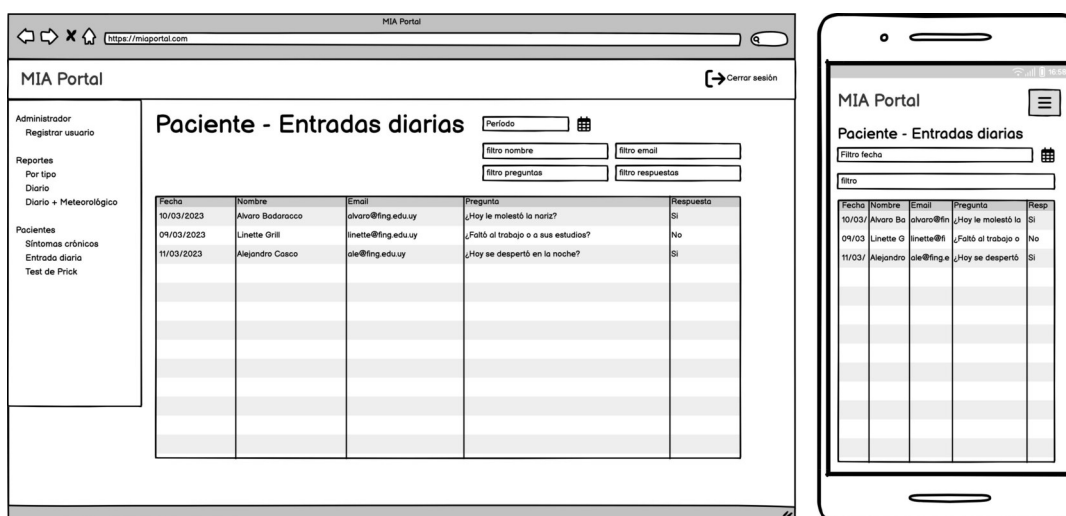


Figura 3.7: Reporte Entrada Diaria

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Obtener test de Prick</b> (Figura 3.8)                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Actor       | Administrador, Médico                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Descripción | Comienza cuando un Médico quiere acceder al test de Prick de su paciente, el cual revela a qué es alérgico. Para ello cuenta con los siguientes filtros: correo electrónico del paciente (puede ingresar el correo completo o parcial), y/o una lista de pólenes y esporas a las cuales el paciente puede ser alérgico. |

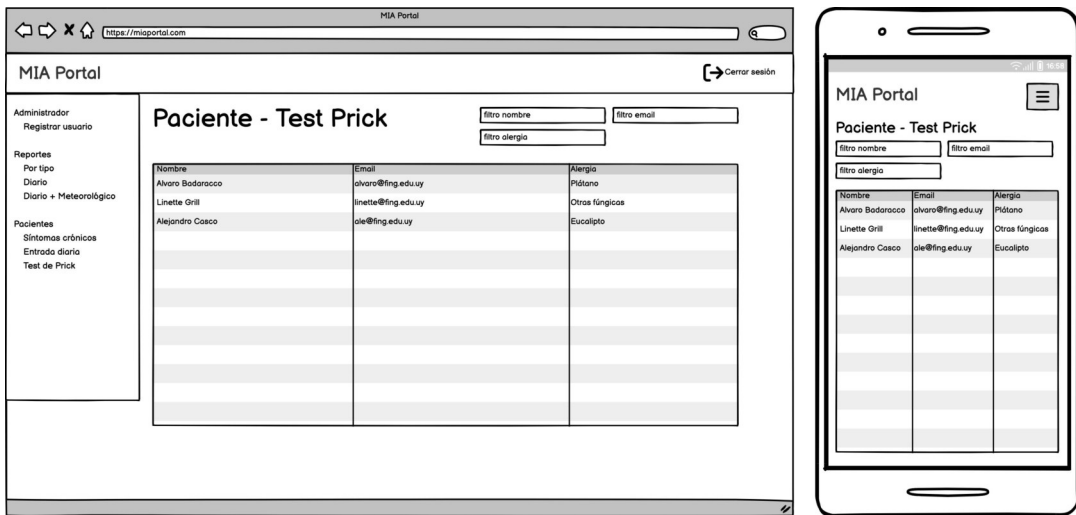


Figura 3.8: Reporte Test Prick

### 3.2.1.5. Descarga de reportes

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Descargar reportes</b> (Figura 3.9)                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Actor       | Administrador, Médico, Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Descripción | Comienza cuando un usuario quiere descargar cualquiera de los reportes generados. Lo podrá hacer tanto en formato CSV como en Hojas de cálculo de Google. Para ello, en la tabla o gráfico que desee descargar, deberá seleccionar los tres puntos en el cabezal del mismo y seleccionar la opción "Exportar" |

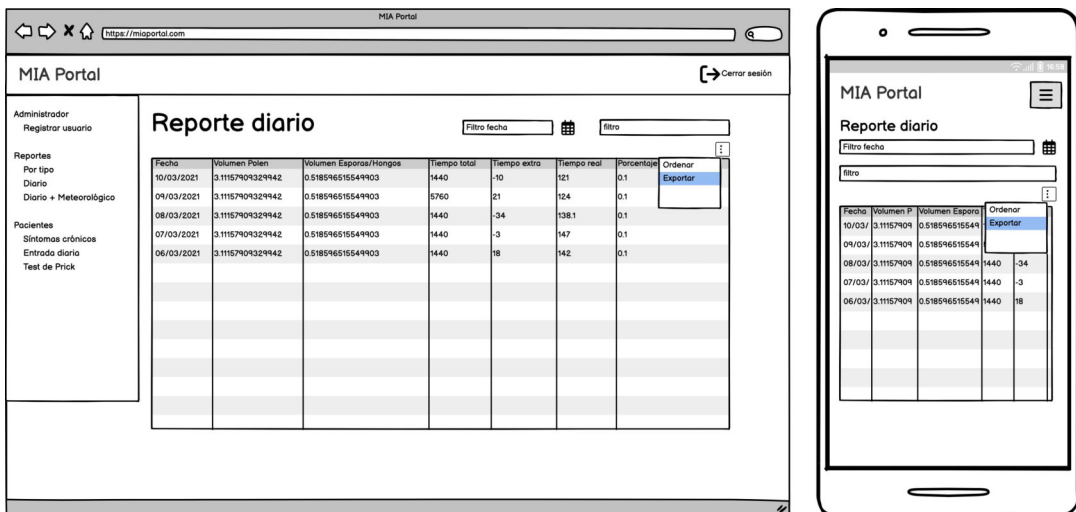


Figura 3.9: Descargar reporte

### 3.2.1.6. Comunicación con plataformas externas

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Enviar datos a la Intendencia de Montevideo</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Actor       | Intendencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Aplicación  | MIA Portal Backend                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Descripción | <p>La IM tiene interés en contar con la información de las mediciones de concentración de pólenes y esporas de hongos en el aire, persistida en la base de datos de MIA.</p> <p>Para ello, la Intendencia realizará de manera semanal el request de los datos de toda la semana a nuestra aplicación, siguiendo los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Obtención de token de autenticación mediante usuario y contraseña proporcionados previamente a la Intendencia.</li><li>■ Obtención de los datos de calidad del aire, enviando el token obtenido previamente.</li></ul> <p>Para lograr esta comunicación, se dispondrá un servicio REST en nuestra aplicación, con un endpoint para cada paso.</p> |

### 3.2.2. Prioridad Media

#### 3.2.2.1. Comunicación con el Instituto Uruguayo de Meteorología

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Obtener los datos de INUMET</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Actor       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Aplicación  | MIA Portal Backend                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Descripción | <p>La aplicación accederá a información meteorológica provista por INUMET de manera recurrente y automática mediante API. Esta información será cruzada con los datos aeropalinológicos recolectados, de manera de generar el reporte definido en el requerimiento “Obtener reporte diario + meteorológico”.</p> |

#### 3.2.2.2. Envío de mail en Creación de Usuario

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Enviar mail al usuario creado</b>                                                                                                                                                                                                                                          |
| Actor       |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Aplicación  | MIA Portal Backend                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Descripción | <p>Al darse de alta un nuevo usuario en el sistema mediante el requerimiento “Creación de Usuario”, se envía un mail de bienvenida al nuevo usuario creado utilizando el mail seteado en el campo “E-mail”, informándole las credenciales para el login en la aplicación.</p> |

### 3.2.2.3. Carga de datos

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Cargar datos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Actor       | Administrador, Investigador                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Descripción | Comienza cuando el Investigador quiere cargar datos de niveles de polen y esporas en el aire de forma masiva. Esto se realizaría mediante la suba de una hoja de cálculo con todos los valores recolectados por el Investigador. Los datos procesados por el sistema serán persistidos en la base de datos. |

### 3.2.2.4. Nota de consentimiento

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Enviar nota de consentimiento</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Actor       | Administrador, Médico                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Descripción | Comienza cuando el médico quiere invitar a un paciente a participar de la investigación. Para ello ingresa la cédula de identidad del paciente y el sistema le envía una nota de consentimiento a este último para que sus datos puedan ser compartidos, la cual deberá ser aceptada. |

### 3.2.2.5. Dar consentimiento

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Aceptar/Rechazar nota de consentimiento</b>                                                                                                                                                                                                                      |
| Actor       | Paciente                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Aplicación  | MIA                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Descripción | Comienza cuando el paciente recibe en su aplicación MIA una nota de consentimiento de su médico. Esta nota le solicita su aprobación para que sus datos puedan ser compartidos y utilizados para investigación, y el usuario podrá aprobar o rechazar la solicitud. |

### 3.2.2.6. Cambio de contraseña

|             |                                                                                                                                         |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Cambiar contraseña</b>                                                                                                               |
| Actor       | Administrador, Médico, Invesstigador                                                                                                    |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                              |
| Descripción | Comienza cuando un usuario quiere cambiar la contraseña que se le asignó por correo electrónico cuando el Administrador lo dio de alta. |

### 3.2.3. Prioridad Baja

#### 3.2.3.1. Medicamentos utilizados

|             |                                                                                                                                         |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Ingresar medicamentos utilizados en MIA</b>                                                                                          |
| Actor       | Paciente                                                                                                                                |
| Aplicación  | MIA                                                                                                                                     |
| Descripción | Comienza cuando un paciente está ingresando sus síntomas en la aplicación MIA y también quiere ingresar la medicación y dosis que tomó. |

#### 3.2.3.2. Reporte para pacientes

|             |                                                                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Obtener reporte en MIA</b>                                                                                               |
| Actor       | Paciente                                                                                                                    |
| Aplicación  | MIA                                                                                                                         |
| Descripción | Comienza cuando el paciente quiere visualizar sus propios reportes y las causas de sus síntomas (niveles de polen por día). |

#### 3.2.3.3. Mapa

|             |                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Mostrar mapa</b>                                                                                                                                                                                           |
| Actor       | Administrador, Médico, Investigador                                                                                                                                                                           |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                    |
| Descripción | Comienza cuando el usuario selecciona la opción mapa del menú y una fecha, en esta pantalla se refleja con colores el grado de polen existente y la distribución de los síntomas de los pacientes en el mapa. |

#### 3.2.3.4. Registros médicos

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre      | <b>Integración con Historia Clínica Electrónica Nacional</b>                                                                                                                                                                                                                                            |
| Actor       | Administrador, Médico                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Aplicación  | MIA Portal                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Descripción | Comienza cuando el usuario quiere acceder a la historia clínica de un paciente. En la pantalla se muestra la misma, y se habilita un formulario donde el usuario puede cargar los datos de la consulta, los cuales serán posteriormente enviados para ser agregados a la historia clínica del paciente. |

### 3.3. Requerimientos no funcionales

En esta sección se detallan dos aspectos no funcionales que el sistema debe contemplar: seguridad y diseño adaptativo.

Los requerimientos no funcionales se refieren a aquellos criterios y restricciones que especifican cómo el software debe comportarse, en lugar de centrarse en las funcionalidades específicas que debe proporcionar. Estos requerimientos se enfocan en atributos y características del sistema que afectan su rendimiento, seguridad, usabilidad, eficiencia y calidad en general. A diferencia de los requerimientos funcionales, que describen qué puede hacer el software, los requerimientos no funcionales describen cómo debe hacerlo y qué características debe tener.

#### 3.3.1. Seguridad

El sistema debe implementar un mecanismo de encriptado de contraseñas, para lo cual se utiliza la librería BCrypt, en la aplicación backend desarrollada en Java. El objetivo es garantizar la seguridad y confidencialidad de las contraseñas almacenadas en el sistema.

El algoritmo de encriptado BCrypt es ampliamente reconocido por su robustez y resistencia a ataques de fuerza bruta. Proporciona un nivel alto de seguridad mediante el uso de funciones hash adaptativas y la adición de un factor de costo que puede ser ajustado según las necesidades del sistema.

De esta manera, las contraseñas de los usuarios se almacenan de manera segura en el sistema, mitigando el riesgo de acceso no autorizado a la información sensible. También el sistema debe verificar que los usuarios que ingresan y realizan acciones en la misma estén autorizados a hacerlas y en caso contrario devolver un código de error adecuado.

#### 3.3.2. Diseño adaptativo

De las reuniones de relevamiento de requerimientos realizadas con los equipos de parlinólogas y médicas, surgió la necesidad de acceder a MIA Portal desde dispositivos móviles. Esto es especialmente importante para el equipo médico, ya que a menudo no tienen acceso a computadoras de escritorio o portátiles, ya sea en consultorios o cuando realizan trabajo de campo en policlínicas.

Para abordar esta necesidad, se busca que el portal web implementado tenga un diseño responsivo (o adaptativo) [25], es decir, que se adapte visualmente al dispositivo desde el cual se accede, para brindar una experiencia óptima al usuario. De esta manera, MIA Portal puede ser accesible desde teléfonos móviles, tabletas y computadoras, ofreciendo una visualización cómoda y correcta de la información.

Sin embargo, durante esta etapa se encontró un inconveniente principal: la herramienta utilizada para la representación gráfica de los datos, Looker Studio, no ofrece

un diseño adaptativo. En cambio, cada página debe tener un ancho y alto fijos pre-definidos. Esto significa que al definir un tamaño de página para una visualización correcta en computadoras, se obtendría un resultado incorrecto en dispositivos móviles, y viceversa.

Este compromiso se tuvo en cuenta al decidir utilizar Looker Studio. Aunque la herramienta carece de diseño adaptativo, los beneficios que ofrece prevalecieron sobre esta limitación.

La solución encontrada para este problema fue duplicar cada informe generado en Looker Studio. Para cada informe se generó una versión para escritorio y una versión para dispositivos móviles, cada una con sus dimensiones fijas correspondientes. Luego, es responsabilidad de la aplicación web de MIA Portal determinar, según el dispositivo utilizado por el usuario, qué versión mostrar.

### 3.4. Conclusión del relevamiento de requerimientos

De las funcionalidades descritas anteriormente fueron llevados a cabo los siguientes casos de uso:

- Iniciar sesión
- Crear usuario
- Obtener reporte por tipo de polen
- Obtener reporte diario
- Obtener reporte diario + meteorológico
- Obtener síntomas crónicos
- Obtener entrada diaria
- Obtener test de Prick
- Descargar reportes
- Disponibilizar datos a la Intendencia de Montevideo
- Obtener los datos de INUMET
- Enviar mail al usuario creado

Los casos de uso no realizados son de media o baja prioridad, mientras que los de alta prioridad fueron implementados en un 100 %. Las funcionalidades implementadas fueron las que, en conjunto con las investigadoras y las médicas, se entendió que eran las que más valor podían aportar y a la vez eran factibles en el tiempo de desarrollo dado.

También fueron contemplados y se cumplió con todos los requerimientos no funcionales descritos.

Respecto a la construcción de prototipos mediante bosquejos, a pesar de haber insumido tiempo, se puede decir que sirvió de base para luego maquetar la interfaz real del usuario. La descripción de los casos de uso en conjunto con la creación de los prototipos ayudó a plasmar las ideas que se tenían por parte de todos los integrantes del equipo y llevarlo a una idea en común. Se podría decir que el tiempo dedicado para la creación de los bosquejos fue tiempo bien invertido, se obtuvo una idea para el diseño inicial sin haber dedicado tiempo en implementarlo, los cambios en los prototipos no significaron un gran impacto, los cuales sí hubiesen impactado negativamente si se hubiesen hecho una vez comenzado el desarrollo de la aplicación.

Se concluye que, tanto la descripción de los distintos escenarios detallados en los casos de uso como la construcción de los prototipos, permitieron optimizar el tiempo, de manera que si se hubiesen implementado los requerimientos directamente, probablemente hubiera sido necesario dedicar aún más esfuerzo.

# Capítulo 4

## Diseño

En este capítulo se describe el diseño del sistema en su totalidad, así como el modelo relacional propuesto para almacenar los datos necesarios, y finalmente las tecnologías a utilizar.

Para definir la arquitectura de la nueva aplicación a construir, se consideraron las siguientes opciones:

- Utilizar tanto el backend como la base de datos de MIA.
- Construir un nuevo backend, así como una nueva base de datos.
- Construir un nuevo backend, utilizando la base de datos de MIA.

Finalmente se decidió reutilizar solo la base de datos de MIA e implementar nuevas aplicaciones tanto para el frontend como el backend de MIA Portal. Los principales fundamentos de esta decisión se basan en el patrón de diseño de software de “reducción del acoplamiento” y el principio de “separación de responsabilidades” [26]. El acoplamiento refiere al grado de interdependencia que tienen dos (o más) aplicaciones. Este concepto junto con el de separación de responsabilidades, conducen a desarrollar aplicaciones separadas a las existentes en MIA, y que se enfoquen solamente en el objetivo que se desea.

La razón detrás de la decisión de desarrollar aplicaciones propias para este proyecto se fundamenta en la posibilidad de tener el control total de dichas aplicaciones. Se considera que la integración de ambos proyectos de grado en una misma aplicación podría resultar perjudicial para ambos, tanto en términos de riesgo de afectar lo implementado en el proyecto anterior, como en la posibilidad de que el presente proceso de desarrollo se ralentice debido a la necesidad de someterse a revisiones por parte del equipo de desarrollo de MIA.

### 4.1. Arquitectura

La arquitectura consiste en tres módulos: base de datos, servidor backend y aplicación web.

Estos módulos se muestran en la Figura 4.1. Los mismos son independientes, por lo que cualquiera de ellos podría intercambiarse y no afectaría el funcionamiento de los demás.

El servidor backend es una nueva aplicación, distinta a las implementadas en MIA, que ha sido desarrollada siguiendo el estilo arquitectónico de API REST [27]. Esta aplicación backend se conecta a la base de datos PostgreSQL [28] de MIA, lo que permite separar la lógica de análisis de datos de la lógica relacionada con la aplicación MIA. Esta separación proporciona una arquitectura más escalable, además de preservar la privacidad de los datos y evitar el acoplamiento entre las dos aplicaciones. Esto es esencial para lograr un sistema más flexible, mantenible, escalable y adaptable, lo que se traduce en un desarrollo más eficiente y una mejor experiencia para los usuarios finales.

La nueva aplicación backend se conectará únicamente a la base de datos para realizar las siguientes tareas:

- Gestionar los nuevos usuarios que accederán a MIA Portal (que se definirán más adelante en el modelo relacional).
- Persistir la información meteorológica que será consumida a través de la API provista por el Instituto Uruguayo de Meteorología.
- Consultar la información necesaria para mostrar en los reportes.

La base de datos actual aloja principalmente datos palinológicos, como tipos polínicos, fúngicos y sus agrupaciones, así como los informes diarios de polen y esporas de hongos generados por el equipo de palinología. Además, se han agregado estructuras para admitir usuarios y roles relacionados con la nueva aplicación, así como una tabla para persistir la información proporcionada por INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología). Se evaluó la posibilidad de crear una nueva base de datos, pero se descartó debido a la cantidad reducida de nuevas entidades de datos.

Por último, el frontend de MIA Portal también será una nueva aplicación independiente que se comunicará con la aplicación backend recientemente desarrollada.

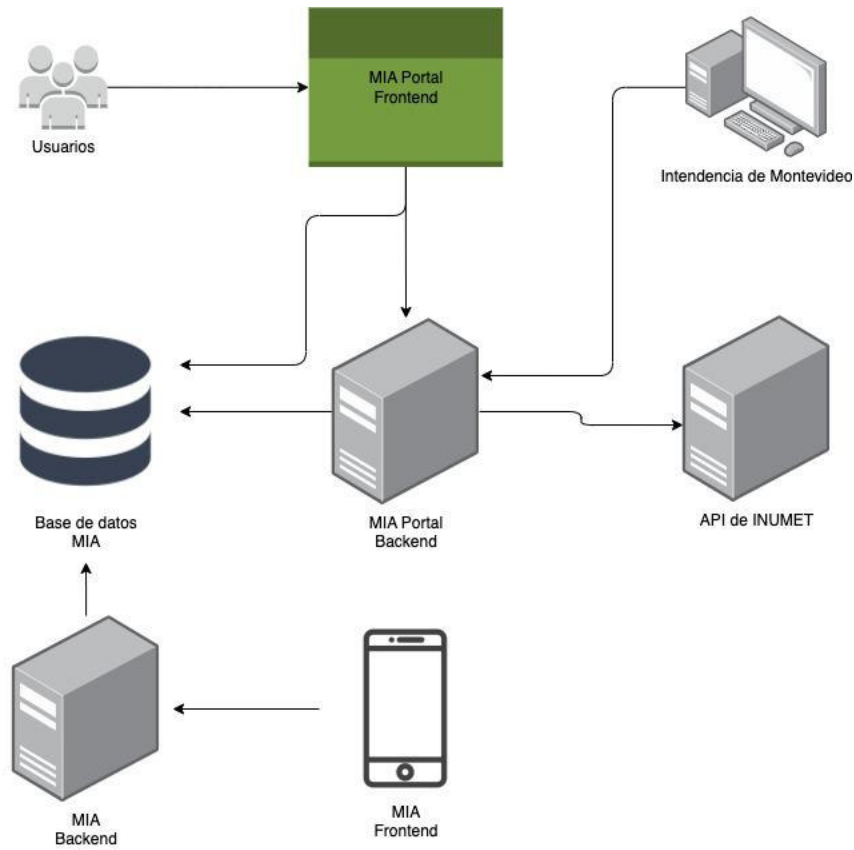


Figura 4.1: Arquitectura

## 4.2. Modelo relacional

En la figura 4.2 se presenta el modelo relacional utilizado para modelar cada una de las entidades necesarias para cumplir con todos los requerimientos implementados. Para llevar a cabo MIA Portal fue necesario crear las siguientes tablas:

- **miaportal\_users\_user**: Esta tabla modela a los usuarios del sistema. Incluye los datos de *usuario*, *contraseña* (encriptada), y *nombre del rol*. La clave primaria es el *usuario* y tiene una clave foránea que hace referencia a la tabla *miaportal\_users\_roles*.
- **miaportal\_users\_roles**: Esta tabla modela a los diferentes tipos de roles que un usuario puede tener en el sistema, y las funcionalidades asociadas a dicho rol. Incluye el dato *nombre del rol*, y *funcionalidad*. Cada rol tendrá 1 o más funcionalidades.
- **miaportal\_inumet**: Esta tabla modela los datos meteorológicos obtenidos desde la API de Inumet. Se guardará una entrada diaria con los datos correspondientes a ese día.

Así como fue necesario crear nuevas tablas para dar soporte a los usuarios y las features de MIA Portal también se hizo uso de varias tablas de MIA ya existentes.

Las mismas se utilizaron para leer los datos cargados en el proyecto MIA y enriquecer los distintos reportes implementados en MIA Portal. Dichas tablas también se pueden encontrar en la Figura 4.2.

- **users\_user**: Esta tabla modela a los usuarios de la aplicación MIA (pacientes), incluyendo datos básicos de los mismos, como nombre, email, contraseña, fecha de nacimiento, sexo, barrio y departamento.
- **symptoms\_categoriasintoma**: Esta tabla aloja las distintas categorías a las que puede pertenecer un síntoma, la misma tiene los atributos identificador y pregunta, el atributo pregunta es el texto que se le muestra al usuario para saber si ha tenido algún tipo síntoma referente a esta categoría.
- **symptoms\_sintoma**: Esta tabla modela los distintos síntomas que pudo haber tenido el paciente en el último año. Los síntomas perteneciente a una categoría son mostrados si el usuario responde afirmativamente a la pregunta de la misma.
- **symptoms\_entradadiario**: Esta tabla aloja los distintos eventos ingresados por parte del paciente en su diario de síntomas, la misma contiene los atributos fecha, coordenadas, comentario, el atributo fecha está establecido por defecto en la fecha actual pero puede modificarse.
- **symptoms\_pregunta, symptoms\_respuesta, symptoms\_valorrespuesta**: En estas tablas se guardan las distintas preguntas que se le presentaron al paciente a la hora de crear un evento en el diario de síntomas, así como el valor de sus respuestas.
- **symptoms\_historial, symptoms\_historial\_sintomas**: En estas tablas se representa el historial del paciente, un historial puede tener varios síntomas, para representar esto, es que existe la tabla historial\_sintomas.
- **pollens\_polen**: Esta tabla modela los distintos tipos polínicos y fúngicos que afectan a los pacientes con rinitis.
- **pollens\_reporteconcentracion**: esta tabla representa los distintos reportes obtenidos por el equipo de palinología, estos reportes son los obtenidos luego de realizado el muestreo para obtener el nivel de polen y esporas de hongos en aire, estudio que se hace a diario.
- **pollens\_nivelespolen**: Esta tabla modela la relación N a N entre las tablas pollens\_polen y pollens\_reporteconcentracion.
- **pollens\_grupopolinico**: Esta tabla modela las categorías a las que un tipo polínico o fúngico puede pertenecer, contiene los atributos nombre, unidad\_medida, nivel\_alto, nivel\_medio, nivel\_medio\_sumatoria y nivel\_alto\_sumatoria atributos necesarios para el procesamiento de los reportes de concentración de polen y esporas de hongos en el aire.

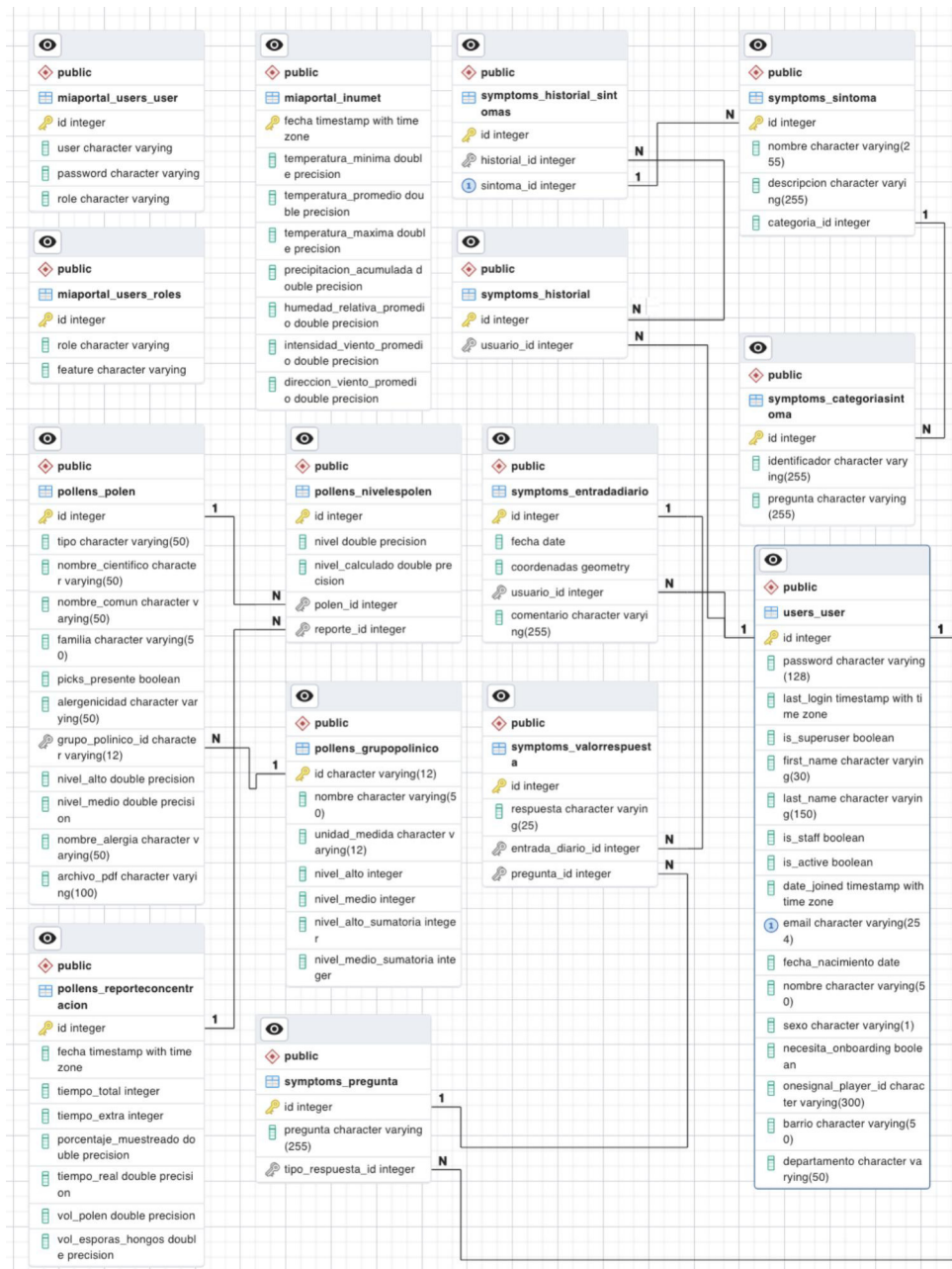


Figura 4.2: Modelo relacional MIA Portal

# Capítulo 5

## Tecnologías

En este capítulo se describen las tecnologías utilizadas para el desarrollo de las aplicaciones.

En la elección de las tecnologías, se tuvieron en cuenta factores como la experiencia del equipo con tecnologías tanto de backend como de frontend, así como las características inherentes de cada tecnología y las ventajas y desventajas que podrían presentar en relación al producto a desarrollar.

Considerando la naturaleza de las aplicaciones a construir, se optó por utilizar tecnologías con las que el equipo ya estaba familiarizado y tenía experiencia previa. Esta decisión permitió focalizarse principalmente en el desarrollo del producto en sí, evitando complicaciones técnicas innecesarias y facilitando un proceso más fluido y eficiente. Al aprovechar la experiencia existente, se aseguró un mayor nivel de calidad y eficacia en el desarrollo, haciendo uso óptimo del conocimiento y las habilidades del equipo.

A su vez, al interactuar con la aplicación MIA, también se hizo uso de las tecnologías allí utilizadas, como PostgreSQL, Docker, etc.

### 5.1. Frontend

Se implementó utilizando un framework de desarrollo de React llamado Next.js [29].

#### 5.1.1. ReactJS

ReactJS [30] es una biblioteca de JavaScript desarrollada por Facebook que se utiliza para construir interfaces de usuario interactivas y reactivas. Se basa en el concepto de componentes reutilizables, donde cada componente encapsula la lógica y la apariencia de una parte específica de la interfaz de usuario.

Utiliza una representación virtual del DOM para optimizar la manipulación y actualización eficiente de los elementos en la página, lo que resulta en una experiencia fluida y rápida para los usuarios. La principal ventaja de este enfoque consiste en que, ante un evento del usuario, solamente se actualizan en el HTML los elementos

afectados por la acción, y no la página entera.

Al utilizar un enfoque declarativo, React permite crear interfaces intuitivas y fáciles de mantener, ya que los cambios en el estado de la aplicación se reflejan automáticamente en la interfaz de usuario. Además, React cuenta con una amplia comunidad de desarrollo y una gran cantidad de bibliotecas y herramientas complementarias, lo que lo convierte en una opción popular y poderosa para el desarrollo de aplicaciones web modernas.

React se basa en la idea de componentes reutilizables. Cada componente encapsula su propia lógica y estado, lo que facilita la construcción y el mantenimiento de interfaces complejas.

A su vez, React utiliza JSX (JavaScript XML) [31] para definir la estructura de la interfaz de usuario. JSX es una extensión de JavaScript que permite escribir código similar a HTML dentro del código JavaScript, lo que facilita la creación y comprensión de la estructura de los componentes.

Por último, React sigue el principio de unidireccionalidad de datos, lo que significa que los datos fluyen en una sola dirección. Los cambios en el estado de un componente se propagan hacia abajo a través de los componentes secundarios, lo que facilita el seguimiento de los cambios y el mantenimiento del estado de la aplicación.

### 5.1.2. Next.js

Next.js [29] es un framework de React que proporciona a los desarrolladores un conjunto de piezas básicas de software (building blocks) que se combinan para crear una aplicación web funcional.

Next.js abstrae y configura automáticamente herramientas como el empaquetado, la compilación y más, lo cual permite centrarse en construir la aplicación en lugar de perder tiempo configurando las herramientas.

Al construir una aplicación web, se deben considerar algunos criterios [32], como:

- Interfaz de usuario: cómo los usuarios consumirán e interactuarán con la aplicación.
- Enrutamiento: cómo los usuarios navegarán entre diferentes partes de la aplicación.
- Obtención de datos: dónde residen los datos y cómo obtenerlos.
- Representación gráfica (rendering): cuándo y dónde desplegar contenido estático o dinámico.
- Integraciones: qué servicios de terceros se utilizan (CMS, autenticación, pagos, etc.) y cómo conectarse a ellos.
- Infraestructura: dónde implementar, almacenar y ejecutar el código de la aplicación (sin servidor, CDN, Edge, etc.).

- Rendimiento: cómo optimizar la aplicación para los usuarios finales, es decir, la velocidad y eficiencia con la que la aplicación responde a las interacciones de los usuarios y carga el contenido.
- Escalabilidad: cómo la aplicación se adapta a medida que el equipo, los datos y el tráfico crecen.
- Experiencia del desarrollador: la experiencia del equipo al construir y mantener la aplicación.

Para cada uno de estos aspectos de la aplicación, se debe decidir si se creará una solución propia o si se utilizarán otras herramientas como bibliotecas y frameworks.

Next.js provee justamente de todas las herramientas y la configuración necesarias para solucionar los puntos mencionados.

Proporciona una experiencia de desarrollo eficiente al ofrecer una arquitectura basada en componentes, enrutamiento intuitivo y la posibilidad de renderizado tanto del lado del servidor como del lado del cliente. Con Next.js, es posible construir aplicaciones web rápidas y optimizadas, aprovechando la potencia de React junto con características adicionales como la generación estática y dinámica de páginas, la pre-renderización, el enrutamiento automático y la administración sencilla de datos. Además, cuenta con una amplia comunidad de desarrollo y una documentación completa que facilitan su aprendizaje y adopción.

## 5.2. Backend

La aplicación backend fue implementada utilizando Java 11 en conjunto con Maven y Spring. Se conecta con la base de datos de MIA implementada en PostgreSQL. Además, se utiliza la librería BCrypt para el encriptado de las contraseñas a almacenar en la base de datos. Para el envío de mails de confirmación de registro de usuario, se utiliza el servidor SMTP de Gmail y la Java Mail API.

A continuación, se describen las tecnologías mencionadas:

### 5.2.1. Java 11

Java [33] es un lenguaje de programación y una plataforma informática lanzada por primera vez por Sun Microsystems en 1995. Ha evolucionado desde sus comienzos hasta convertirse en la base de una gran parte del mundo digital actual, al proporcionar una plataforma confiable sobre la cual se construyen muchos servicios y aplicaciones.

Actualmente es uno de los lenguajes más utilizados en el mundo. Java es un lenguaje orientado a objetos de alto nivel, y una de sus principales características es que es independiente de la plataforma donde se ejecuta, es decir, un programa desarrollado con Java es capaz de funcionar correctamente en dispositivos de distintos tipos y con

sistemas operativos diferentes.

La JVM (Java Virtual Machine) es una máquina virtual que interpreta y ejecuta el código Java.

Cuando se compila un programa en Java (Figura 5.1), el código fuente se convierte en bytecode, un lenguaje intermedio que no es específico de ninguna plataforma en particular. Luego, la JVM se encarga de cargar el bytecode y ejecutarlo en el sistema operativo en el que se encuentra. De esta manera, la JVM actúa como una capa de abstracción entre el código Java y el sistema operativo, permitiendo que las aplicaciones Java sean portables y se ejecuten en diferentes plataformas sin necesidad de recompilar el código fuente.

La JVM proporciona varias funcionalidades importantes, como la gestión de memoria, el manejo de excepciones y la administración de hilos (threads). Además, optimiza la ejecución del código Java mediante técnicas como la compilación en tiempo de ejecución (Just-In-Time Compilation) para mejorar el rendimiento.

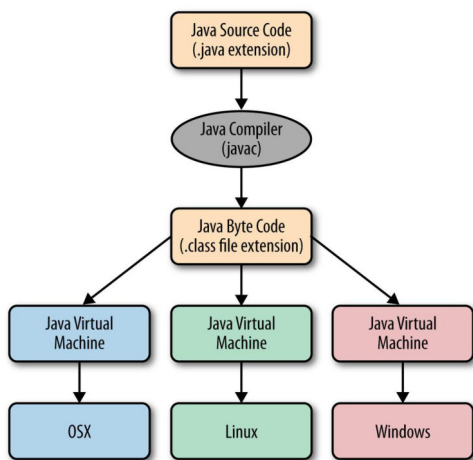


Figura 5.1: Proceso de compilación de Java

### 5.2.2. Maven

Maven [34] es una herramienta de construcción y gestión de proyectos ampliamente utilizada en el desarrollo de aplicaciones en Java. Su objetivo principal es facilitar y automatizar el proceso de construcción de aplicaciones, manejar dependencias y organizar el proyecto de manera estructurada.

Maven funciona utilizando un archivo llamado Project Object Model (POM) [35], que es un archivo XML que describe la estructura, dependencias y configuraciones del proyecto. El POM contiene información como el nombre del proyecto, su versión, las dependencias externas necesarias, los complementos utilizados, las configuraciones de compilación y pruebas, entre otros detalles.

Cuando se ejecuta Maven, lee el POM y realiza una serie de tareas definidas en el archivo. Estas tareas incluyen la descarga de las dependencias necesarias desde los repositorios remotos, la compilación del código fuente, la ejecución de pruebas, la generación de documentación, la empaquetación de la aplicación y la instalación o implementación del artefacto resultante.

Maven utiliza una estructura de directorios estandarizada que facilita la organización del proyecto. Los archivos fuente se colocan en el directorio "src/main/java", los archivos de recursos en "src/main/resources", los archivos de prueba en "src/test/java" y los recursos de prueba en "src/test/resources". Esta estructura facilita la comprensión y navegación de los proyectos Maven.

Además de su función principal de construcción, Maven también ofrece características adicionales, como la generación automática de documentación, la gestión de dependencias, la generación de informes y la integración con herramientas de control de versiones.

### 5.2.3. Spring

Spring [36] es un framework de desarrollo de aplicaciones Java de código abierto y ampliamente utilizado en la industria. Proporciona un conjunto de bibliotecas y herramientas que facilitan la creación de aplicaciones empresariales robustas y escalables.

Spring se basa en el principio de inversión de control (IoC) y el patrón de diseño de contenedor de dependencias. Esto significa que Spring se encarga de administrar la creación y configuración de objetos (beans) en una aplicación, liberando a los desarrolladores de la tarea de crear y gestionar manualmente estas dependencias.

### 5.2.4. PostgreSQL

PostgreSQL [28] es un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto y de alto rendimiento. Se destaca por su confiabilidad, estabilidad y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y cargas de trabajo intensivas. PostgreSQL sigue los estándares SQL y ofrece una amplia gama de características avanzadas que lo hacen adecuado para una variedad de aplicaciones y casos de uso.

PostgreSQL es conocido por su soporte transaccional y su capacidad para realizar operaciones ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento, Durabilidad) [37]. Esto garantiza la integridad de los datos y permite que las transacciones se realicen de manera segura y confiable.

Otra característica importante de PostgreSQL es su enfoque en la escalabilidad. Puede manejar grandes cantidades de datos y altas cargas de trabajo mediante técnicas como la replicación, la partición de tablas y la optimización del rendimiento. Esto lo hace adecuado tanto para aplicaciones de pequeña escala como para sistemas em-

presariales de alto tráfico.

PostgreSQL es compatible con múltiples plataformas y tiene una comunidad activa de desarrolladores que contribuyen a su mejora continua. Además, cuenta con una amplia documentación y recursos en línea que facilitan su aprendizaje y uso.

### 5.2.5. BCrypt

Para la encriptación de las contraseñas de los usuarios de la aplicación MIA Portal persistidas en la base de datos, se utilizó la librería BCrypt.

BCrypt [38] para Java es una implementación de BCrypt, un algoritmo de encriptado de contraseñas que se utiliza para almacenar y proteger contraseñas de manera segura. BCrypt es especialmente conocido por su capacidad para resistir ataques de fuerza bruta y descifrado, lo que lo convierte en una opción robusta para el almacenamiento seguro de contraseñas.

El proceso de encriptado de BCrypt consta de los siguientes pasos:

- **Generación de una salt:** La salt es un valor aleatorio que se concatena con la contraseña antes de encriptarla. Sirve para prevenir ataques de diccionario y reducir la posibilidad de que dos contraseñas idénticas se almacenen de la misma forma.
- **Hashing de la contraseña:** La contraseña junto con la salt se pasa a través de múltiples rondas de un algoritmo de hashing específico de BCrypt. Durante cada ronda, se realiza una combinación de operaciones matemáticas que mezclan y transforman los datos.
- **Generación del hash resultante:** Una vez completadas todas las rondas de hashing, se genera el hash final que representa la contraseña encriptada. Este hash incluye información como la salt utilizada y los parámetros de configuración del algoritmo de BCrypt.

Cuando un usuario ingresa una contraseña para autenticarse en el sistema, el proceso de validación implica los siguientes pasos:

- **Recuperación del hash almacenado:** El sistema obtiene el hash encriptado almacenado previamente en la base de datos.
- **Extracción de la salt y los parámetros del hash:** A partir del hash almacenado, se extrae la salt y los parámetros necesarios para el proceso de validación.
- **Hashing y comparación de contraseñas:** La contraseña ingresada por el usuario se combina con la salt y se aplica el mismo proceso de hashing utilizado durante el encriptado. El hash resultante se compara con el hash almacenado. Si son idénticos, la contraseña se considera válida.

BCrypt es conocido por su capacidad para ajustar la complejidad computacional del proceso de encriptado mediante la configuración de parámetros, como el *factor de costo*, que determina el número de rondas de hashing a aplicar. Esto permite adaptar el nivel de seguridad según las necesidades del sistema.

### 5.2.6. Servidor SMTP de Gmail

El servidor SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) de Gmail es el servidor de correo saliente proporcionado por Google para enviar correos electrónicos a través de cuentas de Gmail. SMTP es el protocolo estándar utilizado para el envío de correos electrónicos en Internet.

El servidor SMTP de Gmail permite a los usuarios enviar correos electrónicos utilizando sus cuentas de Gmail desde aplicaciones o programas de terceros.

Para utilizar el servidor SMTP de Gmail, se deben configurar las credenciales de autenticación (dirección de correo electrónico y contraseña) en la aplicación que envía los mails. Estas credenciales son utilizadas para autenticarse con el servidor SMTP y asegurar que solo los usuarios autorizados puedan enviar correos electrónicos desde la cuenta.

Debido a las medidas de seguridad implementadas por Google para proteger las cuentas de Gmail, en la cuenta creada para el proyecto MIA Portal fue necesario habilitar opciones de seguridad específicas, en particular, la generación de contraseñas de aplicaciones, para permitir el acceso y envío de mails a través del servidor SMTP de Gmail.

### 5.2.7. Java Mail API

JavaMail API [39] es una biblioteca de Java que proporciona funcionalidades para enviar, recibir y administrar correos electrónicos en aplicaciones Java. Esta API facilita la interacción con servidores de correo electrónico utilizando los protocolos estándar de la industria, como SMTP, POP3 e IMAP.

## 5.3. Servidor

Debido a la sensibilidad de los datos almacenados en la base de datos y a la Ley de Protección de Datos Personales, es necesario que la información relativa a los pacientes esté alojada en un servidor dentro de las fronteras del país. Por este motivo, durante el desarrollo del proyecto MIA surgió la posibilidad de almacenar las aplicaciones y la base de datos en un servidor ubicado en la Facultad de Ciencias.

Para mantener consistencia con MIA y no agregar complejidad extra a todo el ecosistema de aplicaciones resultante, se optó por utilizar el mismo servidor para las aplicaciones de MIA Portal. Allí funciona una máquina virtual en la que se instalaron y levantaron todas las aplicaciones.

### 5.3.1. Docker

Para ejecutar las aplicaciones en el servidor de Facultad de Ciencias, se decidió utilizar Docker, principalmente para reutilizar la configuración ya realizada durante el transcurso de MIA, y también para generar una homogeneidad en las aplicaciones del ecosistema MIA + MIA Portal. Este punto también facilitará las eventuales tareas de mantenimiento que deban realizarse. Vale aclarar que, de igual manera, consideramos que es la mejor opción para ese fin que existe en la actualidad, y hubiese sido la elegida en caso de no existir en el servidor de Facultad de Ciencias.

Docker [40] es una plataforma de código abierto que permite la creación, distribución y ejecución de aplicaciones en contenedores. Un contenedor es una unidad ligera y autónoma que contiene todo lo necesario para que una aplicación funcione, incluyendo el código, las bibliotecas, las herramientas del sistema y las dependencias.

A diferencia de las máquinas virtuales tradicionales, que requieren un sistema operativo completo para cada instancia, los contenedores de Docker se ejecutan directamente sobre el sistema operativo host, lo que los hace más eficientes y rápidos (Ver Figura 5.2). Docker utiliza tecnologías de aislamiento del kernel del sistema operativo para asegurar que los contenedores sean independientes y no interfieran entre sí.

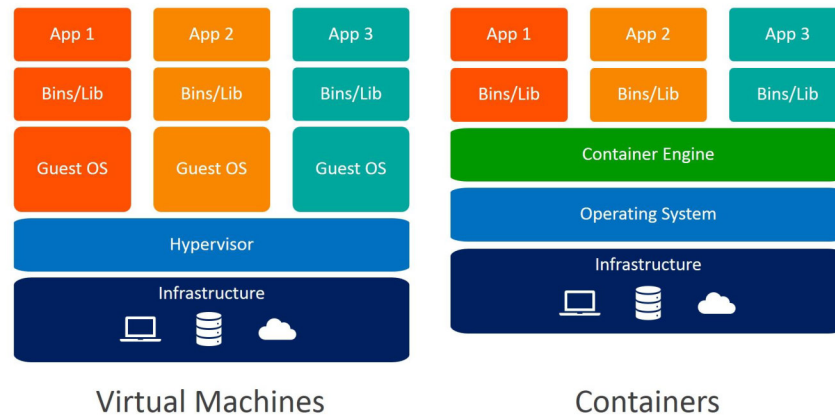


Figura 5.2: Docker vs Máquinas Virtuales

Al utilizar Docker, se pueden crear entornos de desarrollo reproducibles y portátiles, lo que facilita la implementación de aplicaciones en diferentes sistemas y entornos. Docker también simplifica el despliegue de aplicaciones al proporcionar un entorno consistente y confiable, eliminando así los problemas de compatibilidad y configuración que pueden surgir en diferentes infraestructuras.

Además, Docker ofrece una amplia gama de herramientas y características que facilitan la gestión de contenedores, como la capacidad de crear imágenes personalizadas, la escalabilidad horizontal de aplicaciones mediante la creación de múltiples instancias de contenedores, y la integración con otras tecnologías como orquestadores de contenedores.

### 5.3.2. Certbot

Certbot [41] es una herramienta gratis y open source para generar automáticamente certificados Let's Encrypt en sitios web administrados manualmente para habilitar HTTPS.

Es desarrollada por la Electronic Frontier Foundation (EFF) y se utiliza para obtener y renovar automáticamente certificados de seguridad SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security). Un certificado SSL (Secure Sockets Layer) es un archivo digital que se utiliza para establecer una conexión segura y encriptada entre un servidor web y el navegador de un usuario. El objetivo principal de un certificado SSL es garantizar la confidencialidad y autenticidad de los datos transmitidos a través de Internet.

Certbot simplifica el proceso de adquisición y gestión de certificados SSL/TLS al automatizar tareas como la solicitud, validación, instalación y renovación de certificados. Utiliza el protocolo ACME (Automated Certificate Management Environment) para interactuar con los proveedores de servicios de certificación y llevar a cabo la emisión y renovación de los certificados.

Además de su facilidad de uso y automatización, Certbot es conocido por ser compatible con una amplia gama de servidores web, incluyendo Apache, Nginx y otros. También es capaz de configurar automáticamente la renovación periódica de los certificados, lo que garantiza que los sitios web mantengan conexiones seguras de forma continua.

### 5.3.3. Apache

Apache es un software de servidor web de código abierto que proporciona un entorno robusto y seguro para alojar y entregar contenido en la web. Es ampliamente utilizado debido a su estabilidad, escalabilidad y flexibilidad, y se adapta a diferentes tipos de sitios web y aplicaciones. Además de su función principal como servidor web, Apache ofrece otros servicios y tecnologías, y es respaldado por una gran comunidad de usuarios y desarrolladores.

El servidor Apache fue configurado en el servidor de Facultad de Ciencias durante el desarrollo de la aplicación MIA con el fin de gestionar los distintos sitios del ecosistema de MIA: la página web, la API y la aplicación móvil.

Funciona como un reverse proxy: es un servidor intermediario que recibe las solicitudes de los clientes y las reenvía a uno o varios servidores de origen. A diferencia de un proxy convencional, que actúa en nombre de los clientes para acceder a recursos externos, un reverse proxy actúa en nombre de los servidores para gestionar y distribuir las solicitudes de los clientes.

Cada sitio del ecosistema MIA posee dos archivos de configuración: uno para conexiones HTTP y otro para conexiones HTTPS. En los mismos se define en qué puerto del servidor está escuchando cada aplicación, de manera que cuando llega una petición al

servidor, se redirige mediante dichos archivos a la aplicación correspondiente. En los archivos relativos a las conexiones HTTPS se define el certificado SSL configurado mediante Certbot, asegurando así la conexión entre el cliente y el servidor.

# Capítulo 6

## Implementación

En este capítulo se describe el proceso de implementación del sistema, y las decisiones tomadas durante el mismo para cumplir con el diseño propuesto en el capítulo anterior.

### 6.1. Frontend

El proceso de implementación del frontend pasó por dos grandes etapas. En la primera de ellas, se decidió utilizar un stack de tecnologías conocidas por los integrantes del grupo para la implementación de páginas web. El mismo estaba constituido por:

- Node.js: entorno en tiempo de ejecución multiplataforma, de código abierto, para la capa del servidor basado en el lenguaje de programación Javascript, asíncrono, con entrada/salida de datos en una arquitectura orientada a eventos y basado en el motor V8 de Google [42].
- React: biblioteca Javascript de código abierto diseñada para crear interfaces de usuario con el objetivo de facilitar el desarrollo de aplicaciones en una sola página [30].
- Webpack: herramienta de empaquetado y construcción de módulos para aplicaciones web. Su principal objetivo es tomar varios archivos fuente, como Javascript, CSS, imágenes y otros recursos, y combinarlos en paquetes optimizados y eficientes para su implementación en un entorno de producción [43].
- Express: framework para Node.js que simplifica la creación de aplicaciones web y APIs al proporcionar una capa de abstracción sobre el servidor HTTP de Node.js y ofrecer funciones y middlewares para tareas comunes. Es rápido, modular y ampliamente utilizado para construir aplicaciones web en Node.js [44].

Después de realizar la configuración inicial del proyecto, surgieron problemas inesperados relacionados al server-side rendering y la ejecución de los middlewares de Express, lo cual requería sumar cada vez más librerías y módulos, agregando una capa de complejidad innecesaria de acuerdo a las características de la página a construir.

La segunda etapa consistió en cambiar el enfoque, dejando de lado lo hecho hasta el momento, y tomar la decisión de utilizar Next.js. Al ser un *framework de desarrollo*, Next.js proporciona un entorno estable, eficiente y testeado, evitando los problemas que se estaban experimentando con la configuración anterior. A partir de ese momento, fue posible avanzar con mayor facilidad y rapidez, centrándose en el desarrollo de las pantallas necesarias.

### 6.1.1. Interfaz de usuario

Para la construcción de la interfaz de usuario, se hizo uso de la librería de componentes Material-UI [45]. Material UI es una biblioteca de componentes React de código abierto que implementa Material Design de Google [46]. Incluye una colección de componentes pre-construidos con un diseño agradable, y presenta un conjunto de opciones de personalización que facilitan la customización de los componentes para ajustarlos al diseño buscado.

### 6.1.2. Manejo de cookies

Para el manejo de cookies se utilizó la librería js-cookie [47], que ofrece una interfaz para un fácil y rápido manejo de cookies en aplicaciones web.

Las cookies se setean con la siguiente configuración para aumentar su seguridad y robustez:

- **Secure:** indica que la cookie solo se enviará a través de conexiones HTTPS (solo se transmite de forma segura y no se envía a través de conexiones no cifradas).
- **SameSite:** permite controlar cómo se envía la cookie en las solicitudes. Establecerlo en "Strict" garantiza que la cookie solo se enviará en solicitudes que se originen desde el mismo sitio. Esto ayuda a prevenir ataques de falsificación de solicitudes entre sitios (CSRF).
- **Expiración:** el tener una fecha de vencimiento adecuada para la cookie garantiza que no permanezca en el cliente más tiempo del necesario. Esto limita la exposición a ataques de robo de cookies a largo plazo.

### 6.1.3. Login

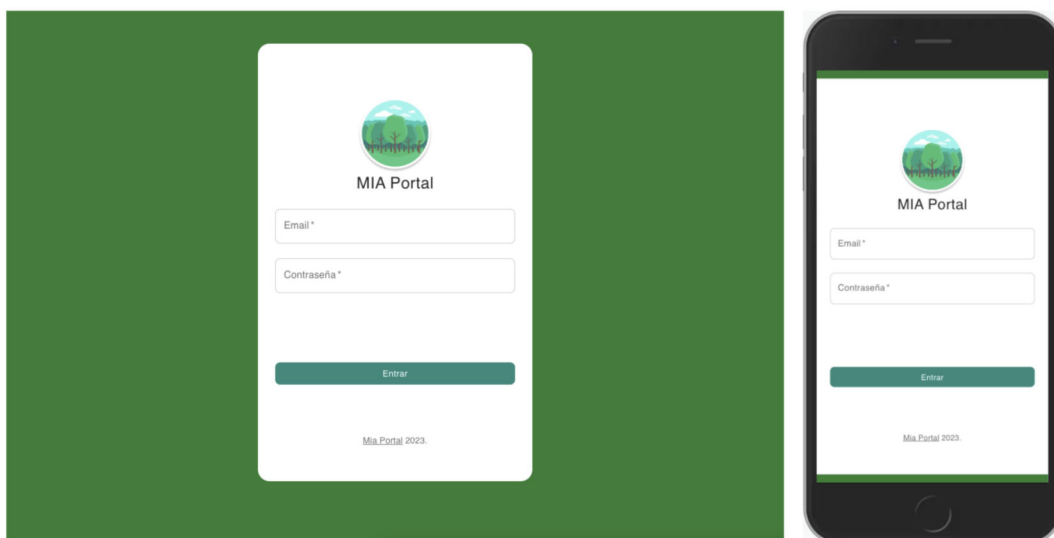


Figura 6.1: Login

Para poder acceder a MIA Portal, es necesario que un usuario con permisos de Administrador se encargue de crear al nuevo usuario. Los datos para el login le serán enviados por mail.

El principal motivo de que los nuevos usuarios sean dados de alta mediante otros usuarios Administradores radica en temas de seguridad: se desea que el grupo de usuarios con acceso a la plataforma sea acotado y controlado por los referentes de cada área (palinología y medicina). Desde un principio se planteó que estos referentes sean los encargados de dar de alta a los usuarios que necesiten hacer uso de la aplicación.

En el formulario de login (Figura 6.1), los campos *email* y *contraseña* son requeridos. En caso de no ingresar alguno de ellos, se despliega en pantalla un mensaje de advertencia indicando tal caso.

Luego de que se rellenan ambos campos y se clickea en *Entrar*, se realiza un request al servidor para validar los datos. Al utilizar una conexión HTTPS, los datos viajan encriptados de punta a punta de forma segura, evitando posibles ataques y/o robos de identidad.

Si alguno de los datos es incorrecto, se muestra un mensaje de error acorde para que el usuario corrija los errores y vuelva a intentar.

Si los datos son correctos, se guarda una cookie en el navegador con el nombre de usuario y sus permisos, la cual será utilizada posteriormente para controlar las pantallas y reportes a los que el usuario tiene acceso.

#### 6.1.4. Registrar usuario

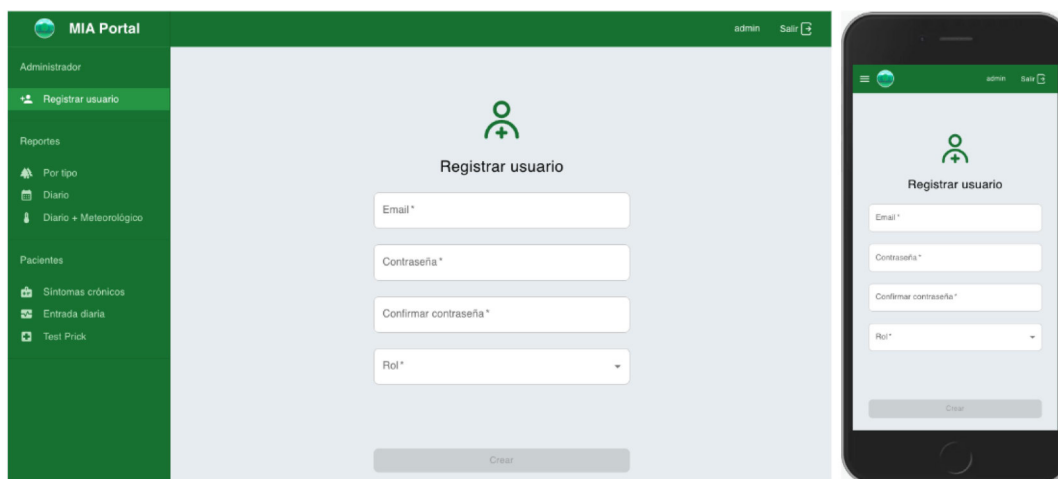


Figura 6.2: Registrar Usuario

Como se mencionara anteriormente, el único rol con acceso a la pantalla de registro de nuevos usuarios (Figura 6.2) es el Administrador.

Todos los campos son requeridos para la creación del usuario, y el botón de *Crear* aparecerá deshabilitado hasta que se hayan rellenado correctamente todos los campos.

Primeramente, se solicita el email del nuevo usuario, que constituirá el nombre de usuario a utilizar posteriormente en el login. Luego, se solicita una contraseña y la confirmación de la misma. Si las contraseñas no coinciden, se mostrará un mensaje de advertencia. Finalmente se debe seleccionar el rol del nuevo usuario: Investigador, Médico o Administrador.

Una vez completados todos los campos, se habilita el botón de Crear, acción que realiza el envío de los datos al backend para su procesamiento. En caso de que el usuario ya exista en la base de datos, se mostrará un mensaje informando tal caso. En caso contrario, se muestra un mensaje de confirmación de la creación del nuevo usuario.

Se envía un mail de alta al nuevo usuario, indicándole allí los datos para el inicio de sesión.

#### 6.1.5. Reportes

Se implementaron los siguientes reportes:

- Reporte por tipo (Figura 6.3): despliega la información diaria desglosada por tipo de polen, y se incluyen gráficas de la evolución del conteo y la concentración de cada tipo.

- Reporte diario (Figura 6.4): despliega la información diaria de concentración de polen y de esporas de hongos, y se incluyen gráficas de la evolución del conteo y la concentración de ambos.
- Reporte diario + meteorológico (Figura 6.5): despliega la información diaria de concentración de polen y de esporas de hongos cruzada con datos meteorológicos.
- Obtener síntomas crónicos (Figura 6.6): muestra la información que los pacientes ingresaron al registrarse en la aplicación MIA, referente a si en el último año tuvo molestias nasales, molestias en los ojos, y/o tos recurrente.
- Obtener entrada diaria (Figura 6.7): muestra la información que los pacientes ingresaron diariamente en la aplicación MIA, respecto a los síntomas que pudieron haber tenido y a cómo influyeron en su rutina.
- Obtener test de Prick (Figura 6.8): revela a qué es alérgico cada paciente.

Para mostrar los reportes generados con Google Looker Studio, se hizo uso de una de las características principales que ofrece la herramienta: la posibilidad de insertar (o embeber) los reportes en páginas web externas mediante el elemento *iframe* de HTML, cargando dentro del mismo los diferentes reportes. El elemento HTML `<iframe>` (de inline frame) representa un *contexto de navegación anidado*, el cual permite incrustar una página HTML dentro de otra.

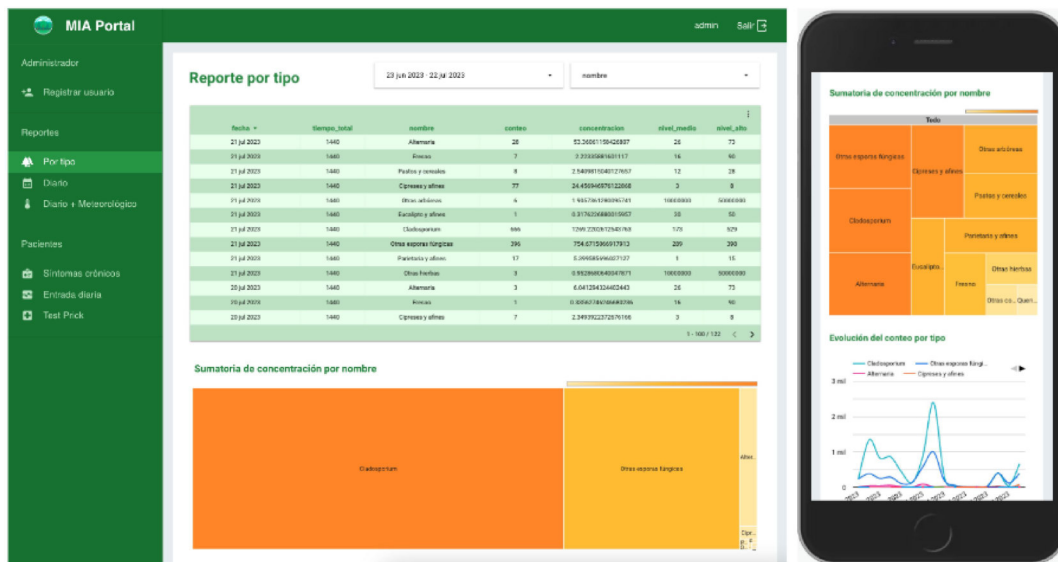


Figura 6.3: Reporte por tipo

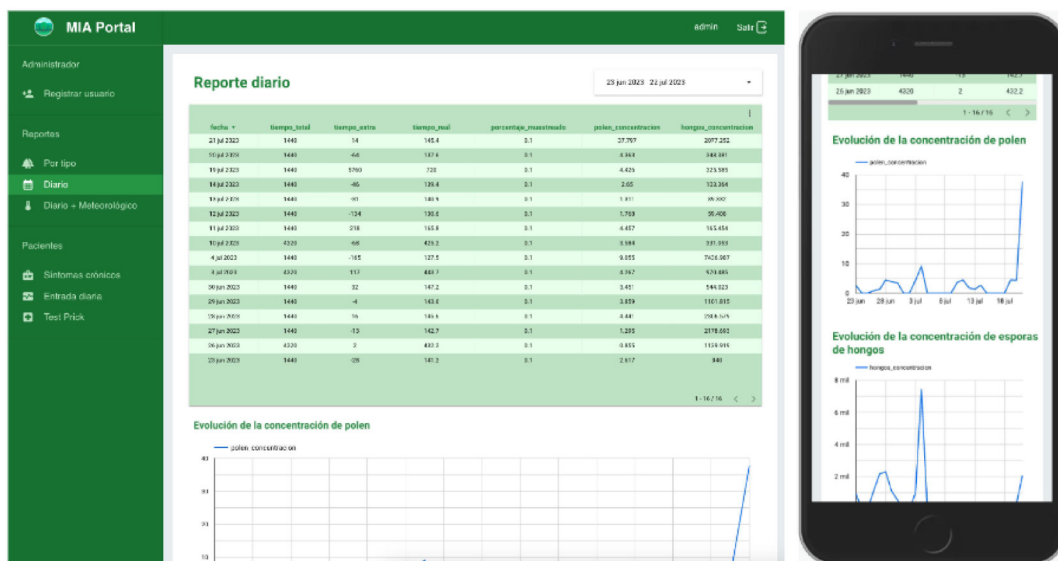


Figura 6.4: Reporte diario

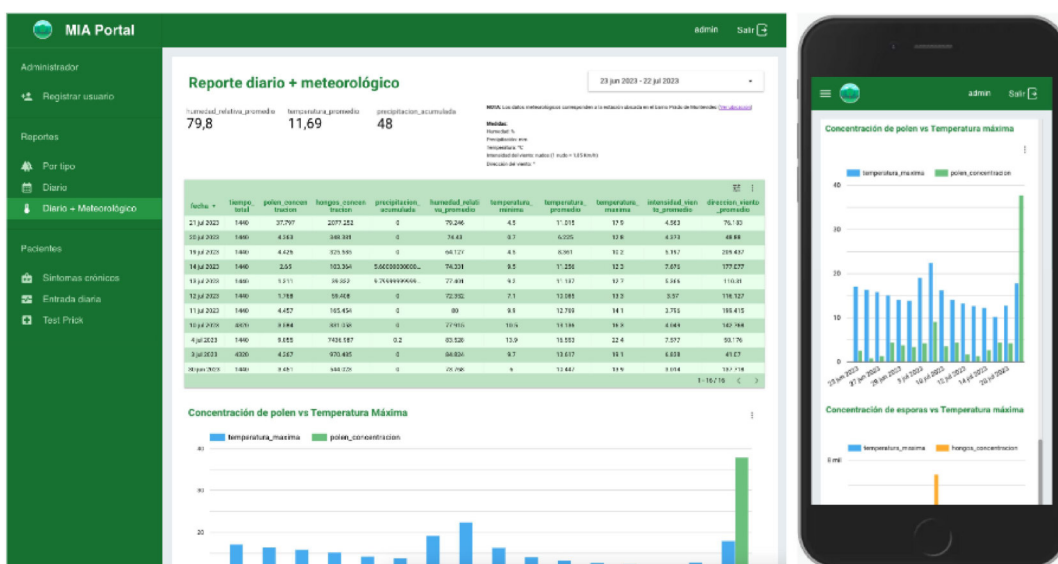
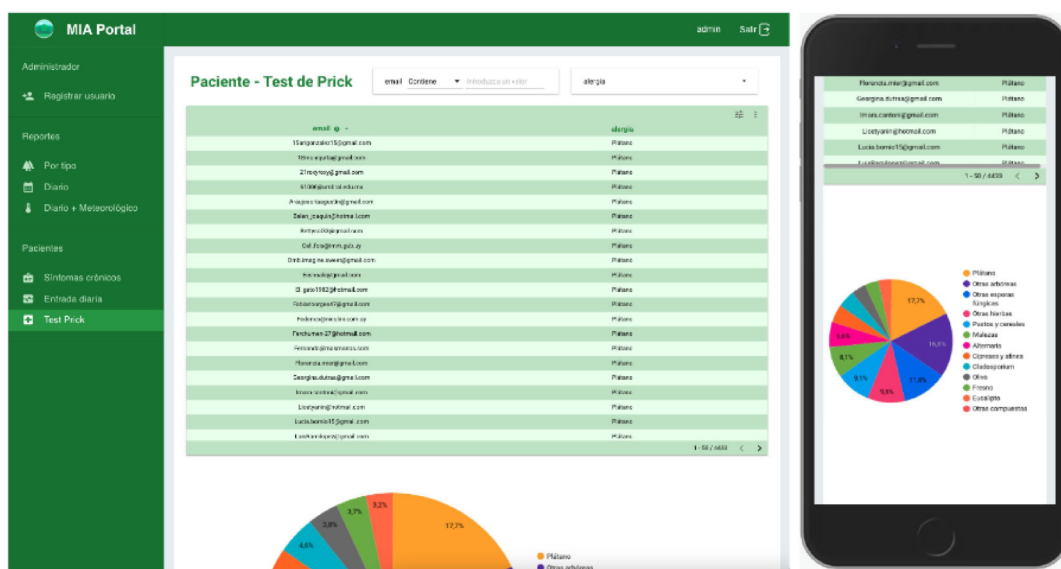


Figura 6.5: Reporte Diario + Meteorológico





### 6.1.5.1. Configuración de los reportes

Para configurar los reportes en Google Looker Studio, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

Primero, fue necesario habilitar el acceso a la base de datos de MIA desde Looker Studio. Para lograr esto, se expuso el puerto de la base de datos en el servidor de la Facultad de Ciencias, lo que permitió acceder a ella de forma pública utilizando la IP del servidor. Para garantizar la seguridad del acceso, el acceso es mediante autenticación con usuario y contraseña.

Una vez completado este proceso, se procedió a configurar las *fuentes de datos* (Figura 6.9). Cada fuente de datos corresponde a una consulta específica a la base de datos para obtener la información deseada. Por ejemplo, se crearon fuentes de datos para generar informes diarios sobre la concentración de pólenes y esporas, el desglose por tipo de pólenes y esporas, analizar los síntomas de los pacientes o visualizar los datos de los tests de prick cargados por los pacientes en la aplicación MIA, entre otros.

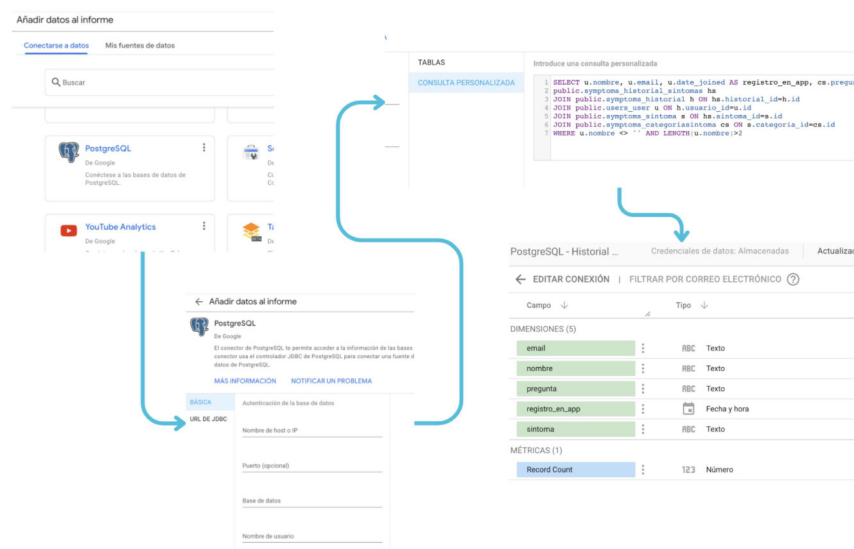


Figura 6.9: Proceso de configuración de fuentes de datos en Looker Studio

Después de haber agregado las fuentes de datos, se generaron los gráficos correspondientes (Figura 6.10). En este punto, fue posible combinar diversas fuentes de datos para crear visualizaciones personalizadas que presentaran la información de manera más efectiva y comprensible. Esta capacidad de combinar y mostrar la información de diversas formas permitió obtener una amplia variedad de gráficos y reportes en Google Looker Studio.

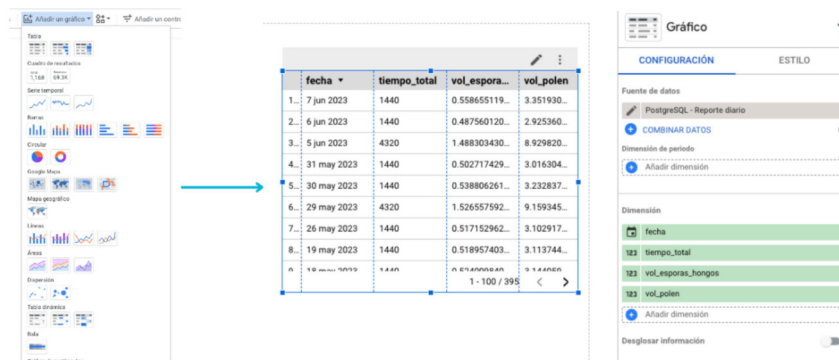


Figura 6.10: Proceso de configuración de nuevos gráficos en Looker Studio

### 6.1.5.2. Adaptación para dispositivos móviles

Una de las limitaciones que se encontró en los reportes generados por Google Looker Studio es su falta de capacidad para adaptarse de manera automática a diferentes tamaños de pantalla, es decir, carecen de *responsividad*. Por defecto, los reportes tienen dimensiones fijas, lo que significa que al intentar acceder a un reporte desde un dispositivo móvil o una pantalla más pequeña, el contenido se mostrará en un tamaño reducido y difícil de leer.

Para contrarrestar esta limitación, se optó por duplicar los reportes generados y adaptarlos específicamente para su visualización en dispositivos móviles, tal como se muestra en la Figura 6.11. Esto implica ajustar el ancho y alto de los reportes para que se muestren de manera óptima en pantallas más pequeñas, permitiendo una experiencia de usuario más satisfactoria. El resultado es que se tienen dos vistas de reportes para cada tipo de reporte, pero claramente con el mismo contenido.

Aunque esta solución de duplicación y adaptación de reportes no es ideal ni escalable a largo plazo, se tomó en consideración esta limitación desde el inicio del proyecto. Las ventajas y funcionalidades que ofrece la herramienta de Google Looker Studio superan ampliamente esta desventaja puntual, lo que justifica su uso a pesar de la necesidad de adaptar manualmente los reportes para dispositivos móviles.

Es importante destacar que esta estrategia de duplicación y adaptación de reportes móviles garantiza que los usuarios puedan acceder y aprovechar la información de los reportes de manera óptima, sin importar el dispositivo que utilicen.

### 6.1.6. Control de acceso a las páginas

Para garantizar un acceso seguro y controlado a las distintas secciones de la página, se implementó una lógica del lado del cliente que utiliza hooks de React. Esta lógica se encarga de verificar si el usuario logueado tiene los permisos necesarios para realizar una determinada acción. En caso de que el usuario no tenga los permisos requeridos, se realiza una redirección a otra pantalla que sí esté permitida para ese

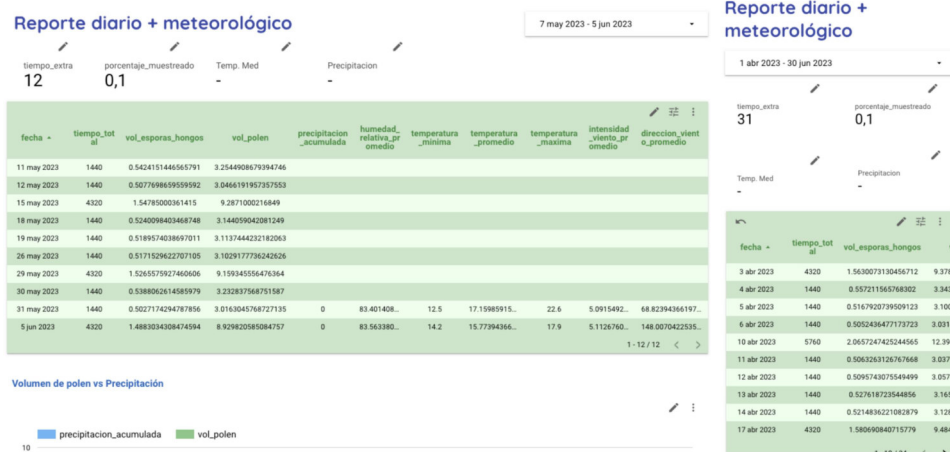


Figura 6.11: Vistas de escritorio y móvil del mismo reporte

usuario.

Además, se utiliza el mismo sistema para verificar si el usuario está logueado o no. Si el usuario no ha iniciado sesión, se le redirige automáticamente a la página de inicio de sesión para que pueda autenticarse.

En el menú lateral de la página, se aplicó una lógica similar. Solo se muestran los enlaces a aquellas secciones para las cuales el usuario tiene los permisos correspondientes. Esto garantiza que el menú sea relevante y útil para cada usuario, mostrándole solo las opciones a las que tiene acceso.

Esta implementación de lógica del lado del cliente mediante hooks de React asegura un control estricto sobre los permisos de los usuarios y mejora la experiencia de uso al evitar que los usuarios accedan a secciones no autorizadas. Proporciona una capa adicional de seguridad y personalización en la interfaz de la aplicación, adaptándose dinámicamente a los permisos y roles de cada usuario.

## 6.2. Backend

La aplicación de backend se implementó en el lenguaje de programación Oracle Java 11 [48], una tecnología muy utilizada y que el equipo conoce muy bien. Esta se encarga de registrar, loguear y autorizar a los usuarios de MIA Portal, proveer un recurso para que la IMM tenga acceso a la información de los datos palinológicos registrados, así como consumir los valores obtenidos a través de la API de INUMET y persistirlos en la base de datos del proyecto.

Como se mencionó anteriormente, la base de datos es la misma utilizada por MIA. Es una base de datos PostgreSQL [28] con una extensión llamada POSTGIS para poder soportar datos de georreferenciación.

Para la implementación de MIA Portal, se añadieron nuevas entidades (tablas) para manejar los datos propios del sistema:

- Usuarios de MIA Portal
- Roles de los usuarios
- Información meteorológica obtenida desde la API de Inumet

### **6.2.1. Login y creación de usuarios**

Para el manejo de usuarios y contraseñas se utilizó la librería Bcrypt [38] la cual implementa un algoritmo diseñado específicamente para el encriptado de contraseñas. Por diseño, además, Bcrypt permite agregar un salto al proceso de generación del hash, lo que desde el principio lo hace inmune a ataques de diccionario.

Al registrarse un nuevo usuario de manera satisfactoria en MIA Portal, se dispara un envío de e-mail a la casilla de correo electrónico del nuevo usuario, conteniendo sus credenciales para poder acceder a la plataforma. Para lograr esto se utilizó la librería JavaMail [39] la cual proporciona un marco de trabajo independiente de la plataforma y del protocolo para crear aplicaciones de correo y mensajería.

### **6.2.2. Integración con API de Inumet**

Se implementó un proceso que se ejecuta de manera automática dos veces al día, el cual se conecta con la API provista por INUMET, obtiene los datos y los persiste en la base. La decisión de que el proceso se ejecute dos veces se basa en el hecho de que la primera ejecución puede fallar, y se utiliza la segunda a modo de reintento. Luego, al momento de generar los reportes se toma la información correspondiente al primer registro existente.

#### **6.2.2.1. Autenticación**

INUMET exige un proceso de autenticación para todas las aplicaciones que consumen sus recursos. De esta forma se invoca a un login en el que se incluye un usuario y una contraseña, provistos anteriormente por INUMET para ser utilizados por MIA Portal. Finalmente la API de INUMET retorna un token para luego ser utilizado en la invocación al recurso que retorna los datos meteorológicos.

#### **6.2.2.2. Obtención de los datos y su estructura**

Se consume un recurso provisto por INUMET para obtener la información relevante para el proyecto. Los parámetros que se le provee son los siguientes:

- Fecha desde: Se envía la fecha correspondiente al día anterior, con hora 00:00
- Fecha hasta: Se envía la fecha correspondiente al día anterior, con hora 23:30

- Estación meteorológica: Se optó por utilizar la estación ubicada en el Prado debido a su cercanía con la Facultad de Ciencias que es donde se toman las muestras, ya que la otra estación se encuentra en Melilla
- Lista de datos deseados: Precipitación acumulada cada 5 minutos, temperatura del aire promedio en los últimos 10 minutos, temperatura del aire máxima en los últimos 10 minutos, temperatura del aire mínima en los últimos 10 minutos, humedad relativa promedio en los últimos 10 minutos, intensidad del viento promedio en los últimos 10 minutos, dirección del viento promedio en los últimos 10 minutos

La respuesta obtenida tiene el siguiente formato:

```
[
  {
    "variable":{
      "id":122,
      "descripVariab":"Precipitacion acumulada cada 5
        minutos",
      ...
    },
    "estaciones":[
      {
        "id":652,
        "idStr":"pradog3",
        "nombre":"Prado G3",
        ...
      }
    ],
    "datos":[
      {
        "estacion":652,
        "datos":[
          {
            "fecha":"2023-02-21T17:00:00.000Z",
            "valor":0
          },
          {
            "fecha":"2023-02-21T17:05:00.000Z",
            "valor":0
          },
          {
            "fecha":"2023-02-21T17:10:00.000Z",
            "valor":0
          },
          ...
        ]
      }
    ]
  },
  ...
]
```

Los datos retornados para cada variable están desglosados en valores obtenidos cada 10 minutos, excepto para la precipitación acumulada que corresponde a la medida cada 5 minutos. El algoritmo implementado en el backend de MIA Portal recorre esta información y calcula un valor único diario para cada una de las variables y las persiste en la base de datos.

### 6.2.3. Recurso para la Intendencia de Montevideo

Según lo acordado con la Intendencia de Montevideo (IM), se disponibilizó un recurso en la API de MIA Portal para poder brindar la información diaria recolectada por el equipo de palinología y persistida en la herramienta.

Se realizó una reunión inicial entre el equipo de tecnología de la IM y el equipo de desarrollo de MIA Portal para diseñar el contrato con el formato de la respuesta que mejor se adaptase a las necesidades de la intendencia.

Luego se le disponibilizó un ambiente de testing en donde la IM hizo sus respectivas pruebas y dio su aprobación al equipo de MIA Portal.

#### 6.2.3.1. Autenticación

Se implementó un recurso `/auth/imm` que debe ser invocado por la IM como primer paso para luego poder invocar al recurso que retorna los datos palinológicos.

En esta instancia la intendencia debe enviar como parámetros un usuario y una contraseña previamente brindados por el equipo de MIA Portal. Si los parámetros son inválidos se retorna un estado `401 NO AUTORIZADO`, de lo contrario se retorna un token, con estado `200 OK`.

#### 6.2.3.2. Envío de datos

Luego de haber logrado recibir el token mediante el recurso de autenticación, la IM puede invocar al recurso `/datospalinologicos/imm` implementado también en la API de MIA Portal. Los parámetros requeridos son:

- fecha: con formato yyyy-mm-dd
- token: obtenido mediante el recurso de autorización

Si el token es inválido se retorna un estado `401 NO AUTORIZADO`, de lo contrario se retorna un estado `200 OK` con el siguiente formato de respuesta:

```
{
  "service": "alergenicos",
  "data": [
    {
      "id": "alergenicos:fcien:hongos",
      "longitud": -56.11756,
      "latitud": -34.88272,
      "nombre": "Esporas de hongos",
```

```

    "ts": "2021-06-10 19:42:11Z",
    "nivel": "medio",
    "otras_nombre": "Otras esporas fungicas",
    "otras_concentracion": 748.2471867882115,
    "otras_tiempomuestreo": 1440,
    "cladosporium_nombre": "Cladosporium",
    "cladosporium_concentracion": 319.0779774084393,
    "cladosporium_tiempomuestreo": 1440,
    "cladosporium_nivel": "medio",
    "alternaria_nombre": "Alternaria",
    "alternaria_concentracion": 7.463812337039516,
    "alternaria_tiempomuestreo": 1440,
    "alternaria_nivel": "bajo"
  },
  {
    "id": "alergenicos:fcien:polenarboles",
    "longitud": -56.11756,
    "latitud": -34.88272,
    "nombre": "Polenes de arboles y arbustos",
    "ts": "2021-06-10 19:42:11Z",
    "nivel": "bajo",
    "otras_nombre": "Otras arboreas",
    "otras_concentracion": 0.9329765421299396,
    "otras_tiempomuestreo": 1440,
    "fresno_nombre": "Fresno",
    "fresno_concentracion": 0.6219843614199597,
    "fresno_tiempomuestreo": 1440,
    "fresno_nivel": "bajo",
    "eucalipto_nombre": "Eucalipto y afines",
    "eucalipto_concentracion": 2.487937445679839,
    "eucalipto_tiempomuestreo": 1440,
    "eucalipto_nivel": "bajo",
    "cipreses_nombre": "Cipreses y afines",
    "cipreses_concentracion": 1.5549609035498995,
    "cipreses_tiempomuestreo": 1440,
    "cipreses_nivel": "bajo",
    "platano_nombre": "Platano",
    "platano_concentracion": null,
    "platano_tiempomuestreo": null,
    "platano_nivel": null,
    "olivo_nombre": "Olivo",
    "olivo_concentracion": null,
    "olivo_tiempomuestreo": null,
    "olivo_nivel": null
  },
  {
    "id": "alergenicos:fcien:polenhierbas",
    "longitud": -56.11756,
    "latitud": -34.88272,
    "nombre": "Polenes de hierbas",
    "ts": "2021-06-10 19:42:11Z",

```

```

        "nivel": "bajo",
        "otras_nombre": "Otras compuestas",
        "otras_concentracion": null,
        "otras_tiempomuestreo": null,
        "pastos_nombre": "Pastos y cereales",
        "pastos_concentracion": 0.31099218070997986,
        "pastos_tiempomuestreo": 1440,
        "pastos_nivel": "bajo",
        "altamisa_nombre": "Altamisa",
        "altamisa_concentracion": null,
        "altamisa_tiempomuestreo": null,
        "altamisa_nivel": null,
        "artemisia_nombre": "Artemisia",
        "artemisia_concentracion": null,
        "artemisia_tiempomuestreo": null,
        "artemisia_nivel": null,
        "parietaria_nombre": "Parietaria y afines",
        "parietaria_concentracion": null,
        "parietaria_tiempomuestreo": null,
        "parietaria_nivel": null,
        "quenopodios_nombre": "Quenopodios y otros",
        "quenopodios_concentracion": null,
        "quenopodios_tiempomuestreo": null,
        "quenopodios_nivel": null
    }
]
}

```

# Capítulo 7

## Pruebas y validaciones

En este capítulo, se describe en detalle el proceso de testing llevado a cabo en las aplicaciones desarrolladas. Se detallan las pruebas realizadas, los resultados obtenidos y las acciones tomadas para corregir los problemas identificados.

El testing juega un papel muy importante en el desarrollo de software, para garantizar el correcto y esperado funcionamiento de las aplicaciones desarrolladas. El objetivo de esta etapa es encontrar potenciales errores que hayan sido incluidos durante el proceso de desarrollo. Por otro lado, también permite detectar mejoras a realizar antes de la salida a producción. Este proceso es llevado a cabo por el equipo de desarrollo y por los usuarios finales.

Por cuestiones de tiempo y planificación, no fue posible realizar testing automatizado en las aplicaciones desarrolladas. Debido a esto, se puso el foco en hacer testing manual a ambas aplicaciones, para corroborar que funcionaran tal cual fueron pensadas y diseñadas.

Si bien el testing manual implica la ejecución de pruebas de forma interactiva y sin la automatización de procesos, sigue siendo una práctica valiosa para descubrir problemas y garantizar que las aplicaciones cumplan con los requisitos y expectativas establecidos.

Para el testeo de las aplicaciones se utilizaron dos enfoques:

- **Testing del equipo de desarrollo:** consiste en las pruebas realizadas por los integrantes del equipo durante el proceso de desarrollo y puesta en producción. Mediante el mismo, se busca hacer fallar la aplicación mediante la ejecución de casos de prueba que salgan de lo que constituye el “uso normal” de la aplicación.
- **Testing de usuarios finales:** en esta etapa, se ofrece la web a usuarios ajenos al equipo de desarrollo, con el objetivo de obtener feedback desde un punto de vista no sesgado por el conocimiento de los detalles relacionados al proyecto.

### 7.1. Frontend

Se realizó tanto testing de desarrollo como testing de usuarios finales.

Para la ejecución del testing de desarrollo, se diseñó una batería de casos de prueba para cada pantalla, definiendo cómo reproducir cada caso y cuál es el resultado esperado del mismo. Al pensar los tests, la idea principal es ponerse en la perspectiva de un usuario de la aplicación, y para cada caso posible, definir cuál es el resultado y/o feedback que se esperaría tener por parte de la aplicación.

A continuación, se detallan las pruebas de desarrollo realizadas:

#### **Pantalla de login:**

- Login exitoso. Loguearse en la app con usuario y contraseña válidos. Resultado: mensaje de login exitoso en color verde y redirección a pantalla de reportes
- Login Fallido. Intentar loguearse con usuario y/o contraseña inválidos. Resultado: se muestra un mensaje de error en color rojo.
- Acceso con usuario logueado. Acceder a la pantalla de login estando ya autenticado. Resultado: redirección a pantalla de reportes

#### **Registro de nuevo usuario:**

- Registro de nuevo usuario. Acceder a la pantalla con un usuario con rol Administrador y registrar un nuevo usuario para cada rol. Resultado: se crean los nuevos usuarios, mostrándose un mensaje de éxito color verde en pantalla
- Registrar usuario existente. Registrar un usuario ya existente en la base de datos. Resultado: se muestra un mensaje de error en color rojo, indicando que el usuario ya existe en el sistema
- Confirmación de contraseña incorrecta. Al rellenar el campo "Confirmación de contraseña", introducir un valor distinto al del campo "Contraseña". Resultado: se muestra un mensaje de advertencia en amarillo señalando que las contraseñas no coinciden
- Logout. Clickear en el botón de salir ubicado en el extremo superior derecho de la pantalla. Resultado: redirección a la pantalla de login

#### **Menú lateral**

- Acceso a todas las páginas. Loguearse con un usuario Administrador. Resultado: en el menú aparecen las secciones Administrador (Crear usuario), Reportes (Reporte por tipo, reporte diario, reporte diario + meteorológico) y Pacientes (Síntomas crónicos, entrada diaria y test de Prick)
- Acceso solamente a reportes de investigación. Loguearse con un usuario Investigador. Resultado: solamente se ofrecen las opciones de la sección Reportes (Reporte por tipo, reporte diario, reporte diario + meteorológico). No se muestra la opción de "Crear usuario"
- Acceso a todos los reportes. Loguearse con un usuario Médico. Resultado: se ofrecen las opciones de la sección Reportes (Reporte por tipo, reporte diario, reporte diario + meteorológico) y Pacientes (Síntomas crónicos, entrada diaria y test de Prick). No se muestra la opción de "Crear usuario"

### **Pantalla de reportes:**

- Navegar entre los diferentes reportes. Resultado: se cargan correctamente los reportes
- Descarga de tablas. En cualquiera de los reportes, clickear en los tres puntos ubicados en el cabezal de cualquier tabla, y seleccionar “Exportar”. Resultado: se ofrece la opción de descargar los datos en diferentes formatos (csv, csv Exceln, Hojas de Cálculo de Google). Al exportar, se descarga el archivo en el dispositivo del usuario

### **Control de acceso mediante parámetro en URL:**

- Acceso sin permisos a Registrar Usuario. Acceder a */registrarUsuario* con un usuario no Administrador. Resultado: si es con usuario logueado, redirección a página de reportes. Si es sin usuario logueado, redirección a login
- Acceso sin permisos a sección Pacientes (Síntomas crónicos, entrada diaria y test de Prick). Con un usuario con rol Investigador, acceder a la url */reportes?tipo=reporte\_paciente\_sintomas\_cronicos*. Resultado: no se carga ningún reporte en la pantalla

Para el testing de usuarios, se disponibilizó la aplicación a un grupo de usuarios tanto relacionados como no relacionados con el proyecto, con el fin de obtener feedback no sesgado por el conocimiento previo de la herramienta.

El resultado fueron varios puntos de mejora en los reportes generados en Looker Studio:

- En “Reporte Diario + Meteorológico” no se saben las medidas de los valores de los campos de las tablas. Resultado: se agregó un cuadro de texto informativo indicando las medidas utilizadas para los datos meteorológicos
- En “Reporte Diario” y “Reporte Diario + Meteorológico”, los valores de volúmenes de esporas y hongos no son tan relevantes como sí lo son los valores de sus respectivas concentraciones. Resultado: se modificó la query correspondiente al reporte diario para obtener, para cada día, los valores de las concentraciones de pólenes y esporas fúngicas.
- En los reportes relativos a Pacientes, no listar el nombre de los pacientes. Resultado: se eliminó dicha columna de todos los reportes, al igual que los filtros por nombre, manteniendo como identificador de los pacientes solamente su email

## **7.2. Backend**

Para probar las funcionalidades del backend, se ejecutó testing de desarrollo utilizando la herramienta Postman, [49] un software utilizado para probar APIs.

El objetivo es corroborar que las respuestas retornadas por el backend son las esperadas y definidas durante la etapa de diseño.

### **Login**

- Login exitoso.

Enviar un request de tipo POST a <https://api.miaportal.fcien.edu.uy/users/login>, con el body:

```
{
  "user": "admin",
  "password": "admin"
}
```

Resultado: flag de login en “true” y lista de permisos del usuario

```
{
  "login": true,
  "features": [
    "crear_usuario",
    "reporte_tipo Polen",
    "reporte diario",
    "reporte diario meteorologico",
    "reporte paciente sintomas cronicos",
    "reporte paciente test prick",
    "reporte paciente entrada diaria"
  ]
}
```

- Login Fallido.

Enviar un request de tipo POST a <https://api.miaportal.fcien.edu.uy/users/login>, con el body:

```
{
  "user": "admin",
  "password": "passwordincorrecta"
}
```

Resultado: flag de login en “false”

```
{
  "login": false,
  "features": []
}
```

## Registro de usuario

- Registro exitoso.

Enviar un request de tipo POST a <https://api.miaportal.fcien.edu.uy/users/create>, con el body:

```
{
  "user": "usuario@gmail.com",
  "creator": "admin",
  "password": "password",
  "role": "Investigador"
}
```

Resultado: se envía un mensaje de éxito, y el nuevo usuario queda persistido en la base de datos

```
{
    Usuario creado exitosamente
}
```

- Registro fallido.

Enviar un request de tipo POST a <https://api.miaportal.fcien.edu.uy/users/create>, con el body:

```
{
    "user": "usuario@gmail.com",
    "creator": "user_investigador",
    "password": "password",
    "role": "Investigador"
}
```

Resultado: flag de login en “false”

```
El usuario creador no tiene permisos de Administrador
para crear nuevos usuarios
```

## IMM autorización

- Autorización exitosa.

Enviar un request de tipo POST a <https://api.miaportal.fcien.edu.uy/auth/imm>, con el body:

```
{
    "username": "usuario_valido",
    "password": "password_valida"
}
```

Resultado: se retorna un estado *200 OK* y el token en la respuesta.

```
{
    el_token
}
```

- Autorización fallida.

Enviar un request de tipo POST a <https://api.miaportal.fcien.edu.uy/auth/imm>, con el body:

```
{
    "username": "usuario_invalido",
    "password": "password_invalida"
}
```

Resultado: se retorna un estado *401 NO AUTORIZADO* y respuesta vacía.

```
{
}
```

## IMM obtención de reporte

- Obtención de reporte exitoso.

Enviar un request de tipo GET a

<https://api.miaportal.fcien.edu.uy/datospalinologicos/imm?fecha=2021-6-10>, con el encabezado:

```
Authorization: el_token
```

Resultado: se retorna un estado *200 OK* y el reporte para la fecha indicada.

```
{
  "service": "alergenicos",
  "data": [
    {
      "id": "alergenicos:fcien:hongos",
      "longitud": -56.11756,
      "latitud": -34.88272,
      "nombre": "Esporas de hongos",
      "ts": "2021-06-10 19:42:11Z",
      "nivel": "medio",
      "otras_nombre": "Otras esporas fungicas",
      "otras_concentracion": 748.2471867882115,
      "otras_tiempomuestreo": 1440,
      "cladosporium_nombre": "Cladosporium",
      "cladosporium_concentracion": 319.0779774084393,
      "cladosporium_tiempomuestreo": 1440,
      "cladosporium_nivel": "medio",
      "alternaria_nombre": "Alternaria",
      "alternaria_concentracion": 7.463812337039516,
      "alternaria_tiempomuestreo": 1440,
      "alternaria_nivel": "bajo"
    },
    {
      "id": "alergenicos:fcien:polenarboles",
      "longitud": -56.11756,
      "latitud": -34.88272,
      "nombre": "Polenes de arboles y arbustos",
      "ts": "2021-06-10 19:42:11Z",
      "nivel": "bajo",
      "otras_nombre": "Otras arboreas",
      "otras_concentracion": 0.9329765421299396,
      "otras_tiempomuestreo": 1440,
      "fresno_nombre": "Fresno",
      "fresno_concentracion": 0.6219843614199597,
      "fresno_tiempomuestreo": 1440,
      "fresno_nivel": "bajo",
      "eucalipto_nombre": "Eucalipto y afines",
      "eucalipto_concentracion": 2.487937445679839,
      "eucalipto_tiempomuestreo": 1440,
      "eucalipto_nivel": "bajo",
    }
  ]
}
```

```

        "cipreses_nombre": "Cipreses y afines",
        "cipreses_concentracion": 1.55496090354989
        95,
        "cipreses_tiempomuestreo": 1440,
        "cipreses_nivel": "bajo",
        "platano_nombre": "Platano",
        "platano_concentracion": null,
        "platano_tiempomuestreo": null,
        "platano_nivel": null,
        "olivo_nombre": "Olivo",
        "olivo_concentracion": null,
        "olivo_tiempomuestreo": null,
        "olivo_nivel": null
    },
    {
        "id": "alergenicos:fcien:polenhierbas",
        "longitud": -56.11756,
        "latitud": -34.88272,
        "nombre": "Polenes de hierbas",
        "ts": "2021-06-10 19:42:11Z",
        "nivel": "bajo",
        "otras_nombre": "Otras compuestas",
        "otras_concentracion": null,
        "otras_tiempomuestreo": null,
        "pastos_nombre": "Pastos y cereales",
        "pastos_concentracion": 0.3109921807099798
        6,
        "pastos_tiempomuestreo": 1440,
        "pastos_nivel": "bajo",
        "altamisa_nombre": "Altamisa",
        "altamisa_concentracion": null,
        "altamisa_tiempomuestreo": null,
        "altamisa_nivel": null,
        "artemisia_nombre": "Artemisia",
        "artemisia_concentracion": null,
        "artemisia_tiempomuestreo": null,
        "artemisia_nivel": null,
        "parietaria_nombre": "Parietaria y afines"
        ,
        "parietaria_concentracion": null,
        "parietaria_tiempomuestreo": null,
        "parietaria_nivel": null,
        "quenopodios_nombre": "Quenopodios y otros
        ",
        "quenopodios_concentracion": null,
        "quenopodios_tiempomuestreo": null,
        "quenopodios_nivel": null
    }
}

```

- Obtención de reporte fallido.  
Enviar un request de tipo GET a  
*<https://api.miaportal.fcien.edu.uy/datospalinologicos/imm?fecha=2021-6-10>*, con  
el encabezado:

```
Authorization: un_token_invalido
```

Resultado: se retorna un estado *401 NO AUTORIZADO* y respuesta vacía.

```
{  
}
```

### 7.3. Requerimientos no funcionales

De manera simultánea a las pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento de los requerimientos funcionales, se probaron los no funcionales.

#### Seguridad

Por un lado, se verificó que al crear un nuevo usuario, este quede registrado con su contraseña encriptada. Esto se hizo directamente visualizando la base de datos.

Mediante la implementación de certificados HTTPS tanto del lado de la web como del backend, se asegura que los datos viajen a través de internet de forma segura. En particular, las contraseñas.

#### Diseño adaptativo

Para esta prueba se accedió a la aplicación web mediante varios dispositivos, tanto móviles (con sistema operativo iOS y Android) como de escritorio (macOS y Windows). De manera exitosa, se pudo visualizar el diseño adecuado según cada variante.

#### Rendimiento y tiempos de respuesta

El rendimiento (en inglés, performance) de una aplicación web es un aspecto muy importante a tener en cuenta durante el desarrollo. Para medir esto, se utilizan un conjunto de métricas llamadas Web Vitals [50], que permiten cuantificar la calidad de la experiencia de usuario ofrecida por un sitio web. Estas métricas, promovidas por Google, incluyen los siguientes tres elementos principales:

- **LCP** (Largest Contentful Paint). Refiere al tiempo para el despliegue del contenido más extenso, o, dicho de otra manera, mide el tiempo de carga de la página. Para proporcionar una buena experiencia de usuario, el LCP debe producirse dentro de los 2,5 segundos desde que la página comienza a cargarse.
- **FID** (First Input Delay). Refiere a la demora para la primera entrada, es decir, mide la capacidad de respuesta interactiva de la página. Para proporcionar una buena experiencia de usuario, las páginas deben tener un FID de menos de 100 milisegundos.
- **CLS** (Cumulative Layout Shift). Mide la estabilidad visual. Para proporcionar una buena experiencia de usuario, las páginas deben mantener un CLS de menos de 0,1.

Google provee una aplicación web denominada PageSpeed Insights [51], donde realizan mediciones de rendimiento de páginas web accesibles en la red. Se sometió a la web de MIA Portal a dicho análisis, obteniéndose los siguientes resultados:

Como muestra la Figura 7.1, la web de MIA Portal posee muy buenas métricas de Web Vitals, tanto accediendo desde un dispositivo móvil como de una computadora de escritorio. Los valores en verde indican que se está dentro de los rangos ideales.

Para la medición de los tiempos de respuesta de la aplicación backend, se utilizó la herramienta Postman. Para cada uno de los recursos disponibles, se ejecutaron 10 requests, y se obtuvo el tiempo promedio de respuesta para cada uno, como se muestra en el Cuadro 7.1:

| Recurso                        | Tiempo promedio de respuesta en milisegundos |
|--------------------------------|----------------------------------------------|
| <i>/users/login</i>            | 185 ms                                       |
| <i>/users/create</i>           | 201 ms                                       |
| <i>/auth/imm</i>               | 21 ms                                        |
| <i>/datospalinologicos/imm</i> | 47 ms                                        |

Cuadro 7.1: Tiempos promedio de respuesta de los recursos de MIA Backend

A diferencia de los Web Vitals para páginas web, no existen medidas estándar que rijan los tiempos de respuesta de aplicaciones REST. De cualquier manera, y en base a la experiencia laboral de los integrantes del equipo, se puede afirmar que los tiempos de respuesta promedio registrados son buenos, ofreciendo una buena experiencia a los usuarios.

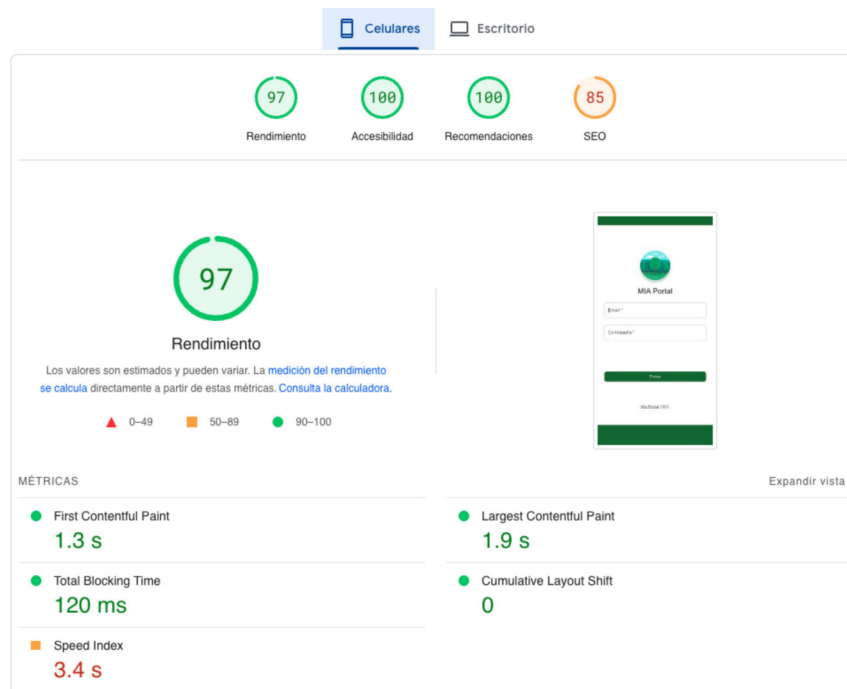
## 7.4. Conclusiones

Esta etapa sirvió para validar que cada requerimiento implementado cumpliera con el resultado esperado. Gracias a esto, se puede decir que se logró una solución de calidad y que funciona correctamente.

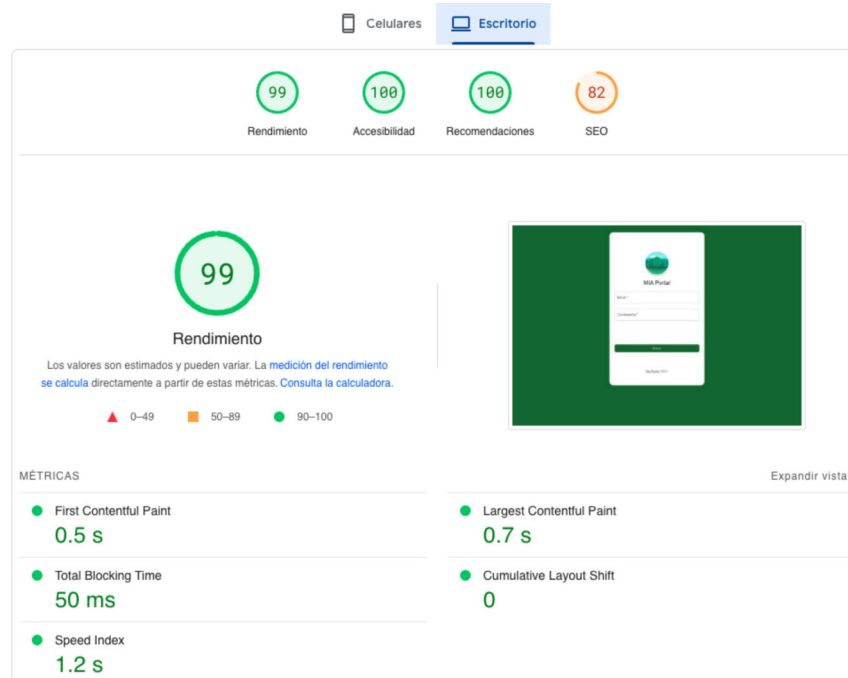
Con las pruebas de desarrollo fue posible cubrir todos los requerimientos funcionales y los no funcionales, así como también se pudo probar escenarios no tan habituales (como el intento de creación de usuarios sin contar con el rol necesario).

A partir de las pruebas de usuario se pudieron generar mejoras sustanciales en cómo se presentan algunos reportes y cómo se muestran ciertos datos. Estos ajustes significan un aumento en la calidad de la solución ofrecida a las investigadoras y médicas, facilitando la interpretación de los datos.

Finalmente, mediante las mediciones de rendimiento tanto de la web como del backend de MIA Portal, se obtuvieron excelentes tiempos de respuesta, lo cual se traduce directamente en una muy buena experiencia de uso para los usuarios finales.



(a) Celulares



(b) Escritorio

Figura 7.1: Mediciones de Page Speed Insights en dispositivos móviles y de escritorio

# Capítulo 8

## Conclusiones y trabajo a futuro

En este capítulo se describen las conclusiones y aprendizajes obtenidos una vez finalizado el proyecto.

También se detallan diversas mejoras que podrían realizarse en el futuro para mejorar la calidad del proyecto y el potencial de la aplicación desarrollada.

### 8.1. Conclusiones

Se logró cumplir con el objetivo principal del proyecto que era desarrollar una herramienta para disponibilizar a médicas y palinólogas los datos almacenados por la aplicación MIA mediante una aplicación web accesible desde cualquier dispositivo.

Al comienzo del proyecto, el equipo de desarrollo tuvo que transitar un proceso de aprendizaje para interiorizarse en los aspectos básicos referentes a palinología y alergias.

Se investigaron cuatro herramientas para visualización y análisis de datos: Google Looker Studio, Tableau, Power BI y JMP. Analizadas todas las ventajas y desventajas de cada una, se optó por utilizar Google Looker Studio por ser la más adecuada de acuerdo a las necesidades del proyecto: servicio gratuito, fácil de usar, conectividad con distintas fuentes de datos, confianza en infraestructura y disponibilidad de los servicios de Google, variedad de formas de visualización de los datos.

Fue necesario durante el proyecto interactuar con agentes externos como INUMET y la Intendencia de Montevideo, lográndose un valioso intercambio de datos de manera bidireccional y automatizada, cumpliéndose así con otro de los principales objetivos planteados en el proyecto.

Para contemplar los requerimientos tanto funcionales como no funcionales relativos a la seguridad se investigaron varios aspectos relativos a este tema y se consideró desde tempranas etapas, tanto en el diseño como en la implementación, logrando manipular lo mínimo posible los datos. Además, se diseñó una estructura de roles y permisos de manera de controlar el acceso de cada uno de los usuarios a las diferentes funcionalidades del portal, respetando la privacidad de los datos de los usuarios de MIA.

En cuanto a la comunicación con el equipo interdisciplinario, se considera que se desarrolló de manera muy natural, cordial y fluida, contando con gran receptividad por parte de todos.

El producto fue validado y recibido con gran entusiasmo por parte de las usuarias, lo cual resulta gratificante para el equipo de desarrollo y confirma el valor de la solución implementada.

### **Presentación de MIA Portal en el XLVI Congreso Anual AAAeIC**

MIA Portal fue parte de la presentación (Figura 8.1) llevada a cabo por parte de Mariana Bonifacino (integrante del equipo médico) en el “XLVI Congreso Anual” [52] de la AAAeIC (Asociación Argentina de Alergia e Inmunología Clínica).

Se hizo uso de varios de los gráficos generados en MIA Portal para ilustrar la presentación.



Figura 8.1: Presentación de MIA Portal en el Congreso Anual AAAeIC

## **8.2. Trabajo a futuro**

En esta sección se describen las mejoras que podrían realizarse a las aplicaciones desarrolladas para aumentar su potencial. La mayoría involucran solamente a MIA Portal, pero algunas también requieren desarrollo en la aplicación MIA.

### **8.2.1. Requerimientos no implementados**

Algunos de los requerimientos de media y todos los de baja prioridad listados en la sección 3.2 Requerimientos Funcionales, no fueron implementados por temas de tiempo y prioridades. Todos ellos, de ser implementados, aportarían más valor a la aplicación:

- Carga de datos

- Enviar nota de consentimiento
- Dar consentimiento
- Cambiar contraseña
- Medicamentos utilizados
- Reporte para pacientes
- Mapa
- Registros médicos

Entre estos se destacan el de carga de datos y cambio de contraseña, ya que serían cambios de un impacto inmediato y con un costo de desarrollo no tan grande. El primero permitiría a las investigadoras cargar datos viejos y nuevos de niveles de polen y esporas en el aire mediante, por ejemplo, una hoja de cálculo. Esto generaría una centralización de distintas fuentes de datos para los estudios que ellas realizan y a su vez los podrían ver luego en los reportes de MIA Portal automáticamente y cruzados con los datos de INUMET.

El cambio de contraseña es un requerimiento bastante simple que generaría un poco mas de independencia de cada usuario en la gestión de su acceso.

### 8.2.2. Integración con otras aplicaciones

Un aspecto interesante para explotar dentro de este proyecto es la posibilidad de extender la accesibilidad de la información a otros usuarios. Así como se desarrolló la integración con la Intendencia de Montevideo sería valioso sumar otros posibles clientes. Este punto significaría también un aumento de la seguridad y privacidad de los datos que vayan a ser accedidos.

Siguiendo con lo comentado anteriormente sobre los datos disponibles, sería interesante también, agregar nuevas fuentes de datos. Además de hojas de cálculo, podría sumarse información de cualquier otra base de datos que tenga datos de interés para el proyecto. Esta integración podría ser tanto en la base de datos PostgreSQL existente como directamente a través de Looker y mantener los datos separados y seguros si es que así se prefiere.

Actualmente los datos de meteorología son obtenidos de una única estación. Se eligió la estación del Prado por cercanía, pero en un futuro podrían sumarse datos de otras estaciones, y dar la opción de elegir la estación que se quiere utilizar en los reportes.

En la misma línea, el poder agregar otros puntos de medición de datos aeropalínológicos mejoraría la calidad de los datos, principalmente, su completitud. Actualmente, la medición solamente se realiza en un punto (Facultad de Ciencias), pero el equipo de Semillero está trabajando para poder generar más puntos de medición.

Si se buscara mejorar la experiencia para los pacientes y las médicas del proyecto MIA, la integración con la Historia Clínica Nacional Electrónica sería un punto sobresaliente. De esta forma, las médicas podrían centralizar toda las consultas con sus pacientes en MIA Portal, leer su diario de síntomas y su historia clínica previa y luego de finalizada la consulta, cargarla directamente en los registros médicos electrónicos del paciente.

### **8.2.3. Mejoras técnicas y de infraestructura**

#### **Testing automatizado**

Un punto a desarrollar en las aplicaciones implementadas es el testing automatizado, algo de gran importancia por varias razones.

En primer lugar, ayuda a garantizar la calidad del software al identificar posibles errores, fallos o comportamientos inesperados. Al automatizar las pruebas, se pueden ejecutar de manera rápida y eficiente, lo que permite una detección temprana de problemas. Además, el testing automatizado ahorra tiempo y recursos, ya que elimina la necesidad de realizar pruebas manuales repetitivas. Las pruebas automatizadas pueden ejecutarse de manera continua, incluso durante el desarrollo, lo que permite una validación continua del funcionamiento correcto de la aplicación.

Otra ventaja importante es su capacidad para abordar la complejidad y la variedad de casos de uso. Las pruebas manuales pueden pasar por alto casos de prueba específicos o no cubrir todas las posibles combinaciones de datos y acciones. En cambio, las pruebas automatizadas pueden cubrir un amplio espectro de situaciones y detectar posibles problemas en diferentes escenarios de manera sistemática.

Finalmente, el testing automatizado brinda mayor confiabilidad y consistencia en las pruebas. Al eliminar el factor humano, se reducen los errores humanos y se obtienen resultados más precisos.

#### **Respaldo de los datos**

En cuanto a la infraestructura sobre la que funcionan las aplicaciones, no se dispone de ningún mecanismo de respaldo de los datos. Cualquier falla en el servidor de Facultad de Ciencias afectaría el funcionamiento de todas las aplicaciones del ecosistema MIA. Más aún, la pérdida o eliminación de la máquina virtual donde funcionan traería aparejada una pérdida total de la información almacenada allí.

Es por eso que se debería trabajar en mecanismos tanto de respaldo de la información (en otro servidor distinto), así como del propio entorno de ejecución (máquina virtual) para asegurar la disponibilidad de los datos ante fallas.

# Bibliografía

- [1] Espacio interdisciplinario universidad de la república. <https://www.ei.udelar.edu.uy/>.
- [2] MIA. <https://mialergia.fcien.edu.uy>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [3] Monitoreo de polen en facultad de ciencias. <http://polenyesporas.fcien.edu.uy/index.php/colecta/>, 2022. [Último acceso: 16-06-2023].
- [4] Faculta de ciencias de la udelar. <https://www.fcien.edu.uy/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [5] Espacio interdisciplinario - universidad de la república. <https://www.ei.udelar.edu.uy/>. [Último acceso: 22-07-2023].
- [6] Natalia Campiglia Tamara Suarez. Proyecto de Grado: MI ALERGIA. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/31044>, 2021.
- [7] Semillero de iniciativas interdisciplinarias. [https://www.ei.udelar.edu.uy/sites/default/files/inline-files/Bases\\_semilleros\\_.pdf](https://www.ei.udelar.edu.uy/sites/default/files/inline-files/Bases_semilleros_.pdf).
- [8] Ley de protección de datos personales. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18331-2008>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [9] The best data visualization tools of 2023. <https://www.forbes.com/advisor/business/software/best-data-visualization-tools/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [10] Looker Studio. <https://cloud.google.com/looker-studio?hl=es>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [11] Looker Studio Terms. <https://business.safety.google/adsprocessorterms/>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [12] Looker Studio HIPPA. <https://support.google.com/looker-studio/answer/10043514>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [13] Jmp Statistical Discovery. [https://www.jmp.com/en\\_us/software/analytic-workflow.html](https://www.jmp.com/en_us/software/analytic-workflow.html). [Último acceso: 16-06-2023].
- [14] Aurora. <https://aws.amazon.com/es/rds/aurora/>. [Último acceso: 21-06-2023].

- [15] Resolución n° 23/021. <https://www.gub.uy/unidad-reguladora-control-datos-personales/institucional/normativa/resolucion-n-23021>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [16] Tableau. <https://www.tableau.com/>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [17] Tableau Security. <https://www.tableau.com/enterprise-it/security>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [18] Powerbi. <https://powerbi.microsoft.com/es-es/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [19] Reglamento general de protección de datos. [https://europa.eu/youreurope/business/dealing-with-customers/data-protection/data-protection-gdpr/index\\_es.htm](https://europa.eu/youreurope/business/dealing-with-customers/data-protection/data-protection-gdpr/index_es.htm). [Último acceso: 22-08-2023].
- [20] Norma iso-27001 - sistemas de gestion de seguridad de la informacion. <https://www.iso.org/standard/27001>. [Último acceso: 22-08-2023].
- [21] Instituto uruguayo de meteorología. <https://www.inumet.gub.uy/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [22] Intendencia de montevideo. <https://montevideo.gub.uy/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [23] Montevideo api. <https://api.montevideo.gub.uy>. [Último acceso: 21-06-2023].
- [24] Portal de datos abiertos de la intendencia de montevideo. <https://ckan.montevideo.gub.uy/about>. [Último acceso: 21-06-2023].
- [25] Diseño responsivo. [https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/CSS/CSS\\_layout/Responsive\\_Design](https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/CSS/CSS_layout/Responsive_Design). [Último acceso: 16-06-2023].
- [26] Robert C. Martin. *Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices*. Pearson Education, Inc., 2003.
- [27] Roy Thomas Fielding. *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. PhD thesis, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, IRVINE, 2000.
- [28] Postgresql. <https://www.postgresql.org/>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [29] Next.js. <https://nextjs.org/>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [30] React. <https://es.react.dev/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [31] Jsx. <https://es.react.dev/learn/writing-markup-with-jsx>. [Último acceso: 22-07-2023].
- [32] Next.js - características a considerar para la construcción de aplicaciones web. <https://nextjs.org/docs#main-features>, . [Último acceso: 22-07-2023].
- [33] Java. [https://www.java.com/en/download/help/whatis\\_java.html](https://www.java.com/en/download/help/whatis_java.html), . [Último acceso: 16-06-2023].

- [34] Apache maven. <https://maven.apache.org/what-is-maven.html>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [35] Pom: Project object model. <https://maven.apache.org/guides/introduction/introduction-to-the-pom.html#what-is-a-pom>. [Último acceso: 31-07-2023].
- [36] Spring. <https://spring.io/why-spring>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [37] Propiedades acid. <https://learn.microsoft.com/es-es/windows/win32/cosssdk/acid-properties>. [Último acceso: 22-07-2023].
- [38] Bcrypt. <https://auth0.com/blog/hashing-in-action-understanding-bcrypt/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [39] Java mail api. <https://javaee.github.io/javamail/>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [40] Docker. <https://www.docker.com/why-docker/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [41] Certbot. <https://certbot.eff.org/pages/about>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [42] Nodejs. <https://nodejs.org/en/about>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [43] Webpack. <https://webpack.js.org/concepts/>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [44] Expressjs. <https://expressjs.com/>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [45] Material ui. <https://mui.com/>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [46] Google material design. <https://m3.material.io/get-started>, . [Último acceso: 17-06-2023].
- [47] js-cookie. <https://github.com/js-cookie/js-cookie>. [Último acceso: 16-06-2023].
- [48] Java 11. <https://jdk.java.net/11/>, . [Último acceso: 16-06-2023].
- [49] Postman. <https://www.postman.com/>, . [Último acceso: 22-07-2023].
- [50] Web vitals. <https://web.dev/i18n/es/vitals/>, . [Último acceso: 03-08-2023].
- [51] Page speed insights. <https://pagespeed.web.dev/>. [Último acceso: 03-08-2023].
- [52] Asociación argentina de alergia e inmunología clínica. <https://congresoanualaaaieic.com.ar/>. [Último acceso: 21-08-2023].
- [53] Scrum. <https://www.scrum.org/>. [Último acceso: 22-08-2023].

# Apéndice A

## Metodología y proceso de trabajo

Desde el comienzo del proyecto, se llevaron a cabo reuniones quincenales con las tutoras para realizar el seguimiento correspondiente.

En paralelo, se establecieron reuniones con las usuarias, es decir, el equipo médico y de palinología, con el propósito de comprender sus necesidades y diseñar una solución personalizada. Durante estas sesiones, se presentaron prototipos de los informes, se realizaron iteraciones para validarlos y se llevó a cabo una validación final para realizar ajustes de último momento.

Para cumplir con el requisito de compartir datos con la Intendencia de Montevideo (y eventualmente con otros entes externos), se mantuvieron múltiples reuniones con el equipo de tecnología de la IM. En conjunto con ellos y con la colaboración del equipo de palinología, se definió la estructura de los datos a enviar y se acordó la forma de intercambio de datos.

La conexión del sistema con la API de INUMET presentó desafíos adicionales. Una de las principales dificultades encontradas fue la necesidad de registrar la IP desde la cual se accedería a los datos por parte de INUMET. Se resolvió registrando la IP del servidor de Facultad de Ciencias, lo que dificultó el proceso de desarrollo y pruebas, ya que solo se podía probar con la aplicación desplegada en ese servidor.

El despliegue del sitio web y del backend en el servidor de Facultad de Ciencias también presentó desafíos, requiriendo una comunicación constante con el equipo de tecnología encargado del servidor. Se debieron generar certificados SSL para garantizar la seguridad de las aplicaciones, correr las aplicaciones utilizando Docker y coordinar la configuración de los registros DNS para disponibilizar públicamente las urls.

Finalmente, es relevante destacar que se adoptó la metodología SCRUM [53] como proceso de desarrollo de las aplicaciones. Se establecieron iteraciones quincenales con objetivos alcanzables en ese período. Las tareas se distribuyeron equitativamente entre los miembros del equipo de desarrollo, y se llevaron a cabo reuniones de seguimiento a mitad de cada iteración o según la demanda del proyecto.