



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

PROYECTO FIN DE GRADO

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN
MULTIPLATAFORMA PARA LA GESTIÓN DE DATOS
CLÍNICOS REMOTOS**

JAZMÍN PARELLADA MARTÍN

Dirigido por

Ingeniero Borja Monsalve Piqueras

CURSO 2020-2021

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín

TÍTULO: Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos

AUTOR: Jazmín Parellada Martín

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Informática

DIRECTOR/ES DEL PROYECTO: Ingeniero Borja Monsalve Piqueras

FECHA: Junio del 2021

RESUMEN

Este documento describe el trabajo realizado para el diseño, desarrollo y puesta en producción de una aplicación multiplataforma destinada a ayudar a los centros clínicos a monitorizar diversas constantes de sus pacientes y poder detectar rápidamente, gracias a un sistema de alertas personalizado, cuando estos están sufriendo complicaciones. De esta forma se podría evitar un gran número de ingresos y colapsos en los centros clínicos.

El desarrollo de este Proyecto de Final de Grado para la gestión de datos clínicos remotos es el resultado de cinco meses de trabajo enmarcadas dentro de un Proyecto de Fin de Grado de Ingeniería Informática de la Universidad Europea de Madrid.

El prototipo se ha realizado en colaboración con el grupo de investigación Machine Learning de la Universidad Europea de Madrid junto al Hospital Universitario HLA Moncloa.

Para desarrollar el prototipo, se ha diseñado una arquitectura en la que interactúan varias tecnologías y lenguajes de programación (HTML, PHP, MySQL, Java Script, SCSS y Python).

Palabras clave:

Internet de las cosas (IoT), aplicación multiplataforma, Google Cloud, salud, monitorización sanitaria, código abierto.

ABSTRACT

This document describes the work carried out for the design, development and launch of a multiplatform application aimed at helping clinical centers to monitor various constants of their patients and to be able to quickly detect, thanks to a personalized alert system, when they are suffering complications. In this way, many admissions and collapses in clinical centers could be avoided.

The development of this Final Degree Project for the management of remote clinical data is the result of five months of work framed within a Final Degree Project in Computer Engineering at the European University of Madrid.

The prototype has been developed in collaboration with the group Machine Learning Salud of the European University of Madrid and the Hospital Universitario HLA Moncloa.

To develop the prototype, an architecture has been designed in which several technologies and programming languages interact (HTML, PHP, MySQL, Java Script, SCSS and Python).

Keywords:

Internet of Things (IoT), multiplatform application, Google Cloud, health, health monitoring, opensource.

AGRADECIMIENTOS

Transmitir mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que me han acompañado a lo largo de mi etapa universitaria y han colaborado en el desarrollo de este prototipo.

En primer lugar, a mis padres y a mis hermanos. Sin su apoyo y su esfuerzo no podría haber estudiado esta carrera que tanto me apasiona

En segundo lugar, a mi tutor Borja Monsalve, por la información que me ha brindado para poder organizarme y alcanzar mis objetivos en este Trabajo de Fin de Grado.

También, me gustaría expresar mi más sentido agradecimiento a la Universidad Europea y a todos los profesores, por haber fomentado el desarrollo de mi curiosidad y conocimiento.

Por último, quiero agradecer el apoyo de mis compañeros del grupo de investigación Machine Learning de la Universidad Europea de Madrid, en especial a Juanjo Beunza por ayudarme en cada paso que he dado para lograr el desarrollo de este prototipo. Gracias a ellos he descubierto que el mundo de la medicina y la ingeniería puede combinarse para lograr grandes cosas y ayudar a mejorar el bienestar de innumerables personas.

TABLA RESUMEN

	DATOS
Nombre y apellidos:	Jazmín Parellada Martín
Título del proyecto:	...
Directores del proyecto:	Borja Monsalve Piqueras
El proyecto ha consistido en el desarrollo de una investigación o innovación:)	SI
Objetivo general del proyecto:	Crear el software de un prototipo de código abierto capaz de monitorizar diversas constantes de un paciente y avisar al personal sanitario cuando un enfermo está sufriendo complicaciones.

Índice

RESUMEN	3
ABSTRACT.....	4
AGRADECIMIENTOS	5
TABLA RESUMEN	6
Capítulo 1. RESUMEN DEL PROYECTO	18
1.1 Contexto y justificación	18
1.2 Planteamiento del problema.....	18
1.3 Objetivos del proyecto	18
1.4 Estructura de la memoria	18
Capítulo 2. ANTECEDENTES / ESTADO DEL ARTE	20
2.1 Estado del arte	20
2.1.1 Internet of Things (IoT).....	20
2.2 Contexto y justificación	20
2.3 Planteamiento del problema.....	21
Capítulo 3. OBJETIVOS	23
3.1 Objetivos generales	23
3.2 Objetivos específicos.....	23
3.3 Beneficios del proyecto	24
Capítulo 4. DESARROLLO DEL PROYECTO	25
4.1 Planificación del proyecto	25
4.1.1 Etapa 1: Elaboración del anteproyecto.....	25
4.1.2 Etapa 2: Desarrollo	26
4.1.3 Etapa 3: Validación, documentación y publicación.....	29
4.1.4 Diagrama de Gantt	29
4.2 Descripción de la solución, metodologías y herramientas empleadas	31
4.2.1 Metodología de desarrollo	31
4.2.2 Usuarios de la aplicación	32
4.2.3 Análisis de requisitos	32
4.2.4 Casos de uso	36

4.2.5	Diagrama de clases	66
4.2.6	Elección tecnológica	69
4.2.7	Arquitectura de la solución.....	72
4.3	Recursos requeridos	73
4.4	Presupuesto.....	75
4.4.1	Costes de desarrollo del prototipo (desarrollo informático)	75
4.4.2	Costes de la implementación del prototipo.....	76
4.5	Viabilidad.....	78
4.6	Resultados del proyecto	80
4.6.1	Resultados del plan de pruebas	80
4.6.2	Explicación de los resultados obtenidos	83
Capítulo 5.	CONCLUSIONES	84
5.1	Conclusiones del trabajo	84
5.2	Conclusiones personales	84
Capítulo 6.	FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	86
Capítulo 7.	REFERENCIAS	87
Capítulo 8.	ANEXOS	91
8.1	Manual de instalación	91
8.1.1	Recursos Hardware.....	91
8.1.2	Recursos Software	91
8.1.3	Descarga del del prototipo	91
8.1.4	Configurar el entorno y el espacio de desarrollo locales	92
8.1.5	Compilación de la aplicación	93
8.2	Manual de usuario.....	93
8.2.1	Ingreso al sistema	93
8.2.2	Recuperar contraseña	94
8.2.3	Cambiar contraseña.....	96
8.2.4	Cerrar sesión.....	97
8.2.5	Personal sanitario	97
8.2.6	Paciente	119

8.2.7	Administrador.....	122
8.3	Glosario	136

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - Partes del desarrollo del prototipo.....	22
Ilustración 2 - Diagrama de componentes.....	22
Ilustración 3 - Anteproyecto: Diagrama de Gantt.....	25
Ilustración 4 - Planificación del proyecto: Diagrama de Gantt	30
Ilustración 5 - Diagrama de los casos de uso del subsistema de gestión de usuarios.....	38
Ilustración 6- Diagrama de los casos de uso del subsistema de gestión de pacientes.....	44
Ilustración 7 - Diagrama de los casos de uso del subsistema de visualización de datos.....	56
Ilustración 8 - Diagrama de los casos de uso del subsistema de gestión de administración	59
Ilustración 9 - Arquitectura de la solución.....	73
Ilustración 10 - Manual de usuario: Pasos para iniciar sesión	94
Ilustración 11 - Manual de usuario: Primer paso para recuperar la contraseña.....	94
Ilustración 12 - Manual de usuario: Segundo y tercer paso para recuperar la contraseña	95
Ilustración 13 - Manual de usuario: Cuarto paso para recuperar la contraseña.....	95
Ilustración 14 - Manual de usuario: Quinto paso para recuperar la contraseña	95
Ilustración 15 - Manual de usuario: Sexto paso para recuperar la contraseña.....	96
Ilustración 16 - Manual de usuario: Primer paso para cambiar la contraseña	96
Ilustración 17 - Manual de usuario: Segundo y tercer paso para cambiar la contraseña	97
Ilustración 18 - Manual de usuario: Cerrar sesión.....	97
Ilustración 19 - Manual de usuario: Pantalla inicial del personal sanitario.....	98
Ilustración 20 - Manual de usuario: Seleccionar paciente	98
Ilustración 21 - Manual de usuario: Cuadro de control del paciente	99
Ilustración 22: Manual de usuario: Paso uno para registrar un nuevo paciente	99
Ilustración 23 - Manual de usuario: Registrar un nuevo paciente - Indicar los datos personales del paciente.....	100
Ilustración 24 - Manual de usuario: Registrar un nuevo paciente – Seleccionar los sensores del paciente	100
Ilustración 25 - Manual de usuario: Registrar un nuevo paciente - Seleccionar las alertas compuestas del paciente	101
Ilustración 26 - Manual de usuario: Registrar un nuevo paciente - Seleccionar el resto del personal sanitario del paciente	101

Ilustración 27 - Manual de usuario: Paciente registrado con éxito	102
Ilustración 28 - Manual de usuario: Paso dos para modificar el perfil un paciente	102
Ilustración 29 - Manual de usuario: Paso tres y cuatro para modificar el perfil un paciente ...	103
Ilustración 30 - Manual de usuario: confirmación de que el perfil de un paciente se ha modificado exitosamente	103
Ilustración 31 - Manual de usuario: Primer paso para visualizar los datos de un paciente en tiempo real.....	104
Ilustración 32 - Manual de usuario: Segundo paso para visualizar los datos de un paciente en tiempo real.....	104
Ilustración 33 – Manual de usuario: Visualización de datos en tiempo real del paciente	105
Ilustración 34 – Manual de usuario: Paso uno para visualizar los datos históricos de un paciente	105
Ilustración 35 – Manual de usuario: Paso dos y tres para visualizar los datos históricos de un paciente	106
Ilustración 36 – Manual de usuario: Visualización de datos en históricos del paciente	106
Ilustración 37 - Manual de usuario: abrir la administración de sensores de un paciente	107
Ilustración 38 - Manual de usuario: Visualizar datos de los sensores de un paciente	107
Ilustración 39 - Manual de usuario: Ver información detallada de un sensor del paciente	107
Ilustración 40 - Manual de usuario: Paso uno para añadir un sensor a un paciente	108
Ilustración 41 - Manual de usuario: Paso dos para añadir un sensor a un paciente	108
Ilustración 42 - Manual de usuario: Modificar un sensor a un paciente.....	108
Ilustración 43 - Manual de usuario: Eliminar un sensor a un paciente.....	109
Ilustración 44 - Manual de usuario: Guardar cambios de la administración de sensores de un paciente	109
Ilustración 45 - Manual de usuario: Cambios de los sensores de un paciente guardados correctamente	109
Ilustración 46 - Manual de usuario: Paso uno para descargar fichero de configuración de Arduino	110
Ilustración 47 - Manual de usuario: Paso dos para descargar fichero de configuración de Arduino	110
Ilustración 48 - Manual de usuario: Abrir la administración de alertas compuestas de un paciente	110
Ilustración 49 - Manual de usuario: Visualizar alertas compuestas.....	111

Ilustración 50 - Manual de usuario: Paso uno para añadir una alerta compuesta de un paciente	111
Ilustración 51 - Manual de usuario: Paso dos para añadir una alerta compuesta de un paciente	111
Ilustración 52 - Manual de usuario: Modificar una alerta compuesta de un paciente	112
Ilustración 53 - Manual de usuario: Eliminar una alerta compuesta de un paciente.....	112
Ilustración 54 - Manual de usuario: Guardar cambios de la administración de las alertas compuestas.....	113
Ilustración 55 - Manual de usuario: Alertas compuestas cambias con éxito	113
Ilustración 56 - Manual de usuario: Abrir la ventana de administración del personal sanitario de un paciente	113
Ilustración 57 - Manual de usuario: Visualizar personal sanitario de un paciente.....	114
Ilustración 58 - Manual de usuario: Paso uno para añadir un personal sanitario a un paciente	114
Ilustración 59 - Manual de usuario: Paso dos para añadir un personal sanitario a un paciente	115
Ilustración 60 - Manual de usuario: Eliminar personal sanitario de un paciente.....	115
Ilustración 61 - Manual de usuario: Guardar cambios de la administración del personal sanitario	116
Ilustración 62 - Manual de usuario: Personal sanitario cambiado con éxito	116
Ilustración 63 - Manual de usuario: Ver última alerta producida de un paciente	117
Ilustración 64 - Manual de usuario: Popup con las últimas alertas de un paciente en el último día	117
Ilustración 65 - Manual de usuario: Ver últimas alertas de un paciente	117
Ilustración 66 - Manual de usuario: Popup con las últimas alertas de un paciente	118
Ilustración 67 - Manual de usuario: Paso uno para transferir un paciente.....	118
Ilustración 68 - Manual de usuario: Paso dos y tres para transferir un paciente	119
Ilustración 69 - Manual de usuario: Seleccionar sensores para la visualización en tiempo real	119
Ilustración 70 - Manual de usuario: Visualización de datos en tiempo real	119
Ilustración 71 - Manual de usuario: Pasos a seguir para visualizar los datos históricos	120
Ilustración 72 - Manual de usuario: Visualización de datos históricos	120
Ilustración 73 - Manual de usuario: Ver perfil del paciente.....	121

Ilustración 74 - Manual de usuario: Paso uno y dos para ver mis sensores.....	121
Ilustración 75 – Manual de usuario: Ver mis sensores	122
Ilustración 76 – Manual de usuario: Ver mi personal sanitario	122
Ilustración 77 - Manual de usuario: Panel de control de un administrador	123
Ilustración 78 - Manual de usuario: Abrir la ventana de administración de métricas	123
Ilustración 79 - Manual de usuario: Paso dos para añadir una métrica.....	123
Ilustración 80 - Manual de usuario: Paso tres para añadir una métrica	124
Ilustración 81 - Manual de usuario: Paso dos para modificar una métrica.....	124
Ilustración 82 - Manual de usuario: Paso tres para modificar una métrica	124
Ilustración 83 - Manual de usuario: Eliminar métricas	125
Ilustración 84 - Manual de usuario: Confirmar cambios de la administración de métricas.....	125
Ilustración 85 - Manual de usuario: Abrir la ventana de administración de sesnsores	126
Ilustración 86 - Manual de usuario: Paso dos para añadir un sensor	126
Ilustración 87 - Manual de usuario: Paso tres y cuatro para añadir un sensor.....	127
Ilustración 88 - Manual de usuario: Sensor añadido correctamente.....	127
Ilustración 89 - Manual de usuario: Paso dos para modificar un sensor	128
Ilustración 90 - Manual de usuario: Paso tres para modificar un sensor.....	128
Ilustración 91 - Manual de usuario: Datos del sensor modificados correctamente	129
Ilustración 92 - Manual de usuario: Paso dos para volver a crear las claves de un sensor	129
Ilustración 93 - Manual de usuario: Paso tres para volver a crear las claves de un sensor	129
Ilustración 94 - Manual de usuario: Paso cuatro para volver a crear las claves.....	130
Ilustración 95 - Manual de usuario: Paso uno para eliminar un sensor de la aplicación	130
Ilustración 96 - Manual de usuario: Paso dos para eliminar un sensor de la aplicación.....	130
Ilustración 97 - Manual de usuario: Abrir ventana de administración del personal sanitario ..	131
Ilustración 98 - Manual de usuario: Paso uno para añadir un nuevo personal sanitario.....	131
Ilustración 99 - Manual de usuario: Paso dos y tres para añadir un nuevo personal sanitario	131
Ilustración 100 - Manual de usuario: : Paso uno para transferir los pacientes de un personal sanitario	132
Ilustración 101 - Manual de usuario: Paso tres y cuatro para transferir los pacientes de un personal sanitario.....	132
Ilustración 102 - Manual de usuario: Paso dos para eliminar un personal sanitario	133

Ilustración 103 - Manual de usuario: Paso tres para eliminar un personal sanitario.....	133
Ilustración 104 - Manual de usuario: Paso uno para añadir un administrador.....	133
Ilustración 105 - Manual de usuario: Paso dos y tres para añadir un administrador	134
Ilustración 106 - Manual de usuario: Aviso de que un nuevo administrador ha sido añadido .	134
Ilustración 107 - Manual de usuario: Paso uno para modificar el perfil de un administrador..	134
Ilustración 108 - Manual de usuario: Paso dos para modificar el perfil de un administrador ..	135
Ilustración 109 - Manual de usuario: Paso tres y cuatro para modificar el perfil de un administrador.....	135

Índice de Tablas

Tabla 1 - Objetivos específicos	23
Tabla 2 - Planificación: Sprint 1	26
Tabla 3 - Planificación: Sprint 2	27
Tabla 4 - Planificación: Sprint 3	27
Tabla 5 - Planificación: Sprint 4	28
Tabla 6 - Planificación: Sprint 5	29
Tabla 7 - Usuarios de la aplicación	32
Tabla 8 - Requisitos funcionales	35
Tabla 9 - Requisitos no funcionales	36
Tabla 10 - Símbolos de los Casos de Uso	37
Tabla 11 - Relaciones entre los Casos de Uso	37
Tabla 12 - Caso de uso: CU-IniciarSesión-01.....	39
Tabla 13 - Caso de uso: CU-RecuperarContraseña-02	40
Tabla 14 - Caso de uso: CU-CambiarContraseña-03	40
Tabla 15 - Caso de uso: CU-CerrarSesión-04	41
Tabla 16 - Caso de uso: CU-RegistrarPaciente-05.....	42
Tabla 17 - Caso de uso: CU-RegistrarPersonalSanitario-06	42
Tabla 18 - Caso de uso: CU-RegistrarAdministrador-07	43
Tabla 19 - Caso de uso: CU-SeleccionarPaciente-08.....	45
Tabla 20 - Caso de uso: CU-ModificarPaciente-09	46
Tabla 21 - Caso de uso: CU-EliminarPaciente-10.....	47
Tabla 22 - Caso de uso: CU-VisualizarDispositivosPaciente-11.....	47
Tabla 23 - Caso de uso: CU-AñadirDispositivoPaciente-12	48
Tabla 24 - Caso de uso: CU-ModificarDispPaciente-13.....	49
Tabla 25 - Caso de uso: CU-EliminarDispPaciente-14	49
Tabla 26- Caso de uso: CU-VisualizarAlertas-15	50
Tabla 27- Caso de uso: CU-AñadirAlerta-16	51
Tabla 28 - Caso de uso: CU-ModificarAlertas-17	51
Tabla 29 - Caso de uso: CU-EliminarAlertas-18	52

Tabla 30 - Caso de uso: CU-VisuaizarPerSanPaciente-19	52
Tabla 31 - Caso de uso: CU-AñadirPerSanPaciente-19	53
Tabla 32 - Caso de uso: CU-ModificarPerSanPaciente-21	54
Tabla 33 - Caso de uso: CU-EliminarPerSanPaciente-22.....	55
Tabla 34 - Caso de uso: CU-TransferirPaciente-23	55
Tabla 35 - Caso de uso: CU-VisualizarTiempoReal-24.....	57
Tabla 36 - Caso de uso: CU-VisualizarHistóricos-25.....	57
Tabla 37 - Caso de uso: CU-VisualizarUltimasAlertas-26	58
Tabla 38 - Caso de uso: CU-VisualizarMétricas-27	60
Tabla 39 - Caso de uso: CU-AñadirMétricas-28	60
Tabla 40- Caso de uso: CU-ModificarMétricas-29	61
Tabla 41 - Caso de uso: CU-EliminarMétricas-30.....	61
Tabla 42 - Caso de uso: CU-VisualizarDispositivos-31	62
Tabla 43 - Caso de uso: CU-AñadirDispositivo-32.....	62
Tabla 44 - Caso de uso: CU-ModificarDispositivo-33.....	63
Tabla 45 - Caso de uso: CU-EliminarDispositivo-34	64
Tabla 46 - Caso de uso: CU-CambiarCertificados-35	64
Tabla 47 - Caso de uso: CU-VisualizarPerSanitario-36.....	65
Tabla 48 - Caso de uso: CU-TransferirPacientes-37.....	65
Tabla 49 - Caso de uso: CU-EliminarPerSanitario-38	66
Tabla 50 – Diagrama de clases	67
Tabla 51 – Recursos requeridos: Asistencia de expertos.....	74
Tabla 52 - Recursos para la captación de datos de los dispositivos.....	74
Tabla 53 - Recursos necesarios para desarrollar el sistema	74
Tabla 54 - Recursos necesarios para desplegar el sistema	75
Tabla 55 - Costes de desarrollo: Mano de obra	75
Tabla 56 - Costes de desarrollo: Dispositivos	75
Tabla 57 - Costes de desarrollo: Licencias y programas	76
Tabla 58 - Coste total del desarrollo informático	76
Tabla 59 - Costes de implementación: Publicación de la aplicación web	77

Tabla 60 - Costes de implementación: Uso de Google Cloud	77
Tabla 61 - Costes de implementación: Dispositivos	78
Tabla 62 - Análisis de viabilidad.....	80
Tabla 63 - Pruebas en base a los requisitos funcionales.....	83
Tabla 64 - Pruebas en base a los requisitos no funcionales.....	83
Tabla 65 - Manual de instalación: Recursos hardware	91
Tabla 66 - Manual de usuario: Restricciones técnicas del sistema	91
Tabla 67 - Manual de usuario: descarga del prototipo.....	92
Tabla 68 - Manual de instalación: Configurar el entorno y el espacio de desarrollo locales	92
Tabla 69 - Manual de instalación: Configurar el entorno y el espacio de desarrollo locales en la aplicación móvil.....	92
Tabla 70 - Manual de instalación: Compilación de la aplicación web	93
Tabla 71 - Manual de instalación: Compilación de la aplicación móvil	93

Capítulo 1. RESUMEN DEL PROYECTO

1.1 Contexto y justificación

A principios del año 2020 comenzó una pandemia mundial causada por el COVID-19¹. A los pocos meses teníamos la sanidad colapsada, el personal sanitario no daba abasto y los centros de salud no tenían los recursos necesarios para tratar a todos los enfermos. A raíz de esto, el grupo de investigación Machine Learning de la Universidad Europea junto con la colaboración del Hospital Universitario HLA Moncloa comenzó a pensar en la necesidad del desarrollo de un prototipo de código abierto para la gestión de datos clínicos remotos con el fin de lograr captar de antemano cuando un paciente sufre complicaciones y de esta forma evitar un gran número de ingresos y colapsos en los centros de salud.

1.2 Planteamiento del problema

Con este prototipo IoT hemos buscado crear una aplicación multiplataforma que sirviese para la “monitorización remota de pacientes”, tanto en pacientes domiciliarios como pacientes hospitalarios.

1.3 Objetivos del proyecto

El principal objetivo consiste en crear el software de un prototipo multiplataforma de código abierto capaz de monitorizar diversas constantes de un paciente y avisar al personal sanitario cuando un enfermo está sufriendo complicaciones.

1.4 Estructura de la memoria

Estructura de la memoria:

- En el segundo capítulo se lleva a cabo un estudio del estado del arte, donde entenderemos el concepto de “Internet de las cosas” y veremos otros proyectos parecidos al que se ha desarrollado. Además, se explicará por qué se ha decidido realizar este prototipo y como se ha planteado.
- En el tercer capítulo se explican los objetivos que han desarrollado para crear el prototipo.
- En el cuarto capítulo se explica el desarrollo del proyecto. En este se habla sobre la planificación, la metodología aplicada, se realiza un análisis de la aplicación para entender mejor el sistema, se explica la tecnología utilizada para el desarrollo del prototipo, se enumeran los recursos necesarios, se realiza un presupuesto de desarrollo y de implementación, se estudia la viabilidad de algunos aspectos del proyecto y, por último, se explican los resultados finales obtenidos con el desarrollo del prototipo.
- En el quinto capítulo se obtienen las conclusiones tras la realización del prototipo.

- En el sexto capítulo se habla sobre el posible trabajo futuro que se podría llevar a cabo a continuación de lo realizado en este TFG.
- En el séptimo capítulo encontraremos las referencias utilizadas para el desarrollo de la memoria.
- En el octavo capítulo encontraremos el manual de instalación, el manual de usuario y un glosario.

Capítulo 2. ANTECEDENTES / ESTADO DEL ARTE

2.1 Estado del arte

En este trabajo de fin de grado se ha realizado el software de un prototipo que permita monitorizar diversas constantes de un paciente y pueda avisar al personal sanitario cuando este tiene complicaciones.

Para poder comprender el prototipo primero debemos entender el concepto IoT.

2.1.1 Internet of Things (IoT)

IoT hace referencia a la agrupación e interconexión de los dispositivos y objetos a través de una red, dónde todos ellos podrían ser visibles e interaccionar. Existen un gran número de dispositivos que podemos utilizar en el “Internet de las Cosas”, desde sensores y dispositivos mecánicos hasta objetos cotidianos como las neveras, el calzado o la ropa. El objetivo por lo tanto es interaccionar sin la intervención humana, o lo que se conoce como una iteración M2M (machine to machine).

Para poder realizar este Trabajo de Fin de Grado, se ha diseñado previamente el esquema de las necesidades clínicas para el desarrollo de dispositivos IoT con el fin de poder detectar enfermedades o complicaciones seleccionadas por el personal sanitario.

Aparentemente, no existen una gran variedad de proyectos con un objetivo similar al de este trabajo. A continuación, se muestran algunos proyectos IOT en salud con un objetivo similar al que se ha propuesto en este trabajo de fin de grado.

2.1.1.1 *ProtoCentral – HealthyPi v4*

“HealthyPi v4 es un HAT2 para Raspberry Pi, así como un dispositivo independiente que puede medir los signos vitales humanos que son útiles en el diagnóstico y tratamiento médico. HealthyPi v4 establece un nuevo estándar en soluciones de salud de código abierto con capacidades móviles, inalámbricas y portátiles. Este dispositivo presenta una instantánea de la condición médica del usuario dentro de su entorno y abre posibilidades de investigación médica.” (ProtoCentral, 2020)

2.1.1.2 *Masimo – Patient SafetyNet*

“Patient SafetyNet es un sistema de monitorización remota complementaria y notificación al personal sanitario que muestra información en casi tiempo real en una estación central desde cualquier dispositivo Masimo o de terceros conectado y que permite que se envíen alarmas y alertas de los dispositivos de cabecera directamente al personal sanitario.” (Masimo)

2.2 Contexto y justificación

A inicios del año 2020 comenzó una pandemia mundial causada por el COVID-19 que terminó paralizando el funcionamiento de numerables hospitales y UCIS. En el artículo de El País (agosto,

2020) “5 de abril, el día en el que el virus desbordó los hospitales de Madrid” se habla sobre un estudio que revela cómo la pandemia desbordó hasta un 291% las capacidades sanitarias de la Comunidad de Madrid.

Las personas que vivimos esta pandemia sufrimos el abandono de algunos allegados y vimos cómo nuestros médicos no eran capaces de tratar a todos los pacientes de forma equitativa debido a la falta de recursos.

Ante esta crisis sanitaria en el grupo de Machine Learning Salud de la Universidad Europea comenzamos a pensar cómo podríamos ayudar a mejorar la situación caótica causada por el COVID-19. Tras una investigación de campo hablando con los médicos del hospital HLA Universitario Moncloa, decidimos crear un prototipo IoT que ayudase a los hospitales a evitar un gran número de ingresos y colapsos.

2.3 Planteamiento del problema

El punto de partida de este prototipo IoT fue planteado para tener en cuenta aquellos pacientes que tenían que permanecer en sus casas y trataba de facilitar al personal sanitario datos objetivos del estado del paciente. En otras palabras, este prototipo tenía como objetivo avisar al personal sanitario cuando un enfermo presentaba criterios de insuficiencia respiratoria incluso cuando estos síntomas eran imperceptibles para él.

Durante el desarrollo del prototipo nos planteamos la posibilidad de crear una aplicación que sirviese para la “monitorización remota de pacientes”. Decidimos centrarnos tanto en pacientes domiciliarios como pacientes hospitalarios, es decir, el prototipo está pensado para utilizarse tanto de forma remota con pacientes que se encuentran en sus domicilios, cómo en pacientes que llegan al hospital y no están para tratarles en la UCI, pero el personal sanitario desea monitorizarles.

El desarrollo del prototipo está dividido por las siguientes tres partes:

- Creación y definición por parte de un equipo de médicos de las alarmas y las necesidades médicas para el desarrollo del proyecto.
- Creación, validación y calibración de sensores. Los sensores que se van a utilizar son: un sensor que mida la frecuencia cardiaca; un sensor que mida frecuencia respiratoria; y un sensor que mida la saturación de oxígeno en la sangre.
- Un sistema que se encargue de la conexión de los sensores a una aplicación multiplataforma y avise al personal sanitario responsable en caso de haber alguna complicación de su paciente.

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín



Ilustración 1 - Partes del desarrollo del prototipo

El presente Trabajo de Fin de Grado abarca el diseño y desarrollo del tercer punto.

En la siguiente imagen se muestra un diagrama de componentes para delimitar el alcance de este Trabajo de Fin de Grado.

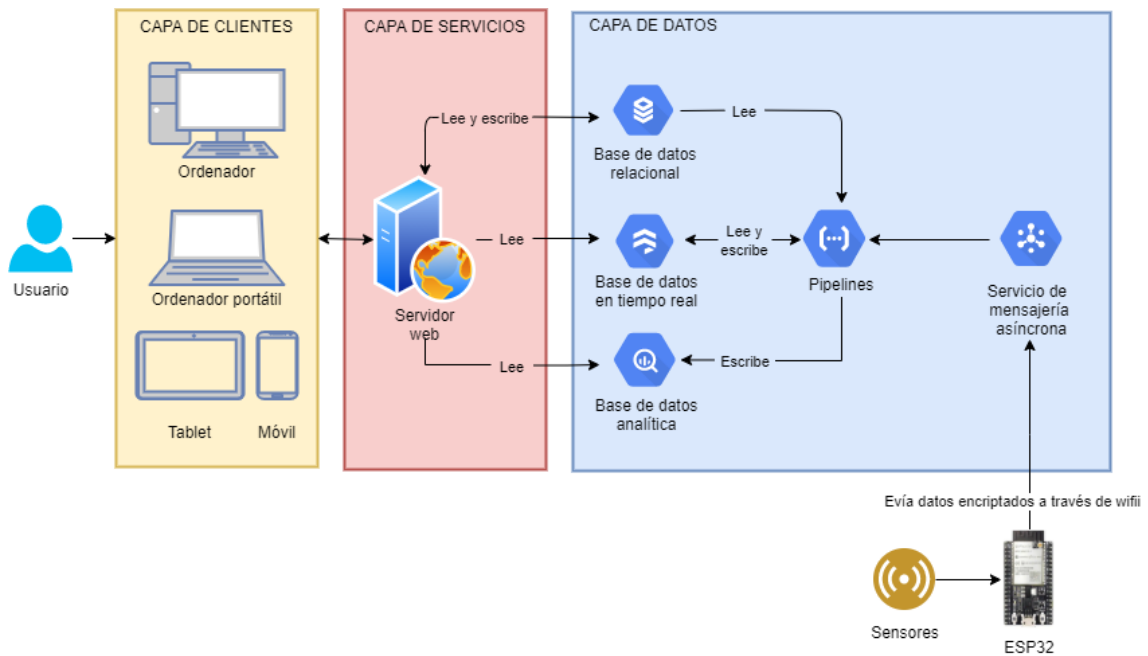


Ilustración 2 - Diagrama de componentes

Capítulo 3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos generales

El objetivo general del presente trabajo final de grado consiste en crear el software de un prototipo de código abierto capaz de monitorizar diversas constantes de un paciente y avisar al personal sanitario cuando un enfermo está sufriendo complicaciones.

3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos marcan los pasos a seguir para conseguir el objetivo principal. Los objetivos específicos de este proyecto son:

Id	Descripción
OE-1	Recopilar información de los diversos sensores para ser almacenada en los servicios de Google Cloud.
OE-2	Almacenar información de los pacientes en una base de datos relacional (nombre, edad, sexo, etc.).
OE-3	Desarrollar una aplicación web y una aplicación móvil híbrida para ofrecer la visualización de los datos de los pacientes.
OE-4	Ofrecer la visualización de los datos recopilados por los sensores en tiempo real y, además, permitir el acceso a un histórico de los mismos.
OE-5	Permitir observar los datos y las alarmas de los pacientes dentro de la aplicación mencionada.
OE-6	Permitir adaptar las alarmas a las necesidades de cada paciente por parte del personal sanitario.
OE-7	Crear un sistema de alertas que avise al personal sanitario, por medio de un SMS o una notificación cuando un paciente está teniendo complicaciones.
OE-8	Permitir al personal sanitario ver, editar o eliminar la información de sus pacientes.

Tabla 1 - Objetivos específicos

3.3 Beneficios del proyecto

Los beneficios más significativos que podemos destacar con el desarrollo del prototipo son los siguientes:

- Al ser un prototipo multiplataforma el personal sanitario podrá acceder al estado de sus pacientes en todo momento.
- El prototipo permite tener conocimiento del estado de un paciente en “tiempo real” y gracias a esto, el personal sanitario podrá realizar un diagnóstico al paciente a partir de los datos captados por los sensores.
- La captación de datos históricos son clave para medicina personalizada. En función del tipo de paciente podremos personalizar las alertas basándonos en los datos históricos captados. Gracias a esto también podemos abrir una ventana a la nueva tecnología IOT, algoritmos de machine learningⁱⁱ, etc.
- El personal sanitario ofrece la opción de definir un sistema de alertas personalizado según la escala de gravedad de los pacientes. Esto ayudará a detectar cuando un paciente está sufriendo complicaciones antes de que sea demasiado tarde para poder tratarlas.
- El prototipo se quiere ofrecer como un sistema abierto y flexible a un precio asequible. Es decir, queremos ofrecer un sistema a bajo coste en comparación con los servicios comerciales cerrados de alto coste ya disponibles.

Capítulo 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Planificación del proyecto

4.1.1 Etapa 1: Elaboración del anteproyecto

En esta primera etapa se elaboró el anteproyecto. Para ello se hizo un estudio del mercado, se definió el alcance del proyecto, se eligieron las tecnologías que se iban a utilizar y se estimó el tiempo que se iba a tardar en desarrollar el proyecto con el siguiente diagrama de Gantt.

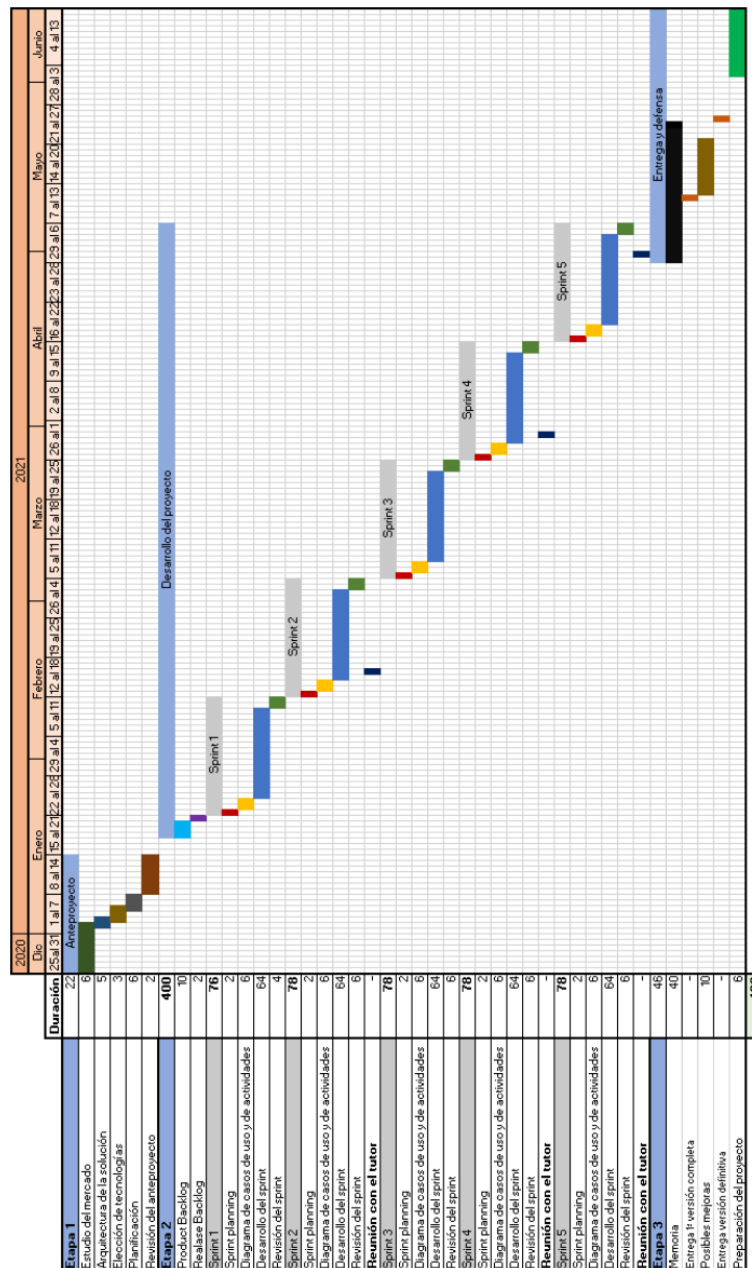


Ilustración 3 - Anteproyecto: Diagrama de Gantt

4.1.2 Etapa 2: Desarrollo

En este apartado se explica la planificación utilizada para realizar el desarrollo de este trabajo de fin de grado. Para ello, en los siguientes subapartados se va a explicar qué se va a resolver, las tareas que se han llevado a cabo y la duración de cada uno de los cinco sprints realizados.

4.1.2.1 Sprint 1

Este primer sprint ha tenido como objetivo almacenar los datos captados por los sensores tanto en una base de datos en “tiempo real”, cómo en una base de datos analítica. Además, también se ha diseñado el diagrama entidad-relación para poder crear la base de datos relacional más adelante.

Id	Descripción	Horas
S-01	Reuniones con el grupo de investigación.	2
	Diagramas de caso de uso y de actividades.	1
	Diagrama entidad relación.	5
	Almacenamiento de datos en Google Cloud.	25

Tabla 2 - Planificación: Sprint 1

4.1.2.2 Sprint 2

Por un lado, en Laravel se ha creado las migraciones y los seeders para poder crear la base de datos relacional en Google Cloud, se ha configurado para poder documentar las llamadas a la API con Swagger y se han creado dos endpoints que devuelven los datos captados por los sensores en tiempo real o un histórico de estos.

Por otro lado, en angular se ha creado la página de iniciar sesión y el contenedor inicial de la aplicación con el menú de navegación.

Id	Descripción	Horas
S-02	Reuniones con el grupo de investigación.	2
	Diagramas de caso de uso y de actividades.	2
	Crear una instancia de MySQL en Google Cloud.	2
	Hacer las migraciones y los seeders para crear la base de datos relacional con Laravel.	8
	Iniciar y cerrar sesión en la aplicación.	4

	Páginas de error.	2
	Crear los elementos del contenedor principal de la aplicación.	6
	Lectura de los datos de los sensores en tiempo real.	12
	Lectura de los datos históricos de los sensores.	8
	Documentación de las llamadas al api de Laravel.	4
	Reunión de seguimiento con el tutor del proyecto	1

Tabla 3 - Planificación: Sprint 2

4.1.2.3 Sprint 3

Tras hacer este sprint el personal sanitario puede ver una lista con los pacientes a los que tiene acceso, puede dar de alta un nuevo paciente en el sistema, puede ver los datos de monitorización de un paciente o puede visualizar un histórico de los datos captados por los sensores de un paciente.

El paciente también podrá ver la monitorización de sus sensores o un histórico de los datos de estos.

Id	Descripción	Horas
S-03	Reuniones con el grupo de investigación.	2
	Diagramas de caso de uso y de actividades.	4
	Middlewares para controlar el acceso a los diferentes tipos de usuarios.	2
	Registro de pacientes.	25
	Pantalla donde se muestran todos los pacientes del personal sanitario.	6
	Graficar en "tiempo real".	8
	Graficar datos históricos.	12
	Documentación de las llamadas al api de Laravel.	4
	Reunión de seguimiento con el tutor del proyecto.	1

Tabla 4 - Planificación: Sprint 3

4.1.2.4 *Sprint 4*

El siguiente sprint añade las siguientes funcionalidades a la aplicación:

- El personal sanitario puede administrar la información del perfil de un paciente, sus alertas y sus sensores y puede descargarse un fichero de configuración de Arduino de cada sensor del paciente.
- Los pacientes pueden visualizar la información de sus sensores.
- El administrador puede administrar las métricas y los sensores de la aplicación.

Por último, todos los usuarios pueden cambiar su contraseña accediendo a su perfil o recuperarla en la página de iniciar sesión en caso de no tenerla o haberla olvidado.

Id	Descripción	Horas
S-04	Reuniones con el grupo de investigación.	2
	Diagramas de caso de uso y de actividades.	4
	Ver, modificar o eliminar un paciente.	12
	Ver, modificar o eliminar los sensores y las alertas de un paciente.	32
	Administración de contraseñas (crear y recuperar contraseñas).	6
	Ver, modificar o eliminar métricas y sensores (administrador).	16
	Documentación de las llamadas al api de Laravel.	8
	Permitir descargar el fichero de configuración con los datos de cada paciente.	8

Tabla 5 - Planificación: Sprint 4

4.1.2.5 *Sprint 5*

Este último sprint añade las siguientes funcionalidades a la aplicación:

- El personal sanitario puede comunicarse a través de un chat creado dentro de la aplicación con sus pacientes y puede administrar el personal sanitario que tiene acceso a la información de su paciente.
- El paciente puede comunicarse con su personal sanitario y puede visualizar su personal sanitario.
- El administrador puede traspasar todos los pacientes de un personal sanitario a otro. También puede dar de alta o baja al personal sanitario y, además, puede dar de alta a nuevos administradores.

Se ha creado el código de Arduino para captar los datos del sensor MAX30101 y enviarlos a Google Cloud.

En caso de que se produzca una alerta se envía un aviso por correo al personal sanitario.

Se ha creado una aplicación móvil con cordova a partir de la aplicación web creada con angular.

Id	Descripción	Horas
S-05	Reuniones con el grupo de investigación.	2
	Diagramas de caso de uso y de actividades.	4
	Chat entre el personal sanitario y sus pacientes.	20
	Traspasar pacientes del personal sanitario.	2
	Añadir o eliminar personal sanitario.	6
	Añadir administradores.	2
	Ver, modificar o eliminar el personal sanitario de un paciente.	4
	Documentación de las llamadas al api de Laravel.	6
	Guards para controlar el acceso a las diferentes ventanas de la aplicación.	2
	Lectura de datos del sensor de saturación de oxígeno y frecuencia respiratoria.	4
	Sistema de alertas por correo.	20
	Pruebas y mejoras.	12
	A partir de la aplicación de Angular, generar una aplicación móvil con Cordova.	12
	Reunión de seguimiento con el tutor del proyecto.	1

Tabla 6 - Planificación: Sprint 5

4.1.3 Etapa 3: Validación, documentación y publicación

Tras la etapa de desarrollo se ha estado un largo periodo validando y mejorando la aplicación. Además, se ha publicado la aplicación en la página web del grupo de Investigación Machine Learning de la Universidad Europea.

4.1.4 Diagrama de Gantt

En la siguiente imagen se muestra la planificación final realizada mediante un Diagrama de Gantt.

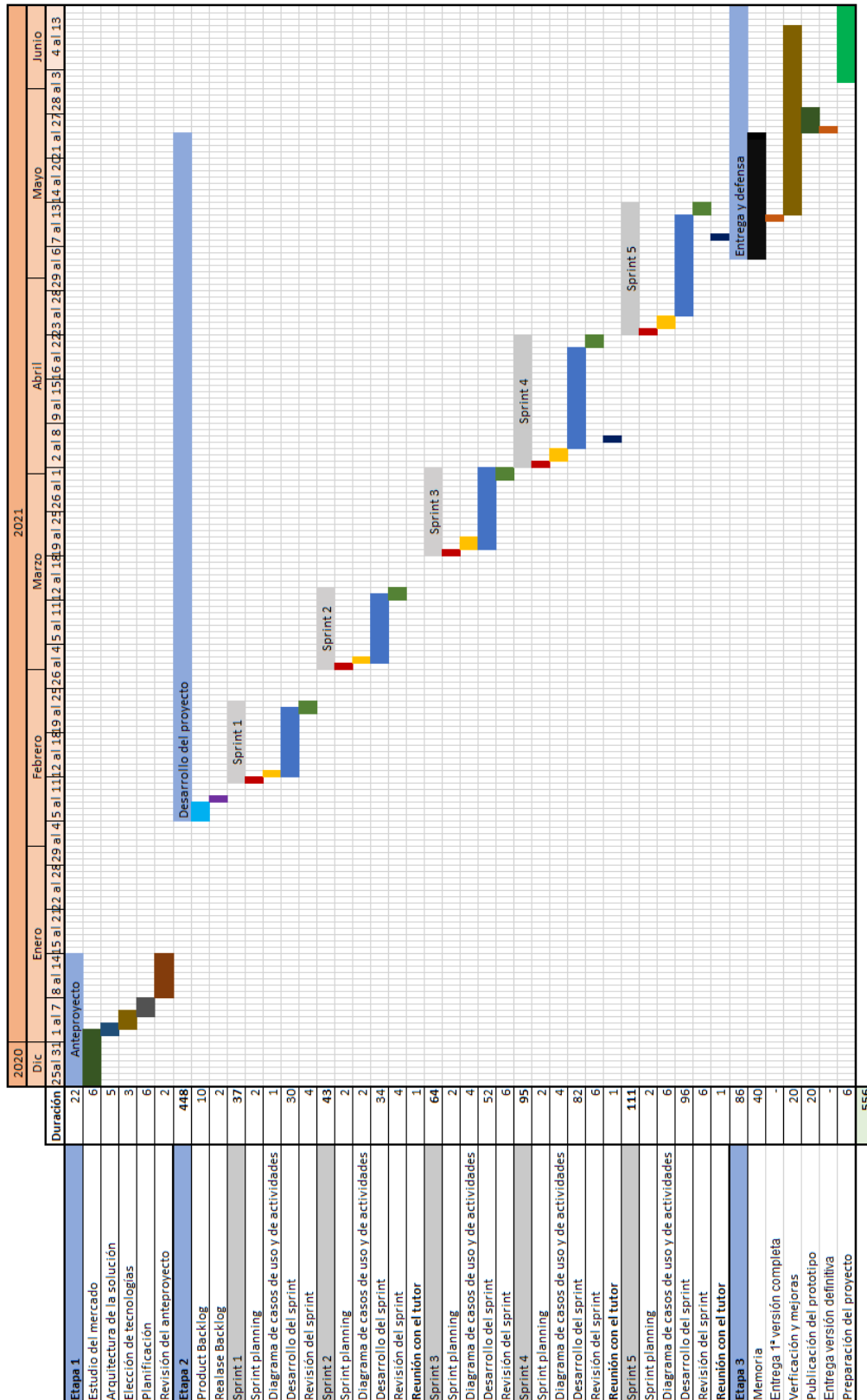


Ilustración 4 - Planificación del proyecto: Diagrama de Gantt

4.2 Descripción de la solución, metodologías y herramientas empleadas

4.2.1 Metodología de desarrollo

Para el desarrollo del proyecto decidimos utilizar una metodología ágil, concretamente con una metodología Scrum. Se ha seleccionado esta metodología porque estimamos que era la más conveniente a pesar de que el sistema informático se haya llevado a cabo individualmente.

4.2.1.1 Metodología Scrum

Galiana, P. (2021, 21 abril) define la metodología Scrum de la siguiente manera: “La metodología Scrum permite abordar proyectos complejos desarrollados en entornos dinámicos y cambiantes de un modo flexible. Está basada en entregas parciales y regulares del producto final en base al valor que ofrecen a los clientes.”.

Al aplicar esta metodología en el desarrollo del prototipo lográbamos implicar al personal sanitario durante todo el proceso de desarrollo y nos permitía ofrecerle flexibilidad para poder realizar cambios.

4.2.1.1.1 Perfiles involucrados

Existen cuatro tipos de perfiles dentro de la metodología Scrum:

- **Product Owner:** Es el responsable de representar las necesidades del cliente manteniendo las capacidades clave y los resultados deseados.
- **Scrum Master:** Se encarga de mantener al Scrum Team activo y productivo para garantizar los objetivos.
- **Scrum Team:** Equipo encargado del desarrollo y la entrega del producto.
- **Stakeholders:** Perfiles interesados en el desarrollo del proyecto y deben de ser tenidos en cuenta (directores, dueños, comerciales, etc.).

En este trabajo, yo he realizado los tres primeros roles y el grupo de investigación Machine Learning Salud de la Universidad Europea y algunos colaboradores del Hospital HLA Universitario Moncloa desempeñaban el papel de Stakeholders.

4.2.1.1.2 Funcionamiento

El proceso inicia con la elaboración del Product Backlog. En este se encuentran de forma genérica los requerimientos y las funcionalidades requeridas por el proyecto.

Una vez definido el Product Backlog y el Release Backlog comienzan los Sprints que son bloques temporales donde se realizan las acciones definidas en el Sprint Backlog. El desarrollo de un Sprint consta de tres partes:

- **Sprint Planning:** En el primer día se realiza una reunión con el equipo y se le presenta una lista de objetivos posibles de la nueva iteración. En esta reunión se resuelven las dudas y se seleccionan los requisitos que se van a implementar. Una vez seleccionados los requisitos el equipo elabora una lista de tareas y se reparten.
- **Desarrollo:** Se desarrollan las tareas seleccionadas en el Sprint Planning.

- **Revisión del sprint:** Al final del sprint se realiza una fase de validación para comprobar el correcto funcionamiento de los requisitos completados de la iteración. En caso de no haber cumplidos los objetivos se denegará el sprint.

En el desarrollo del software del prototipo no se han realizado reuniones diarias dentro de los Sprints porque este ha sido realizado únicamente por una persona.

4.2.2 Usuarios de la aplicación

Para el uso de la aplicación ha sido indispensable diferenciar distintos tipos de usuarios para asegurar la seguridad de los datos y el acceso a estos. Con esta diferenciación estamos marcando ciertos niveles de acceso dependiendo del rol asignado, y de esta forma, estamos asegurando el acceso y/o modificación de la información de nuestra base de datos.

El uso de la aplicación está dirigida principalmente al personal sanitario, pero como en la mayoría de los sistemas existen administradores y otros tipos de usuarios. En la siguiente tabla podemos observar los diferentes roles de la aplicación y su definición.

Rol	Descripción
Personal sanitario	Es el usuario principal de la aplicación. Puede visualizar, modificar o eliminar información de sus pacientes, sus alertas y sus dispositivos.
Paciente	Puede visualizar la información recopilada por sus dispositivos.
Administrador	Se encarga de administrar los diferentes dispositivos que se pueden utilizar dentro la aplicación. Además, será el que dé de alta al personal sanitario y a los otros administradores.

Tabla 7 - Usuarios de la aplicación

4.2.3 Análisis de requisitos

4.2.3.1.1 Requisitos funcionales

En este apartado encontramos una matriz con los requisitos funcionales detectados para el desarrollo del prototipo.

Id	Nombre	Categoría	Descripción
RF-01	Lectura de datos de los sensores	Almacenamiento de datos Lectura	El sistema deberá tener un subsistema para captar los datos de los sensores para poder ser guardados.

RF-02	Telemetría de datos	Almacenamiento de datos Telemetría	El sistema deberá tener un subsistema para enviar teleméricamente los datos de cada sensor a la nube.
RF-03	Insertar datos en una base de datos en tiempo real	Almacenamiento de datos Almacenamiento en tiempo real	El sistema deberá procesar los datos en la nube para almacenarlos en una base de datos NoSQL ⁱⁱⁱ para datos en tiempo real.
RF-04	Insertar datos en una base de datos analítica	Almacenamiento de datos Almacenamiento de datos históricos	El sistema deberá insertar cada un tiempo determinado una media de los datos recolectados en tiempo real en una base de datos analítica.
RF-05	Visualización de datos en tiempo real	Visualización de datos Tiempo real	El sistema deberá mostrar los datos captados de los dispositivos en “tiempo real” tanto al personal sanitario como al paciente.
RF-06	Visualización de los datos históricos de los sensores	Visualización de datos Históricos	El sistema deberá mostrar los datos históricos de los dispositivos tanto al personal sanitario como al paciente.
RF-07	Iniciar sesión	Autenticación Inicio de sesión	Cualquier usuario iniciará sesión en el sistema introduciendo sus credenciales.
RF-08	Recuperar contraseña	Autenticación Recuperar contraseña	Cualquier usuario podrá recuperar su contraseña. Este recibirá un email con un enlace con caducidad a los 15 minutos para crear una nueva contraseña.
RF-09	Cambiar contraseña	Autenticación Cambiar contraseña	Cualquier usuario podrá cambiar su contraseña tras haber iniciado sesión en la aplicación.
RF-10	Cerrar sesión	Autenticación Cerrar sesión.	Cualquier usuario que haya iniciado sesión debe tener la opción de cerrar sesión.

RF-11	Registrar nuevo paciente	Autenticación Nueva cuenta.	El personal sanitario podrá dar de alta a pacientes.
RF-12	Registrar personal sanitario	Autenticación Nueva cuenta.	El administrador podrá dar de alta personal sanitario.
RF-13	Registrar administrador	Autenticación Nueva cuenta.	El administrador podrá dar de baja a un personal sanitario.
RF-14	Registrar administrador	Autenticación Nueva cuenta.	El administrador podrá dar de alta a un administrador.
RF-15	Seleccionar paciente	Administración Seleccionar paciente	El sistema deberá permitir a los médicos seleccionar un paciente para administrar sus datos.
RF-16	Administrar paciente	Configuración de pacientes Administrar paciente	El personal sanitario podrá administrar la información sus pacientes.
RF-17	Administrar dispositivos del paciente	Configuración de pacientes Administrar dispositivos	El personal sanitario podrá administrar los dispositivos del paciente.
RF-18	Administrar personal sanitario del paciente	Configuración de pacientes Administrar personal sanitario	El personal sanitario responsable podrá administrar el resto del personal sanitario del paciente.
RF-19	Transferir paciente	Gestión Transferir paciente	El personal sanitario responsable podrá transferir un paciente a otro personal sanitario.
RF-20	Ver las últimas alertas del paciente	Alertas Visualizar alertas	El personal sanitario podrá ver las alertas más recientes de un paciente.

RF-21	Visualizar perfil del paciente	Visualización Visualizar perfil	Los pacientes deberán poder visualizar los datos de su perfil.
RF-22	Visualizar dispositivos	Visualización Visualizar dispositivos	Los pacientes deberán poder visualizar la configuración de sus dispositivos.
RF-23	Visualizar personal sanitario	Visualización Visualizar personal sanitario	Los pacientes deberán poder visualizar su personal sanitario.
RF-24	Administrar métricas	Administración Métricas	Los administradores deberán poder administrar las métricas.
RF-25	Administrar dispositivos	Administración Dispositivos	Los administradores deberán poder administrar los dispositivos.
RF-27	Administrar claves de los dispositivos	Administración Administrar claves	Los administradores deberán poder administrar las claves públicas y privadas de los sensores. Podrán visualizar la información de estas claves en formato hexadecimal.
RF-28	Transferir pacientes	Gestión Transferir pacientes	El administrador deberá poder transferir todos los pacientes de un personal sanitario a otro de su elección.
RF-29	Enviar mensajes	Comunicación Enviar mensajes	El personal sanitario y los pacientes deberán poder enviarse mensajes dentro de la aplicación.
RF-30	Administrar perfil	Administración Administrar perfil	El personal sanitario y el administrador deberán poder administrar la información de su perfil.
RF-31	Sistema de alertas	Alertas Notificar alerta	El sistema deberá tener un subsistema que envíe una alerta al personal sanitario responsable en caso de haber complicaciones.

Tabla 8 - Requisitos funcionales

4.2.3.1.2 Requisitos no funcionales

En este apartado encontramos una matriz con los no funcionales detectados para el desarrollo del prototipo.

Id	Nombre	Categoría	Descripción
RNF-01	Mensajes de ayuda	Usabilidad	El sistema deberá proporcionar mensaje de error orientativos para todos los usuarios.
RNF-02	Movilidad de la aplicación	Usabilidad	La aplicación web debe poseer un diseño Responsive ^{iv} a fin de garantizar la adecuada visualización en múltiples ordenadores, tablets y teléfonos móviles.
RNF-03	Ayuda del sistema	Usabilidad	El sistema deberá contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
RNF-04	Estilo e interfaces	Usabilidad	El sistema debe poseer interfaces gráficas bien formadas y con un estilo moderno.
RNF-05	Acceso a las diferentes ventanas	Seguridad	Cada usuario solo debe tener acceso a la información designada dependiendo del tipo de rol que desempeñe.

Tabla 9 - Requisitos no funcionales

4.2.4 Casos de uso

Para la captación de requisitos se ha optado por los casos de uso. Los casos de uso representan gráficamente las funcionalidades del sistema junto a los actores que intervienen.

Un caso de uso se compone de los dos siguientes elementos:

- Diagrama gráfico
- Descripción en texto del caso de uso

En este apartado se recogen los casos de uso. Estos recogen todas las funcionalidades del prototipo desarrollado y, además, se puede observar las relaciones entre los diferentes casos de uso y los usuarios.

Los símbolos utilizados para representar gráficamente los casos de uso han sido los siguientes:

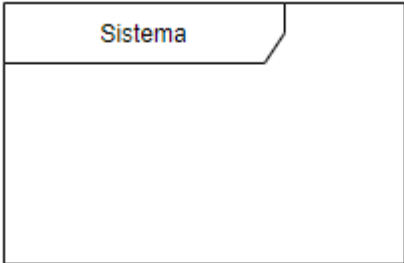

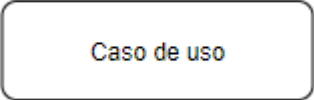
Símbolo	Significado
	<p>El rectángulo representa los límites del sistema que contiene los casos de uso.</p> <p>Los actores se sitúan fuera del sistema.</p>
	<p>Los actores son similares a las entidades externas y existen fuera del sistema.</p> <p>El término actor se refiere a un rol específico de un usuario del sistema.</p>
	<p>Representa el caso de uso.</p>

Tabla 10 - Símbolos de los Casos de Uso

Los símbolos de las relaciones utilizadas son los siguientes:


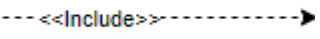
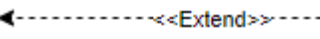
Relación	Símbolo	Significado
Comunica		Conectar un actor con un caso de uso.
Incluye		Un caso de uso contiene un comportamiento común para más de un caso de uso.
Extiende		Un caso de uso distinto maneja las excepciones de un caso de uso básico.

Tabla 11 - Relaciones entre los Casos de Uso

4.2.4.1.1 Casos de uso del sistema de gestión de usuarios

Los casos de uso que se encuentran en este subsistema son:

- CU-IniciarSesión-01
- CU-RcuperarContraseña-02
- CU-CambiarContraseña-03
- CU-CerrarSesión-04
- CU-RegistrarPaciente-05
- CU-RegistrarPersonalSanitario-06

- CU-RegistrarAdministrador-07

En la siguiente figura se muestra un diagrama de casos de uso que representa los casos de uso del subsistema:

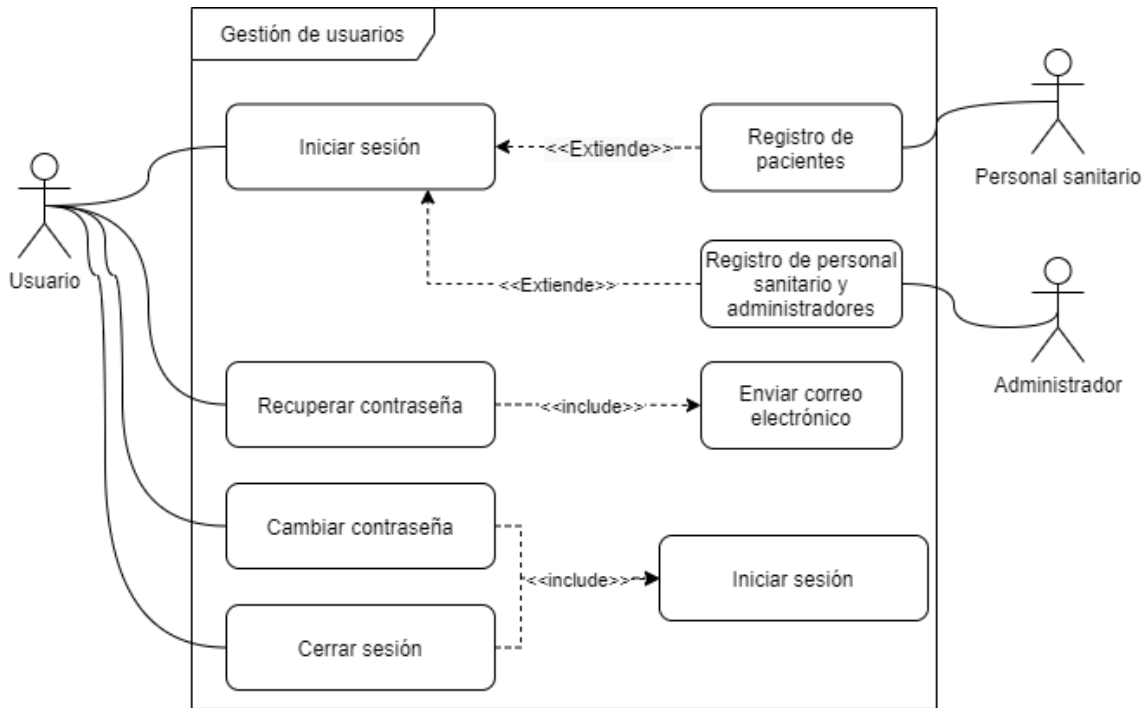


Ilustración 5 - Diagrama de los casos de uso del subsistema de gestión de usuarios

En las siguientes tablas se lleva a cabo la descripción de los casos de uso que contiene este subsistema.

CU-IniciarSesión-01	Iniciar sesión para acceder a la aplicación
Objetivo	Iniciar sesión para tener acceso a las diferentes funcionalidades de la aplicación
Precondiciones	El usuario debe haber sido dado de alta previamente en el sistema.
Postcondiciones	
Condición-final-exitosa	El usuario tiene acceso a la aplicación.
Condición-final-fallida	El usuario no puede iniciar sesión y se vuelven a solicitar sus credenciales.
Actor(es) Primarios	Cualquier tipo de usuario: <ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Personal sanitario

	<ul style="list-style-type: none"> • Paciente 	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario introduce sus credenciales
	2	El usuario pulsa el botón de iniciar sesión.

Tabla 12 - Caso de uso: CU-IniciarSesión-01

CU-RecuperarContraseña-02	Recuperar contraseña	
Objetivo	Crear una nueva contraseña en caso de que al usuario se le haya olvidado la contraseña actual.	
Precondiciones	El usuario debe haber sido dado de alta previamente en el sistema.	
Postcondiciones	Condición-final-exitosa Condición-final-fallida	
	El usuario ha cambiado su contraseña. El enlace del usuario ha caducado o el correo introducido no existe y tiene que volver a realizar el proceso.	
Actor(es) Primarios	Cualquier tipo de usuario: <ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Personal sanitario • Paciente 	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa el botón recuperar contraseña en la página de iniciar sesión.
	2	El usuario introduce su correo electrónico.
	3	El sistema envía un correo electrónico al correo del usuario con un enlace que tiene una duración de 15 minutos para cambiar la contraseña.
	4	El usuario accede a su correo y pulsa sobre el enlace para cambiar su contraseña.
	5	El usuario escribe una nueva contraseña.

	6	El usuario pulsa el botón de aceptar y el sistema cambia su contraseña.
--	---	---

Tabla 13 - Caso de uso: CU-RecuperarContraseña-02

CU-CambiarContraseña-03		Cambiar contraseña	
Objetivo	Cambiar la contraseña actual del usuario.		
Precondiciones	El usuario debe de haber iniciado sesión previamente en el sistema.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Contraseña modificada con éxito.		
Actor(es) Primarios	Cualquier tipo de usuario: <ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Personal sanitario • Paciente 		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario navega a la ventana de su perfil.	
	2	El usuario pulsa el botón de cambiar contraseña.	
	3	El sistema abre una nueva ventana con un formulario para cambiar la contraseña.	
	4	El usuario indica su nueva contraseña.	
	5	El usuario pulsa el botón de cambiar contraseña.	
	6	El sistema modifica la contraseña del usuario y lo regresa a su perfil	

Tabla 14 - Caso de uso: CU-CambiarContraseña-03

CU-CerrarSesión-04		Cerrar sesión	
Objetivo	El usuario cierra sesión en la aplicación.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.		

Postcondiciones		
Condición-final-exitosa	El usuario cierra sesión con éxito.	
Actor(es) Primarios	Cualquier tipo de usuario: <ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Personal sanitario • Paciente 	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre el botón cerrar sesión.
	2	El sistema cierra la sesión y redirige al usuario a la ventana de iniciar sesión.

Tabla 15 - Caso de uso: CU-CerrarSesión-04

CU-RegistrarPaciente-05	Registrar paciente	
Objetivo	El usuario registra un nuevo paciente dentro de la aplicación.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.	
Postcondiciones		
Condición-final-exitosa	Se ha creado un nuevo paciente.	
Condición-final-fallida	Ya existe un usuario con el mismo teléfono y/o correo electrónico y se vuelve a solicitar uno diferente.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa el botón de registrar nuevo paciente desde la página de inicio.
	2	El usuario introduce los datos personales del paciente.
	3	El usuario configura los dispositivos del paciente.
	4	El usuario crea las alarmas compuestas necesarias para el paciente.

	5	El usuario asigna qué otro personal sanitario tendrá acceso al paciente y con qué permisos.
	6	El usuario pulsa sobre el botón de registrar.
	7	El sistema registra al nuevo personal sanitario.
	8	El sistema muestra un aviso de personal sanitario creado con éxito.

Tabla 16 - Caso de uso: CU-RegistrarPaciente-05

CU-RegistrarPersonalSanitario-06		Registrar personal sanitario	
Objetivo	El administrador registra un nuevo personal sanitario en la aplicación.		
Precondiciones	El administrador debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones	Condición-final-exitosa Condición-final-fallida		
	El administrador ha creado un nuevo personal sanitario. Ya existe un usuario con el mismo teléfono y/o correo electrónico y se vuelve a solicitar uno diferente.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El administrador accede a la página de configuración del personal sanitario.	
	2	El administrador pulsa sobre crear nuevo personal sanitario.	
	3	El administrador introduce los datos personales del personal sanitario.	
	4	El administrador pulsa sobre el botón de registrar.	

Tabla 17 - Caso de uso: CU-RegistrarPersonalSanitario-06

CU-RegistrarAdministrador-07		Registrar administrador	
Objetivo	El administrador registra un nuevo administrador en la aplicación.		
Precondiciones	El administrador debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones	Condición-final-exitosa El administrador ha creado un nuevo administrador. Condición-final-fallida Ya existe un usuario con el mismo teléfono y/o correo electrónico y se vuelve a solicitar uno diferente.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El administrador pulsa sobre el botón crear nuevo administrador.	
	2	El administrador introduce los datos personales del nuevo administrador.	
	3	El administrador pulsa sobre el botón de registrar.	
	4	El sistema registra al administrador.	
	5	El sistema muestra un aviso de que el administrador se ha creado correctamente.	

Tabla 18 - Caso de uso: CU-RegistrarAdministrador-07

4.2.4.1.2 Casos de uso del sistema de gestión de pacientes

Los casos de uso que se encuentran en este subsistema son:

- CU-SeleccionarPaciente-08
- CU-ModificarPaciente-09
- CU-EliminarPaciente-10
- CU-VisualizarDispositivosPaciente-11
- CU-AñadirDispositivosPaciente-12
- CU-ModificarDispPaciente-13
- CU-EliminarDispPaciente-14
- CU-VisualizarAlertas-15
- CU-AñadirAlertas-16
- CU-ModificarAlertas-17

- CU-EliminarAlertas-18
- CU-VisualizarPerSanPaciente-19
- CU-AñadirPerSanPaciente-20
- CU-ModificarPerSanPaciente-21
- CU-EliminarPerSanPaciente-22
- CU-TransferirPaciente-23

En la siguiente figura se muestra un diagrama de casos de uso que representa los casos de uso del subsistema:

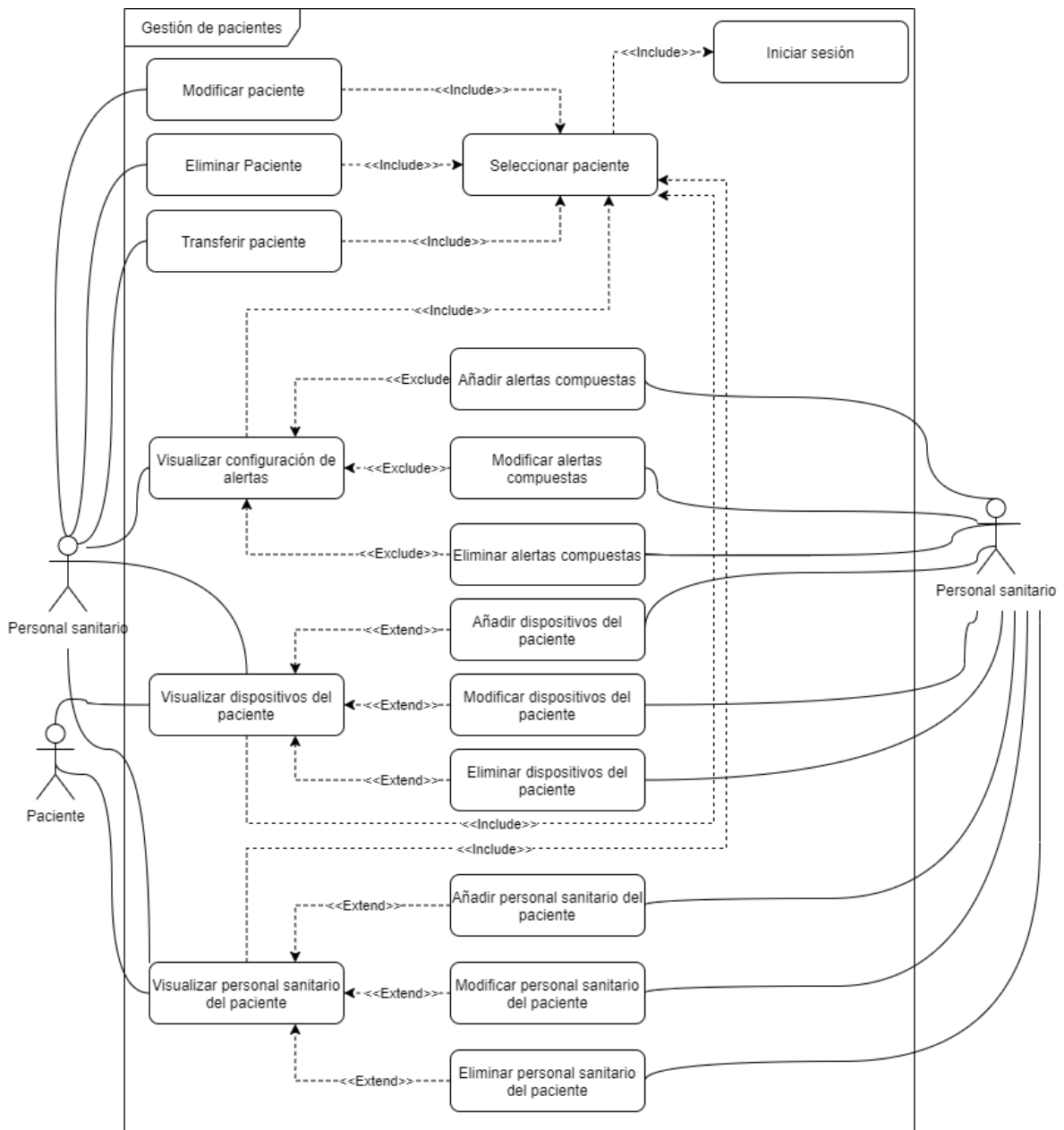


Ilustración 6- Diagrama de los casos de uso del subsistema de gestión de pacientes

En las siguientes tablas se lleva a cabo la descripción de los casos de uso que contiene este subsistema.

CU-SeleccionarPaciente-08	Seleccionar paciente.	
Objetivo	El usuario selecciona el paciente con el que desea interactuar.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	El paciente es seleccionado.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario se sitúa sobre la página principal de la aplicación.
	2	El usuario visualiza una lista con sus pacientes y otra lista de los otros pacientes a los que tiene acceso.
	3	El usuario pulsa sobre el paciente con el que desea interactuar.
	4	El sistema selecciona el paciente y abre la página principal de configuración del paciente.

Tabla 19 - Caso de uso: CU-SeleccionarPaciente-08

CU-ModificarPaciente-09	Modificar perfil del paciente.	
Objetivo	El usuario modifica los datos del perfil del paciente.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. El usuario debe haber seleccionado el paciente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa Condición-final-fallida	El perfil del paciente se ha modificado. Ya existe un usuario con el mismo teléfono y/o correo electrónico y se vuelve a solicitar uno diferente.	

Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre el botón de modificar paciente.
	2	El usuario modifica los datos del paciente.
	3	El usuario pulsa sobre el botón de aceptar.
	4	El sistema modifica los datos del paciente.
	5	El sistema muestra un aviso de paciente modificado con éxito.

Tabla 20 - Caso de uso: CU-ModificarPaciente-09

CU-EliminarPaciente-10	Eliminar paciente.	
Objetivo	El usuario elimina un paciente de la aplicación.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. El usuario debe haber seleccionado el paciente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	El paciente se ha eliminado.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre el botón de eliminar paciente.
	2	El sistema muestra un aviso preguntándole al usuario si está seguro de que desea eliminar el paciente.
	3	El usuario pulsa el botón de aceptar.
	4	El sistema elimina todos los datos relacionados del paciente.

	5	El sistema vuelve a la página inicial y muestra un aviso de paciente eliminado con éxito.
--	---	---

Tabla 21 - Caso de uso: CU-EliminarPaciente-10

CU-VisualizarDispositivosPaciente-11		Visualizar dispositivos del paciente	
Objetivo	El usuario visualiza los dispositivos dados de alta del paciente.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. En caso de ser personal sanitario el usuario debe de haber seleccionado el paciente previamente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Se visualizan los dispositivos del paciente.		
Actor(es) Primarios	Personal sanitario Paciente		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario pulsa sobre el botón ver dispositivos.	
	2	El sistema abre una nueva pestaña y muestra los dispositivos del paciente.	
	3	El usuario visualiza los dispositivos.	

Tabla 22 - Caso de uso: CU-VisualizarDispositivosPaciente-11

CU-AñadirDispositivoPaciente-12		Añadir un nuevo dispositivo al paciente	
Objetivo	El usuario añade un nuevo dispositivo al paciente.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. El usuario debe haber seleccionado el paciente. El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Dispositivo añadido con éxito.		

Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre añadir nuevo sensor.
	2	El usuario selecciona el nuevo sensor.
	3	El usuario customiza el sensor en función de las necesidades del paciente.
	4	El usuario pulsa sobre el botón añadir.
	5	El sistema añade el nuevo sensor del paciente.
	6	El sistema muestra un aviso de sensor añadido con éxito.

Tabla 23 - Caso de uso: CU-AñadirDispositivoPaciente-12

CU-ModificarDispPaciente-13	Modificar los dispositivos de un paciente	
Objetivo	El usuario modifica la configuración de los dispositivos de un paciente.	
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber seleccionado el paciente.</p> <p>El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.</p>	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Dispositivos modificados con éxito.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario modifica la configuración de los dispositivos.
	2	El usuario pulsa sobre el botón de confirmar modificaciones.

	3	El sistema modifica los dispositivos.
	4	El sistema muestra un aviso de dispositivos modificados con éxito.

Tabla 24 - Caso de uso: CU-ModificarDispPaciente-13

CU-EliminarDispPaciente-14	Eliminar los dispositivos de un paciente	
Objetivo	El usuario elimina los dispositivos de un paciente.	
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber seleccionado el paciente.</p> <p>El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.</p>	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Dispositivos eliminados con éxito.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario elimina los dispositivos que desee.
	2	El usuario pulsa sobre el botón de eliminar dispositivos.
	3	El sistema elimina los dispositivos.
	4	El sistema muestra un aviso de dispositivos eliminados con éxito.

Tabla 25 - Caso de uso: CU-EliminarDispPaciente-14

CU-VisualizarAlertas-15	Visualizar alertas compuestas
Objetivo	El usuario visualiza las alertas compuestas del paciente.
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber añadido los dispositivos del paciente previamente.</p>

	El usuario debe de haber seleccionado el paciente previamente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Se visualizan las alertas compuestas.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre el botón configuración de alertas dentro del perfil del paciente.
	2	El sistema abre una nueva pestaña y muestra las alertas del paciente.
	3	El usuario visualiza las alertas.

Tabla 26- Caso de uso: CU-VisualizarAlertas-15

CU-AñadirAlerta-16	Añadir una alerta compuesta al paciente	
Objetivo	El usuario añade una nueva alerta al paciente.	
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber seleccionado el paciente.</p> <p>El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.</p>	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Alerta añadida con éxito.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre añadir nueva alerta.
	2	El usuario customiza la alerta en función de las necesidades del paciente.
	3	El usuario pulsa sobre el botón añadir alerta.

	4	El sistema añade la nueva alerta del paciente
	5	El sistema muestra un aviso de alerta añadida con éxito

Tabla 27- Caso de uso: CU-AñadirAlerta-16

CU-ModificarAlertas-17	Modificar alertas compuestas	
Objetivo	El usuario modifica las alertas de un paciente.	
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber seleccionado el paciente.</p> <p>El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.</p>	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Alerta modificada con éxito.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario customiza las alertas en función de las necesidades del paciente.
	2	El usuario pulsa sobre el botón modificar alertas.
	3	El sistema modifica las alertas del paciente.
	4	El sistema muestra un aviso de alertas modificadas con éxito.

Tabla 28 - Caso de uso: CU-ModificarAlertas-17

CU-EliminarAlertas-18	Eliminar alertas compuestas	
Objetivo	El usuario elimina las alertas de un paciente.	
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber seleccionado el paciente.</p> <p>El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.</p>	

Postcondiciones Condición-final-exitosa	Alertas eliminadas.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario elimina las alertas que desee.
	2	El usuario pulsa el botón de confirmar para eliminar las alertas.
	3	El sistema elimina las alertas.
	4	El sistema muestra un aviso de alertas eliminadas con éxito.

Tabla 29 - Caso de uso: CU-EliminarAlertas-18

CU-VisualizarPerSanPaciente-19	Visualizar personal sanitario del paciente	
Objetivo	El usuario visualiza el personal sanitario del paciente.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Se visualiza el personal sanitario del paciente.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario Paciente	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre el botón visualizar personal sanitario.
	2	El sistema abre una nueva pestaña y muestra el personal sanitario del paciente.
	3	El usuario visualiza el personal sanitario.

Tabla 30 - Caso de uso: CU-VisualizarPerSanPaciente-19

CU-AñadirPerSanPaciente-20	Añadir personal sanitario a un paciente	
Objetivo	El usuario añade una nueva alerta al paciente.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. El usuario debe haber seleccionado el paciente. El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Personal sanitario añadido con éxito.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre añadir nuevo personal sanitario.
	2	El usuario selecciona el personal sanitario y sus permisos.
	3	El usuario pulsa sobre el botón añadir personal sanitario.
	4	El sistema añade el nuevo personal sanitario del paciente
	5	El sistema muestra un aviso de personal sanitario añadido con éxito

Tabla 31 - Caso de uso: CU-AñadirPerSanPaciente-19

CU-ModificarPerSanPaciente-21	Modificar personal sanitario de un paciente	
Objetivo	El usuario modifica el personal sanitario de un paciente.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. El usuario debe haber seleccionado el paciente. El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.	

Postcondiciones Condición-final-exitosa	Personal sanitario modificado con éxito.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario modifica el personal sanitario del paciente.
	2	El usuario pulsa sobre el botón modificar personal sanitario.
	3	El sistema modifica el personal sanitario del paciente.
	4	El sistema muestra un aviso de personal sanitario modificado con éxito.

Tabla 32 - Caso de uso: CU-ModificarPerSanPaciente-21

CU-EliminarPerSanPaciente-22	Eliminar personal sanitario de un paciente	
Objetivo	El usuario elimina el personal sanitario de un paciente.	
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber seleccionado el paciente.</p> <p>El usuario debe tener permisos para poder modificar los datos del paciente.</p>	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Personal sanitario eliminado.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario elimina el personal sanitario que desee.
	2	El usuario pulsa el botón de confirmar para eliminar al personal sanitario.
	3	El sistema elimina el personal sanitario del paciente.

	4	El sistema muestra un aviso de alertas personal sanitario eliminado con éxito.
--	---	--

Tabla 33 - Caso de uso: CU-EliminarPerSanPaciente-22

CU-TransferirPaciente-23	Transferir paciente	
Objetivo	El usuario transfiere el paciente a otro personal sanitario.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. El usuario debe haber seleccionado el paciente. El usuario debe ser el personal sanitario principal del paciente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Paciente transferido.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre el botón transferir paciente.
	2	El sistema abre un Popup con el diferente personal sanitario de la aplicación.
	3	El usuario selecciona el personal sanitario al que desea transferir un paciente.
	4	El usuario pulsa el botón de transferir.
	5	El sistema transfiere el paciente.
	6	El sistema vuelve a la página de inicio y elimina el paciente de la lista de pacientes del usuario.

Tabla 34 - Caso de uso: CU-TransferirPaciente-23

4.2.4.1.3 Casos de uso del sistema de visualización de datos

Los casos de uso que se encuentran en este subsistema son:

- CU-VisualizarTiempoReal-24
- CU-VisualizarHistóricos-25
- CU-VisualizarÚltimasAertas-26

En la siguiente figura se muestra un diagrama de casos de uso que representa los casos de uso del subsistema:

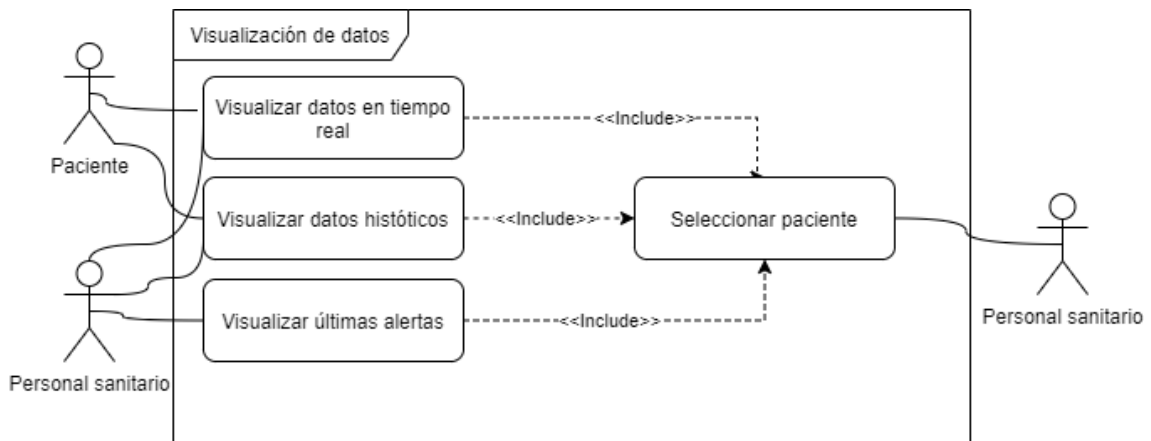


Ilustración 7 - Diagrama de los casos de uso del subsistema de visualización de datos

En las siguientes tablas se lleva a cabo la descripción de los casos de uso que contiene este subsistema.

CU-VisualizarTiempoReal-24	Visualizar datos en tiempo real
Objetivo	El usuario visualiza los datos captados por los dispositivos en “tiempo real”.
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. El usuario debe haber añadido los dispositivos del paciente previamente. En el caso de que el usuario sea un personal sanitario este debe haber seleccionado el paciente previamente.
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Se visualizan los datos de los dispositivos en tiempo real.
Actor(es) Primarios	Personal sanitario Paciente
Descripción	Paso Acción
	1 El usuario selecciona los dispositivos.
	2 El sistema solicita los datos cada X tiempo y los grafica.

	3	El usuario visualiza los datos que se van graficando.
--	---	---

Tabla 35 - Caso de uso: CU-VisualizarTiempoReal-24

CU-VisualizarHistóricos-25		Visualizar datos históricos	
Objetivo	El usuario visualiza los datos históricos captados por los dispositivos.		
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber añadido los dispositivos del paciente previamente.</p> <p>En el caso de que el usuario sea El usuario este debe haber seleccionado el paciente previamente.</p>		
Postcondiciones	Se visualizan los datos históricos.		
Actor(es) Primarios	<p>Personal sanitario</p> <p>Paciente</p>		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario selecciona los dispositivos.	
	2	El usuario indica el periodo de tiempo en el que desea visualizar los datos captados por los dispositivos.	
	3	El sistema carga la información solicitada por el usuario y la gráfica.	
	4	El usuario visualiza los datos.	

Tabla 36 - Caso de uso: CU-VisualizarHistóricos-25

CU-VisualizarUltimasAlertas-26		Visualizar últimas alertas del paciente	
Objetivo	El usuario visualiza las últimas alertas de un paciente.		
Precondiciones	<p>El usuario debe haber iniciado sesión previamente.</p> <p>El usuario debe haber seleccionado el paciente.</p>		

Postcondiciones		
Condición-final-exitosa	Se visualizan las últimas alertas del paciente.	
Actor(es) Primarios	Personal sanitario	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre el botón ver alertas.
	2	El sistema abre un Popup con las últimas alertas del paciente.
	3	El usuario visualiza las alertas.

Tabla 37 - Caso de uso: CU-VisualizarUltimasAlertas-26

4.2.4.1.4 Casos de uso del sistema de administración

Los casos de uso que se encuentran en este subsistema son:

- CU-VisualizarMétricas-27
- CU-AñadirMétricas-28
- CU-ModificarMétricas-29
- CU-EliminarMétricas-30
- CU-VisualizarDispositivos-31
- CU-Añadir Dispositivo-32
- CU-ModificarDispositivo-33
- CU-EliminarDispositivo-34
- CU-CambiarCertificadosDispositivo-35
- CU-VisualizarPerSanitario-36
- CU-TransferirPacientes-37
- CU-EliminarPerSaniatario-38

En la siguiente figura se muestra un diagrama de casos de uso que representa los casos de uso del subsistema:

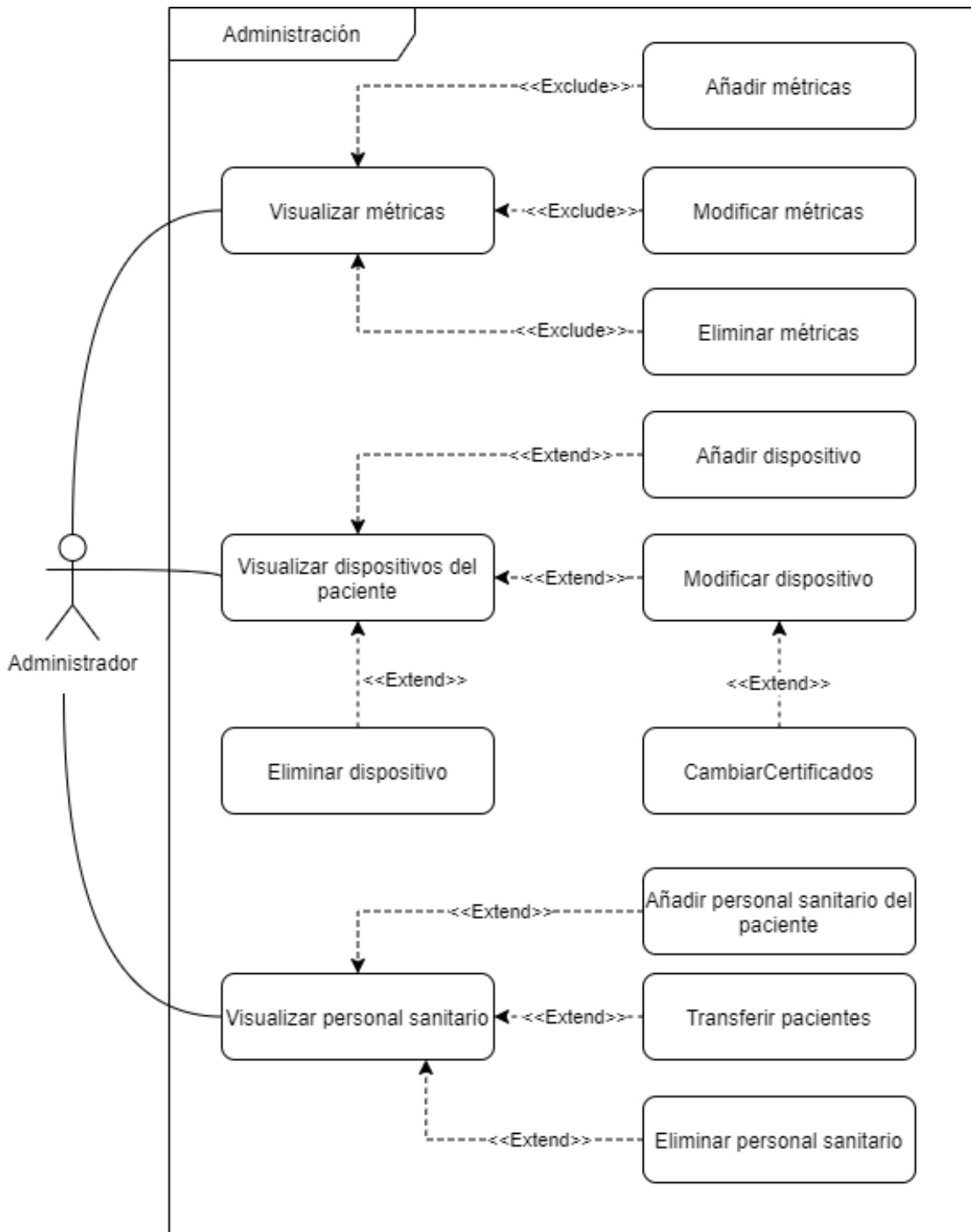


Ilustración 8 - Diagrama de los casos de uso del subsistema de gestión de administración

En las siguientes tablas se lleva a cabo la descripción de los casos de uso que contiene este subsistema.

CU-VisualizarMétricas-27		Visualizar métricas	
Objetivo	El usuario visualiza las métricas dadas de alta en la aplicación.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Se visualizan las métricas dadas de alta en la aplicación.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario pulsa sobre el botón visualizar métricas.	
	2	El sistema abre una nueva pestaña y muestra las métricas disponibles.	
	3	El usuario visualiza las métricas del sistema.	

Tabla 38 - Caso de uso: CU-VisualizarMétricas-27

CU-AñadirMétricas-28		Añadir métricas	
Objetivo	El usuario añade una nueva métrica en la aplicación.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Métrica añadida con éxito.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario pulsa sobre añadir nueva métrica.	
	2	El usuario introduce el nombre de la métrica.	
	3	El sistema añade la métrica y muestra un aviso de métrica añadida con éxito.	

Tabla 39 - Caso de uso: CU-AñadirMétricas-28

CU-ModificarMétricas-29		Modificar métricas	
Objetivo	El usuario modifica el personal sanitario de un paciente.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Métricas modificadas con éxito.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario modifica las métricas.	
	2	El usuario pulsa sobre el botón modificar.	
	3	El sistema modifica las métricas.	
	4	El sistema muestra un aviso de métricas modificadas con éxito.	

Tabla 40- Caso de uso: CU-ModificarMétricas-29

CU-EliminarMétricas-30		Eliminar métricas	
Objetivo	El usuario elimina las métricas que desee del sistema.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Métricas eliminadas con éxito.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario elimina las métricas que desee.	
	2	El usuario pulsa el botón de eliminar.	
	3	El sistema elimina las métricas y muestra un aviso de métricas modificadas con éxito	

Tabla 41 - Caso de uso: CU-EliminarMétricas-30

CU-VisualizarDispositivos-31		Visualizar dispositivos	
Objetivo	El usuario visualiza los dispositivos dados de alta en la aplicación.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Se visualizan los dispositivos.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario pulsa sobre el botón visualizar dispositivos.	
	2	El sistema abre una nueva pestaña y muestra los dispositivos disponibles.	
	3	El usuario visualiza los dispositivos del sistema.	

Tabla 42 - Caso de uso: CU-VisualizarDispositivos-31

CU-AñadirDispositivo-32		Añadir dispositivo	
Objetivo	El usuario añade un nuevo dispositivo en la aplicación.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Dispositivo añadido con éxito.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario pulsa sobre añadir nuevo dispositivo.	
	2	El usuario introduce los datos del dispositivo.	
	3	El sistema añade el dispositivo y muestra un aviso de dispositivo añadido con éxito.	

Tabla 43 - Caso de uso: CU-AñadirDispositivo-32

CU-ModificarDispositivo-33		Modificar dispositivo	
Objetivo	El usuario modifica los datos de un dispositivo.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Dispositivo modificado con éxito		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario modifica el dispositivo.	
	2	El usuario pulsa sobre el botón aceptar.	
	3	El sistema modifica el dispositivo.	
	4	El sistema muestra un aviso de dispositivos modificados con éxito.	

Tabla 44 - Caso de uso: CU-ModificarDispositivo-33

CU-EliminarDispositivo-34		Eliminar dispositivo	
Objetivo	El usuario elimina un dispositivo del sistema.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Dispositivo eliminado con éxito.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario pulsa el botón de eliminar en el dispositivo que desee.	
	2	El sistema abre un Popup para avisar al usuario si está seguro de que desea eliminar el sensor.	
	3	El usuario pulsa el botón de aceptar.	

	4	El sistema elimina el dispositivo y muestra un aviso de dispositivo eliminado con éxito.
--	---	--

Tabla 45 - Caso de uso: CU-EliminarDispositivo-34

CU-CambiarCertificados-35	Cambiar certificados de un dispositivo	
Objetivo	El usuario cambia los certificados de un dispositivo.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Certificados cambiados con éxito.	
Actor(es) Primarios	Administrador	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre modificar el dispositivo.
	2	El usuario va a la pestaña certificados.
	3	El usuario pulsa el botón de cambiar certificados.
	4	El sistema modifica los certificados.
	5	El sistema muestra los nuevos certificados.

Tabla 46 - Caso de uso: CU-CambiarCertificados-35

CU-VisualizarPerSanitario-36	Visualizar personal sanitario	
Objetivo	El usuario visualiza el personal sanitario dado de alta en la aplicación.	
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Se visualizan el personal sanitario de la aplicación.	
Actor(es) Primarios	Administrador	
Descripción	Paso	Acción

	1	El usuario pulsa sobre el botón personal sanitario.
	2	El sistema abre una nueva pestaña y muestra el personal sanitario disponible.
	3	El usuario visualiza el personal sanitario del sistema.

Tabla 47 - Caso de uso: CU-VisualizarPerSanitario-36

CU-TransferirPacientes-37		Transferir pacientes	
Objetivo	El usuario transfiere todos los pacientes de un personal sanitario a otro.		
Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente.		
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Pacientes transferidos con éxito.		
Actor(es) Primarios	Administrador		
Descripción	Paso	Acción	
	1	El usuario pulsa sobre el botón transferir pacientes dentro del personal sanitario.	
	2	El sistema abre un Popup con el personal sanitario de la aplicación.	
	3	El usuario selecciona el personal sanitario al que se le van a transferir los pacientes.	
	4	El usuario pulsa el botón de aceptar.	
	5	El sistema transfiere los pacientes.	
	6	El sistema muestra un aviso de pacientes transferidos con éxito.	

Tabla 48 - Caso de uso: CU-TransferirPacientes-37

CU-EliminarPerSanitario-38		Eliminar personal sanitario	
Objetivo	El usuario elimina el personal sanitario que desee del sistema.		

Precondiciones	El usuario debe haber iniciado sesión previamente. El personal sanitario que se vaya a eliminar no puede tener pacientes a su mando.	
Postcondiciones Condición-final-exitosa	Personal sanitario eliminado con éxito.	
Actor(es) Primarios	Administrador	
Descripción	Paso	Acción
	1	El usuario pulsa sobre el botón eliminar en el personal sanitario.
	2	El sistema abre un Popup para que el usuario confirme que quiere seguir con la eliminación.
	3	El usuario pulsa sobre eliminar.
	4	El sistema elimina al personal sanitario.
	5	Se muestra un aviso de personal sanitario eliminado con éxito.

Tabla 49 - Caso de uso: CU-EliminarPerSanitario-38

4.2.5 Diagrama de clases

El diagrama de clases se utiliza para visualizar las relaciones entre las clases que involucran el sistema.

Una clase es una descripción de conjunto de objetos que comparten los mismos atributos, operaciones, métodos, relaciones y semántica; mostrando un conjunto de elementos que son estáticos.

Un diagrama de clases está compuesto por los siguientes elementos:

- **Clase:** atributos, métodos y visibilidad.
- **Relaciones:** Herencia, composición, agregación, asociación y uso.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de clases (sin los métodos) utilizado para el desarrollo del prototipo.

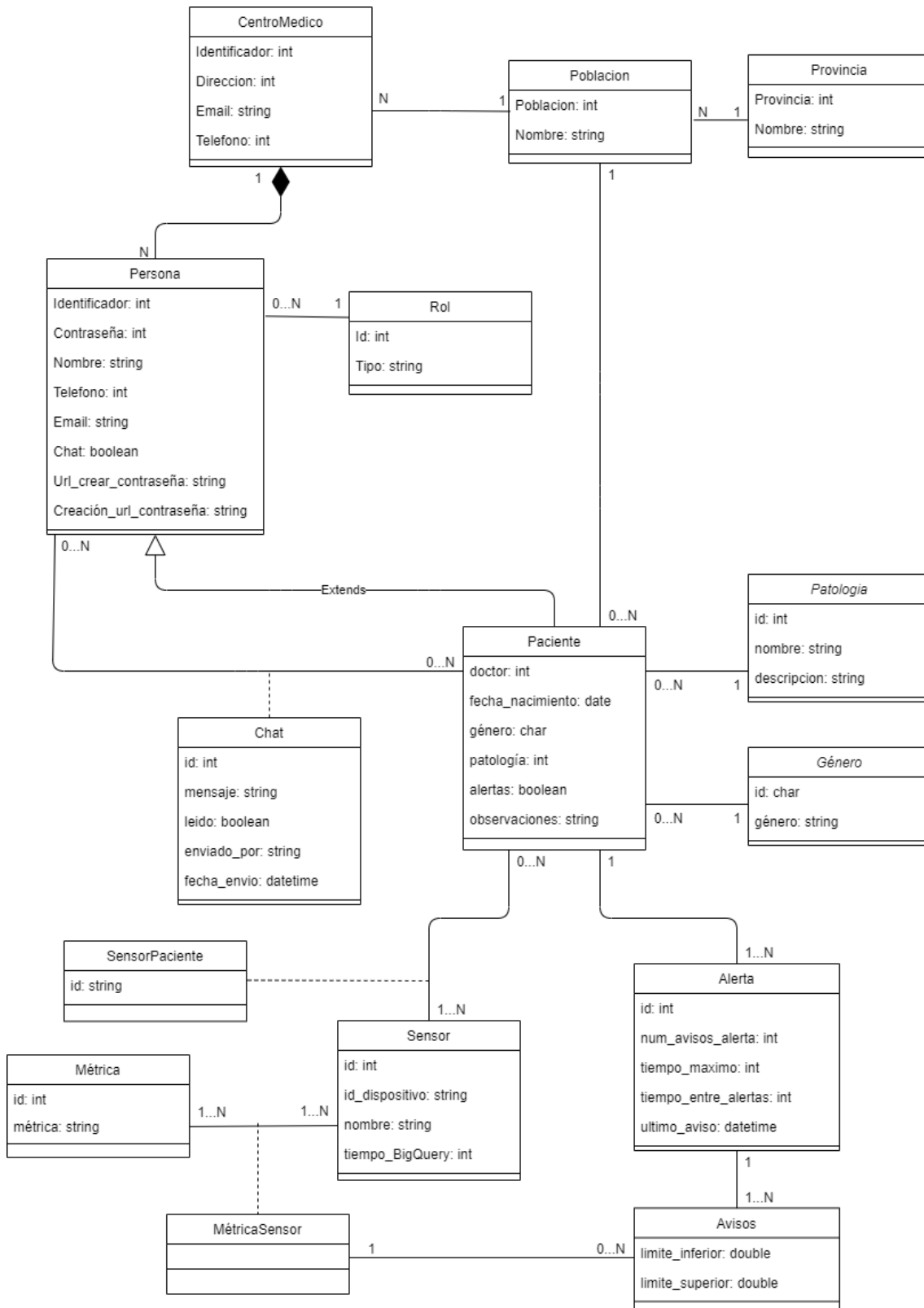


Tabla 50 – Diagrama de clases

Los métodos de cada clase son las siguientes:

- **Centro Médico**
 1. obtenerCentroMédico(): devuelve la información del centro médico.
- **Provincia**
 1. obtenerProvincias(): devuelve un array con las provincias
- **Población**
 1. obtenerPoblaciones(id_provincia): devuelve un array con las poblaciones de una provincia
- **Persona**
 1. obtenerUsuario(id_usuario): devuelve un objeto con la información de un paciente.
 2. añadirUsuario(nuevo_usuario)
 3. modificarUsuario(usuario_modificado)
 4. eliminarUsuario(id_usuario)
 5. obtenerPersonalSanitario(): devuelve un array con el personal sanitario dado de alta en la aplicación.
- **Paciente**
 1. obtenerPaciente(id_paciente): devuelve un objeto con la información del paciente.
 2. añadirPaciente(nuevo_paciente)
 3. modificarPaciente(paciente_modificado)
 4. eliminarPaciente(id_paciente)
 5. transferirPaciente(id_paciente)
- **PersonalSanitario_Paciente**
 1. obtenerPersonalSanitario(id_paciente): devuelve un objeto con el personal sanitario de un paciente.
 2. añadirPersonalSanitario(id_paciente, id_personal_sanitario, permisos, chat)
 3. modificarPersonalSanitario(id_paciente, id_personal_sanitario, permisos, chat)
 4. eliminarPersonalSanitario(id_paciente, id_personal_sanitario)
- **Género**
 1. obtenerGeneros(): devuelve un array con los géneros disponibles.
- **Chat**
 1. nuevoMensaje(id_paciente, id_personal_sanitario, mensaje, enviado_por)
 2. obtenerMensajes(id_paciente, Array<recibido_por, ultima_fecha_leida>): devuelve un array con todos los mensajes del paciente a partir de la última fecha leída de cada conversación.
 3. obtenerMensajesAnteriores(id_paciente, id_personal_sanitario, ultima_fecha): devuelve un array con los últimos 50 mensajes hasta la última fecha indicada.
- **Sensor**
 1. obtenerSensores(): devuelve un objeto con los sensores dados de alta en la aplicación.
 2. añadirSensor(nuevo_sensor)

3. `modificarSensor(sensor_modificado)`
 4. `eliminarSensor(id_sensor)`
 5. `cambiarCertificados(id_sensor)`
- **SensorPaciente**
 1. `obtenerSensoresDelPaciente(id_paciente)`: devuelve un array con los sensores del paciente.
 2. `añadirSensorDelPaciente(id_paciente, nuevo_sensor)`
 3. `modificarSensoresDelPaciente(sensores_modificados)`
 4. `eliminarSensoresPaciente(id_paciente, ids_sensores)`
 5. `obtenerDatosTiempoReal(id_paciente, Array<id_sensor, ultima_fecha>)`: devuelve un array con los datos recopilados en “tiempo real” de los sensores indicados.
 6. `obtenerDatsHistoricos(id_sensor, Array<id_sensor>, fecha_inicio, ultima_fecha)`: devuelve un array con los datos históricos de los sensores en el rango de fecha indicado.
 - **Métrica**
 1. `obtenerMetricas(id_metrica)`: devuelve un objeto con un array de las métricas disponibles en la aplicación.
 2. `añadirMetrica (nueva_metrica)`
 3. `modificarMetricas(metricas_modificadas)`
 4. `eliminar Métricas (id_metrica)`
 - **Alertas**
 1. `obtenerAlertas(id_paciente)`: devuelve un objeto con un array de las alertas de un paciente.
 2. `añadirAlerta(id_paciente, nueva_alerta)`
 3. `modificarAlertas(id_paciente, alertas_modificadas)`
 4. `eliminarAlertas(id_paciente, ids_alertas)`

4.2.6 Elección tecnológica

En este punto se va a explicar justificadamente la elección de las tecnologías, librerías y herramientas para el desarrollo del prototipo y la memoria.

4.2.6.1 Desarrollo del prototipo

Por un lado, la aplicación móvil se va a desarrollado con Cordova y la aplicación web con Angular y Laravel. Pero ¿por qué se han elegido estos frameworks?

- **Angular**: Es un framework opensource para facilitar la creación y programación de aplicaciones web. Entre las ventajas por las cuales se ha decidido utilizar este framework encontramos: Typescript7 como lenguaje de programación; diseño MVC, reusabilidad de componentes y flexibilidad en cuanto a la plataforma para la que desarrollar.
- **Laravel**: Es un framework opensource para el desarrollo web.
En este caso, al cliente se le ofreció la posibilidad de desarrollar la aplicación con este framework o con un framework de Microsoft llamado ASP.NET. Finalmente, el cliente

optó por Laravel como la opción más conveniente porque era el que mejor se ajustaba económicamente a sus necesidades.

- **Cordova:** Marco de desarrollo móvil de código abierto. Permite utilizar tecnologías web estándar: HTML5, CSS3 y JavaScript para el desarrollo multiplataforma. La razón por la que se ha elegido Cordova es porque se puede utilizar el desarrollo de Angular para generar una aplicación móvil a través de Cordova.

Por otro lado, para la captación y almacenamiento de los datos recopilados por los sensores apostamos por el uso de Google Cloud Platform. Esta elección se llevó a cabo por los diferentes integrantes del grupo de investigación, porque se ajustaba económicamente a nuestras necesidades y partíamos del conocimiento de algunos integrantes sobre el uso de esta plataforma. Dentro de Google Cloud Platform se utilizan las siguientes tecnologías:

- **Pub/Sub:** Es un servicio de mensajería asíncrona. Ofrece el almacenamiento y entrega de mensajes en tiempo real y un rendimiento constante a escala.
En este prototipo se ha considerado el uso de Pub/Sub porque la entrega de datos está garantizada gracias a que tiene varios puntos de control, es decir, cuando la plataforma de destino no está disponible Pub/Sub volverá a intentar procesar los datos para poder entregarlos a su destino.
- **Cloud Functions:** Se utiliza para crear aplicaciones sin servidores dentro de la infraestructura de Google que den respuesta a la demanda de eventos que puedan ocurrir en cualquier lugar. Actualmente se ha apostado el uso de Cloud Functions porque pagas únicamente por lo que usas y es ideal para soluciones pequeñas.
- **Firestore:** Es una base de datos NoSQL, flexible y escalable para el almacenamiento de datos en tiempo real a la que pueden acceder directamente aplicaciones móviles y webs.
- **BigQuery:** Es una base de datos analítica de bajo coste y totalmente administrada que permite extraer analíticas de petabytes de datos.
- **Cloud Scheduler:** A través del uso de Cloud Scheduler, podemos programar la ejecución de prácticamente cualquier trabajo. En el desarrollo del proyecto era necesario la ejecución cada cierto tiempo de una función de Cloud Functions que se encarga de insertar la media de los datos de los últimos minutos en BigQuery.

Por último, en Google Cloud también se ha creado una instancia de MySQL para alojar la base de datos relacional con la información de los pacientes. Hay que tener en cuenta que, al poner el prototipo en un hospital, alojar la base de datos en la nube tal vez no sea lo adecuado por temas de privacidad y confidencialidad de los datos de los médicos de los pacientes.

4.2.6.2 Control de versiones

Para el control de versiones se ha utilizado Git. Este es un sistema de control de versiones de código abierto y gratuito para el desarrollo software.

Para el uso de Git se podría optar por utilizar directamente la terminal de comandos, sin embargo, para el desarrollo de este prototipo se ha considerado que era necesario gestionar Git con interfaces gráficas de usuario y es por lo que se ha optado por el uso de GitKraken.

4.2.6.2.1 GitKraken

GitKraken es un excelente cliente de Git multiplataforma para escritorio. El uso de esta herramienta se caracteriza principalmente por las siguientes ventajas:

- Se puede integrar con la cuenta de GitHub del usuario.
- Aspecto visual amigable e intuitivo.
- Facilita el uso eficiente y confiable de Git.
- Posibilidad de utilizar G Boards, para gestionar las tablas de tareas creadas para realizar el prototipo.

4.2.6.3 Documentación

4.2.6.3.1 Creación de diagramas

Para crear los diferentes diagramas necesarios para la memoria del proyecto se ha optado por el uso de *draw.io*.

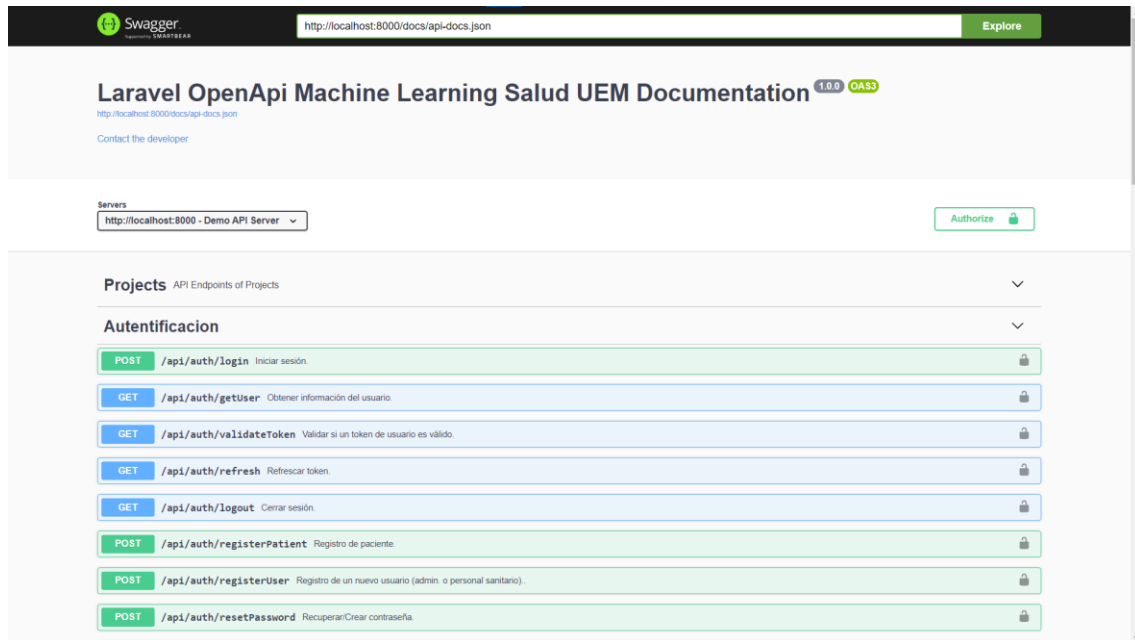
Draw.io es un software para hacer diagramas y gráficos. Este software permite elegir entre una función de diseño automático o crear un diseño personalizado. Una de las ventajas que destacan es la gran cantidad de formas y elementos visuales disponibles para hacer un diagrama. Además, el uso es muy intuitivo gracias a la función de arrastrar y soltar elementos.

4.2.6.3.2 Documentación de la API

Para la documentación de la API creada con Laravel se ha optado por el uso de *Swagger*.

Swagger es un conjunto de herramientas de código abierto creadas en torno a la especificación OpenApi que nos ha ayudado a documentar y consumir APIs REST de manera sencilla.

El paquete de Swagger que se ha utilizado en el desarrollo del prototipo es *darkaonline/15-swagger* que depende de otro llamado *zircote/swagger-php*.



4.2.7 Arquitectura de la solución

En este apartado se va a llevar a realizar la definición de la arquitectura general de la solución desarrollada. Esta está basada en un modelo cliente/servidor.

4.2.7.1 Esquema de funcionamiento

El esquema de funcionamiento de este modelo es el siguiente:

1. El usuario interactúa con la capa de clientes.
2. La capa de clientes maneja las solicitudes del usuario y realiza peticiones de información al servidor.
3. El servidor procesa la solicitud y si es necesario lee o escribe de la capa de datos.
4. El servidor responde al cliente con el resultado de la petición.
5. El cliente procesa el resultado recibido.

Por otro lado, los datos de los sensores serán procesados con un microcontrolador ESP32^v y este se encargará de enviarlos a la nube de forma segura a través de internet utilizando Cloud PubSub de Google. Tras esto, los datos deberán ser procesados almacenándolos en una base de datos en tiempo real y, además, teniendo en cuenta el criterio del personal sanitario se insertará cada un tiempo determinado la media de los datos obtenidos en una base de datos analítica.

Por último, con Cloud Functions se detectará cuando el paciente está teniendo complicaciones y se avisará al personal sanitario.

4.2.7.2 Arquitectura de la solución

En la siguiente imagen se puede observar la arquitectura utilizada para el desarrollo del prototipo.

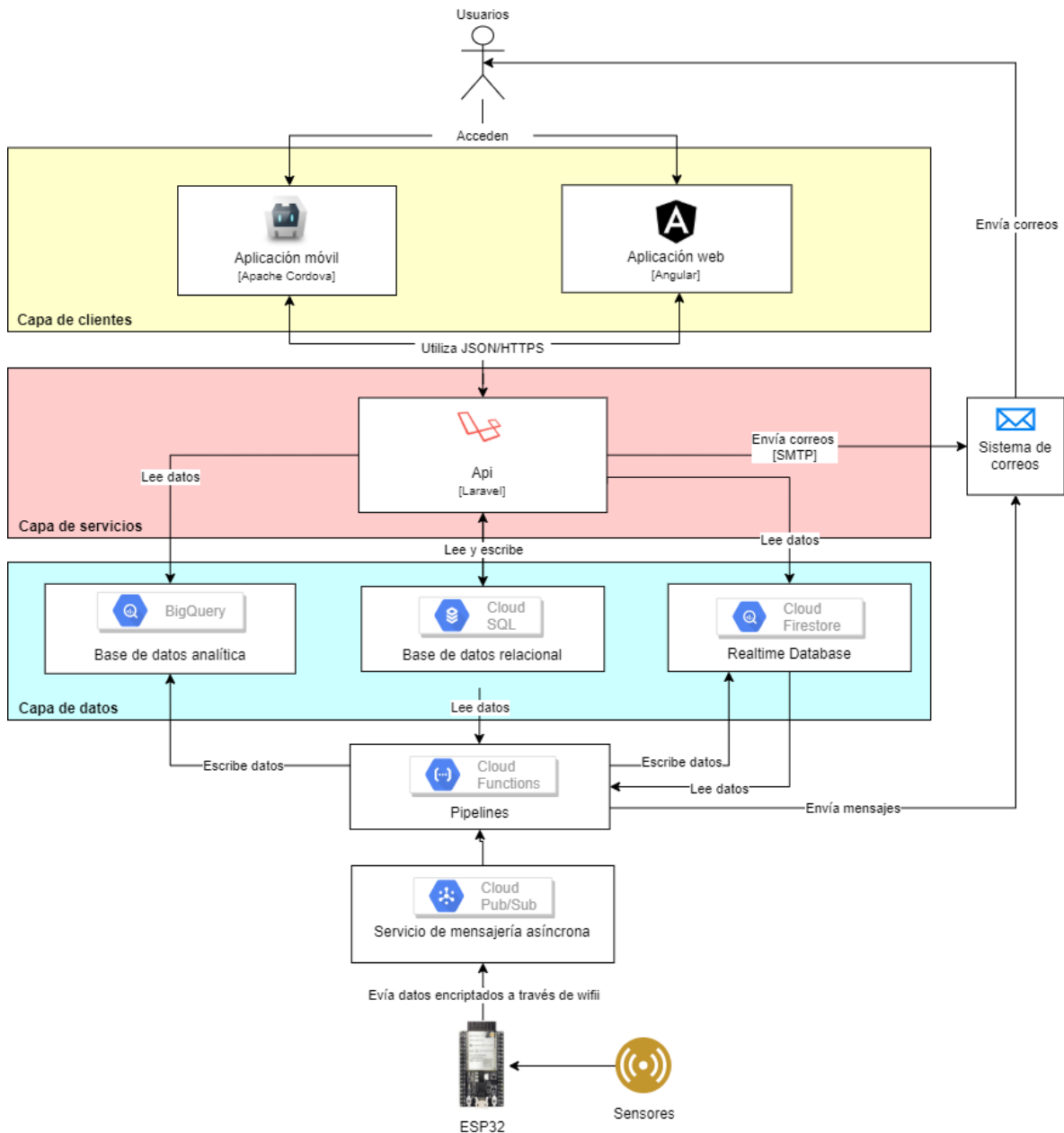


Ilustración 9 - Arquitectura de la solución

4.3 Recursos requeridos

En este apartado se van a explicar los recursos que han sido requeridos para el desarrollo del software, así como los recursos necesarios para desplegar el sistema.

Para desarrollar el prototipo ha sido necesario la asistencia de los siguientes expertos:

1. Médicos
2. Ingenieros Informáticos
3. Ingenieros biomédicos

Tabla 51 – Recursos requeridos: Asistencia de expertos

Las siguientes tablas muestran los recursos necesarios para la captación de datos, el desarrollo de la aplicación y el despliegue de esta.

1. M5Stack
2. Cables
3. Sparkfun max30101 ^{vi}
4. Cable jumper hembra (4 pines)
5. Otros dispositivos

Tabla 52 - Recursos para la captación de datos de los dispositivos

1. Ordenador
2. GitKraken Pro
3. PhpStorm
4. Laravel
5. Angular
6. PubSub
7. Base de datos MySQL
8. Google Functions
9. Cloud Scheduler
10. BigQuery
11. Firestore

Tabla 53 - Recursos necesarios para desarrollar el sistema

1. Dominio
2. Hosting ^{vii} Linux
3. Certificado SSL ^{viii}

Tabla 54 - Recursos necesarios para desplegar el sistema

4.4 Presupuesto

En este apartado se recoge el presupuesto que se ha calculado en función de las horas aplicadas, los materiales, etc.

El presupuesto se va a explicar en dos partes, en la primera se explicarán los costes totales del desarrollo de prototipo y en la segunda se explicará el coste para desplegar el prototipo en un entorno clínico.

4.4.1 Costes de desarrollo del prototipo (desarrollo informático)

En este punto se muestra el coste de los dispositivos, programas y licencias utilizadas para desarrollar el software del prototipo.

Descripción	Número de horas	Salario (neto) / hora	Importe total
Desarrollador Junior	488	10,26 €	5.006,88 €

Tabla 55 - Costes de desarrollo: Mano de obra

Descripción	Importe total
Ordenador portátil con Windows 10 Home	1.398,99 €
M5Stack	35,79 €
Sparkfun max30101	39,95 €
Pack de cables de Arduino	8,99 €
Cable jumper hembra (4 pines)	1,50 €
Sensor CCS811	18,38 €
	1.503,60 €

Tabla 56 - Costes de desarrollo: Dispositivos

Descripción	Importe total
Php Storm	195,00 €
GitKraken Pro	24,75 €
Instancia MySQL	94,22 €
Google Functions	0,35 €
Firestore	0,30€
BigQuery	0,00 €
	314,62 €

Tabla 57 - Costes de desarrollo: Licencias y programas

Descripción	Importe total
Mano de obra	5.006,88 €
Dispositivos	1.503,60 €
Licencias y programas	314,62 €
	5.825,10 €

Tabla 58 - Coste total del desarrollo informático

Para poder calcular el coste total del desarrollo del prototipo sería necesario implicar al resto de partes involucradas e indagar acerca de sus dispositivos, programas y licencias utilizadas.

4.4.2 Costes de la implementación del prototipo

Antes de realizar este presupuesto es importante destacar que este prototipo, desarrollado con el grupo de investigación Machine Learning UEM junto con la colaboración del Hospital HLA Universitario Moncloa, está hecho para distribuirse sin ánimo de lucro, es decir, uno de nuestros objetivos principales es democratizar la implementación de tecnología IoT en entornos clínicos, ofreciendo un sistema abierto y flexible de monitorización remota de pacientes a un coste asequible. Por lo tanto, en este punto se ha calculado los costes de implementación del prototipo en función de los recursos que serían necesarios para su implementación en entornos clínicos.

En esta primera tabla se calcula el coste de la publicación de la aplicación web.

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín

Descripción	Importe mensual	Importe anual
Dominio		10,00 €
Hosting Linux	9,68 €	116,12 €
Certificado SSL		30,00 €
		156,12 €

Tabla 59 - Costes de implementación: Publicación de la aplicación web

Para realizar una estimación del uso de las plataformas de Google Cloud, se ha supuesto un caso en el que el hospital tenga en torno a 100 pacientes dados de alta en la aplicación y que haya un hasta un total de 20 pacientes utilizando los recursos de Google concurrentemente las 24 horas del día enviando información cada segundo.

Descripción	Importe mensual	Importe anual
Instancia MySQL (10 GiB) y Backups	32,70€	392.40 €
Google Functions	5,18 €	62,16 €
Firestore	84,93 €	1.019,16 €
BigQuery	12,10 €	145,20 €
	134,91 €	1.618,92 €

Tabla 60 - Costes de implementación: Uso de Google Cloud

Por último, se va a calcular el coste de los dispositivos electrónicos necesarios para medir las constantes de un paciente.

En este caso, vamos a suponer que el centro sanitario compra 20 dispositivos para la monitorización de la saturación de oxígeno y frecuencia respiratoria dentro del centro e indica a los pacientes los dispositivos necesarios que han de adquirir para la monitorización en sus domicilios. Es decir, el centro solo se hace cargo de los dispositivos hospitalarios.

Descripción	Unidades	Importe unitario	Importe total
M5Stack	20	35,79 €	715,80 €
Sparkfun max30101	20	39,95 €	799,00 €
Cable jumper hembra (4 pines)	20	1,50 €	30 €
		77,24 €	1.544,80

Tabla 61 - Costes de implementación: Dispositivos

4.5 Viabilidad

En este apartado se va a estudiar la viabilidad del prototipo. Esta consiste en el conjunto de características que deber reunir la solución Software para que se decida acometer el proyecto relacionado.

En este caso, no tiene sentido realizar un análisis de coste-beneficios porque como se ha explicado anteriormente el prototipo se va a distribuir sin ánimo de lucro por lo que no tiene sentido comprobar si el proyecto es rentable a nivel económico.

En la siguiente tabla se realiza un estudio de viabilidad de algunos inconvenientes que podemos encontrarnos a la hora de desplegar el prototipo en un centro sanitario.

Id	Viabilidad	Motivo (inconveniente)	Consideraciones y alternativas	Cálculo de la viabilidad
V-1	Económica Coste de hosting	Decidir si optar por la contratación de hosting a una empresa externa o usar uno servidor del cliente.	<p>Alternativa 1: Contratar el hosting a una empresa. La seguridad de esta alternativa es alta porque los clientes webs no se conectarían directamente a un servidor en la red local de la empresa.</p> <p>Alternativa 2: Utilizar un servidor de la empresa como servidor web. Se debe tener en cuenta la seguridad, el costo de mantenimiento, la contratación de un nombre DNS, etc.</p>	Tener en cuenta la seguridad y el costo de ambas opciones.

V-2	Económica Contratación de un certificado HTTPS	Decidir si contratar un certificado HTTPS a una empresa o generarlo dentro de la misma empresa	Alternativa 1: Contratar el certificado HTTPS a una empresa. Alternativa 2: Utilizar una autoridad de certificación gratuita como Lets Encrypt que facilita certificados con una validez de tres meses y la posibilidad de automatizar dichos certificados de una forma gratuita.	La primera alternativa supone un coste anual de unos 30€. La segunda alternativa es gratuita, pero alguien del personal debe conocer la implementación y mantenerlo. Por lo que se ha de tener en cuenta los recursos/costes de cada alternativa.
V-3	Legal Tratamiento de datos personales	Se debe cumplir la legislación de protección de datos del país donde se va a desarrollar la aplicación	Se debe analizar las restricciones legales en la captura de datos personales de los usuarios a través de nuestra aplicación. Si la restricción en algún caso es insalvable técnica o económicamente, analizar la opción de usar un disclaimer firmado electrónicamente por cada usuario en tiempo de registro.	Tener en cuenta la LOPD O GPRD.
V-4	Técnica Posibilidad de tener al menos 100 usuarios conectados concurrentemente	Inicialmente se deberá dar soporte a un mínimo de 20 personas al mismo tiempo.	Se debe tener en cuenta la capacidad del servidor web y el número de conexiones simultáneas que puede soportar el equipo. Todo esto depende principalmente de la memoria RAM del equipo. A mayor memoria RAM mayor número de	Precio/calidad de las diferentes memorias RAM disponibles en el mercado.

			<p>conexiones. Por lo tanto, se deberá hacer un estudio de cuanto consume aproximadamente cada conexión de memoria RAM y en función de esto aumentarla si fuese necesario.</p>	
--	--	--	--	--

Tabla 62 - Análisis de viabilidad

4.6 Resultados del proyecto

4.6.1 Resultados del plan de pruebas

En este apartado se va a explicar las diferentes pruebas realizadas para comprobar que el sistema funcione correctamente:

Para lograr un software eficaz es necesario realizar un buen diseño de casos de prueba. Las pruebas son un conjunto de actividades planeadas con anticipación y que se realizan de manera sistemática. Estas son partes de la verificación y validación incluidas en el aseguramiento de la calidad del software.

- Verificación: Comprobar que el software está de acuerdo con su especificación, donde se debe comprobar que satisface tanto los requerimientos funcionales como los no funcionales.
- Validación: El objetivo es asegurar que el software satisface las expectativas del cliente.

4.6.1.1 Pruebas realizadas

4.6.1.1.1 Pruebas de código

Cada vez que se ha creado o modificado una nueva función en Laravel se ha comprobado que esta devolviese el resultado esperado con Swagger y una vez que estuviésemos seguros de que funcionaba correctamente se comprobaba que al unirlo al resto de código de la aplicación la funcionalidad de este continuase siendo el mismo.

He hecho pruebas para comprobar la velocidad de la aplicación, y cuando aumentábamos a más de tres usuarios esta se ralentizaba notablemente, aunque para ver realmente la velocidad sería conveniente publicar la aplicación en un hosting y realizar pruebas con diferentes usuarios.

4.6.1.1.2 Pruebas en la aplicación

La siguiente tabla muestra una breve descripción de las pruebas realizadas, en base a los requisitos funcionales y no funciones, e indica si el resultado ha sido satisfactorio o no.

Id	Descripción	Resultado
P-01	El sistema tiene un subsistema que capte los datos de los sensores para ser guardados.	✓
P-02	El sistema deberá tiene un subsistema para enviar teleméricamente los datos de cada sensor a la nube.	✓
P-03	El sistema deberá procesa los datos enviados a la nube y los almacena en una base de datos NoSQL en “tiempo real”.	✓
P-04	El sistema deberá inserta cada un periodo determinado por el médico una media de los datos recolectados en tiempo real en una base de datos analítica.	✓
P-05	El sistema muestra los datos captados de los dispositivos en “tiempo real” tanto al personal sanitario como al paciente.	✓
P-06	El sistema muestra los datos históricos de los dispositivos en un rango de fechas seleccionado tanto al personal sanitario como al paciente.	✓
P-07	Cualquier usuario puede iniciar sesión en el sistema introduciendo sus credenciales.	✓
P-08	Cualquier usuario puede recuperar su contraseña indicando su correo electrónico. Este recibe un email con un enlace con caducidad a los 15 minutos para crear una nueva contraseña.	✓
P-09	Cualquier usuario puede cambiar su contraseña tras haber iniciado sesión en la aplicación.	✓
P-10	Cualquier usuario que haya accedido previamente al sistema tiene la opción de cerrar sesión.	✓
P-11	El personal sanitario puede dar de alta nuevos pacientes, indicando su información personal, sus sensores, sus alertas compuestas y el resto del personal sanitario.	✓
P-12	El administrador puede dar de alta personal sanitario.	✓
P-13	El administrador puede de baja a un personal sanitario.	✓

P-14	El sistema deberá permite al personal sanitario seleccionar un paciente para administrar sus datos.	✓
P-15	El personal sanitario puede administrar la información del perfil sus pacientes.	✓
P-16	El personal sanitario puede administrar los dispositivos del paciente.	✓
P-17	El personal sanitario responsable puede administrar el resto del personal sanitario del paciente.	✓
P-18	El personal sanitario responsable puede transferir un paciente a otro personal sanitario.	✓
P-19	El personal sanitario puede ver las alertas más recientes de un paciente.	✓
P-20	Los pacientes pueden visualizar los datos de su perfil.	✓
P-21	Los pacientes pueden visualizar la configuración de sus dispositivos.	✓
P-22	Los pacientes pueden visualizar su personal sanitario.	✓
P-23	Los administradores pueden administrar las métricas.	✓
P-24	Los administradores pueden administrar los sensores.	✓
P-25	Los administradores deberán pueden administrar las claves públicas y privadas de los sensores. Pueden visualizar la información de estas claves en formato hexadecimal.	✓
P-26	El administrador puede transferir todos los pacientes de un personal sanitario a otro de su elección.	✓
P-27	El personal sanitario y los pacientes pueden enviarse mensajes dentro de la aplicación.	✓
P-28	El personal sanitario y el administrador pueden administrar la información de su perfil.	✓

P-28	El sistema deberá tener un subsistema que envíe una alerta al personal sanitario responsable en caso de haber complicaciones en función de la configuración de sus alertas.	✓
P-29	El administrador puede dar de alta a otros administradores.	✓

Tabla 63 - Pruebas en base a los requisitos funcionales

Id	Descripción	Resultado
P-30	El sistema deberá proporcionar mensaje de error orientativos para todos los usuarios.	✓
P-31	La aplicación web debe poseer un diseño Responsive a fin de garantizar la adecuada visualización en múltiples ordenadores, tablets y teléfonos móviles.	✓
P-32	El sistema deberá contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.	✓
P-33	El sistema debe poseer interfaces gráficas bien formadas y con un estilo moderno.	✓
P-34	Cada usuario solo debe tener acceso a la información designada dependiendo del tipo de rol que desempeñe.	✓

Tabla 64 - Pruebas en base a los requisitos no funcionales

4.6.2 Explicación de los resultados obtenidos

El resultado de este prototipo ha sido satisfactorio. Como se puede ver en la fase de pruebas se han podido realizar todos los requisitos funcionales y no funcionales. Además, no solo se han cumplido los objetivos planteados en el anteproyecto, sino que el prototipo final obtenido abarca un espectro mucho

Capítulo 5. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones del trabajo

El presente trabajo de fin de grado ha consistido en el diseño, desarrollo e implementación de una aplicación IoT en el ámbito de salud, dentro del grupo de investigación Machine Learning de la Universidad Europea.

El objetivo que perseguía el prototipo era aliviar la tensión de los centros de salud mediante la monitorización de pacientes con referencia al COVID-19, de manera que se les pudiese ofrecer seguimiento de forma remota para poder detectar, gracias a un sistema de alertas integrado, cuando están teniendo complicaciones y poder tratarles antes de que su situación empeore y tengan que ser ingresados.

La planificación ha estado estructurada en 5 sprints y una fase final que ha consistido en mejoras, verificación y puesta en producción de la aplicación.

Para el desarrollo del proyecto se ha optado por una arquitectura basada en un modelo cliente/servidor. Además, para guardar los datos captados por los sensores se ha utilizado una arquitectura cloud, soportada por los servicios Pub/Sub, Cloud Functions, Firestore y BigQuery de Google CloudPlatform.

El equipo de trabajo ha estado formado por estudiantes y profesores de diferentes campos, cómo la medicina, la ingeniería biomédica o la ingeniería informática. Para el desarrollo informático que engloba este trabajo de fin de grado, el estudiante se ha encargado de los todos los perfiles explicados en la metodología Scrum menos el papel de los Stakeholders que ha sido desempeñado por el grupo de investigación Machine Learning Salud de la Universidad Europea y algunos colaboradores del Hospital HLA Universitario Moncloa.

Para validar el trabajo se siguió un plan de pruebas al final de cada sprint, de tal manera que se validase el comportamiento y la integración de las nuevas funcionalidades. Tras haber finalizado el desarrollo, se realizó un plan de pruebas final para comprobar que todos los módulos de la solución estaban bien integrados y que cumplían todos los requisitos funcionales y no funcionales analizados antes de iniciar el prototipo.

Por último, cabe destacar que, durante el desarrollo del proyecto, no solo se han cumplido las metas planteadas en el anteproyecto, si no, que se han acabado superando y se han agregado más funcionalidades obteniendo un mejor resultado del planteado inicialmente.

5.2 Conclusiones personales

Para desarrollar el prototipo he tenido que interactuar con personas de diferentes campos relacionadas con el mundo de la medicina. He colaborado con médicos, ingenieros biomédicos e ingenieros informáticos, y esto me ha ayudado a comprender el alcance que puede tener combinar conocimientos de diferentes ramas para lograr un objetivo común.

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos

Jazmín Parellada Martín

He descubierto el mundo que combina la ingeniería y la medicina, y me ha apasionado. Creo que paso a paso se pueden lograr proyectos muy importantes para mejorar el bienestar de las personas.

Espero poder continuar desarrollando este prototipo y ayudar a democratizar la implementación de la tecnología IoT en entornos clínicos junto a mis compañeros del grupo de Machine Learning Salud de la Universidad Europea de Madrid.

Capítulo 6. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

El primer paso que seguir, tras la entrega de este prototipo, sería hacer pruebas clínicas tanto para pacientes hospitalarios cómo para pacientes sanos para comenzar a recopilar datos y probar el verdadero alcance de la aplicación. Este proceso de pruebas se tiene pensado hacerlo durante el verano de este año en diferentes centros médicos.

A partir de los datos recopilados durante un par de meses se podría comenzar a crear modelos de Inteligencia Artificial personalizados para poder predecir posibles eventos cómo puede ser una insuficiencia respiratoria, una insuficiencia cardíaca o una caída de la presión arterial. De este modo el clínico podrá adelantarse a la aparición de situaciones de riesgo y comenzar un tratamiento preventivo antes de que ocurra.

Capítulo 7. REFERENCIAS

AZDelivery Jumper Wire Cables de Puente 20 cm 3 x 40 pcs cada uno Macho-Hembra/Macho-

Macho/Hembra-Hembra compatible con Arduino y Raspberry Pi Breadboard con E-

Book incluido! (120 pcs): Amazon.es: Industria, empresas y ciencia. (s. f.). Amazon.

https://www.amazon.es/AZDelivery-Jumper-Arduino-Raspberry-Breadboard/dp/B07KCFG5YX/ref=sr_1_5?dchild=1&keywords=pack+cable+arduino&qid=1621417940&sr=8-5

Mateo, J. J. (2020, 25 agosto). *5 de abril, el día en el que el virus desbordó los hospitales de*

Madrid. EL PAÍS. [https://elpais.com/espana/madrid/2020-08-24/5-de-abril-el-dia-en-](https://elpais.com/espana/madrid/2020-08-24/5-de-abril-el-dia-en-el-que-el-virus-desbordo-a-los-hospitales-de-madrid.html)

[el-que-el-virus-desbordo-a-los-hospitales-de-madrid.html](https://elpais.com/espana/madrid/2020-08-24/5-de-abril-el-dia-en-el-que-el-virus-desbordo-a-los-hospitales-de-madrid.html)

BigQuery - Ayuda de Google Cloud Platform Console. (s. f.). Google Cloud.

<https://support.google.com/cloud/answer/9113366?hl=es>

Buy PhpStorm. (s. f.). PhpStorm.

https://www.componentsource.com/license/phpstorm?cc=es&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ga12%5Fes%5Fen&gclid=Cj0KCQjw7pKFBhDUARIsAFUoMDa5pDUq0Z9JMqaqpWRXkUq4fhzq1CsnhBr9s%5FKBtIQE6aeVwbrchFoaArshEALw%5Fwcb#compare-table

Cevallos, K. (2015, 26 julio). *UML: Casos de Uso.* INGENIERÍA DEL SOFTWARE.

<https://ingsoftwarekarlacevallos.wordpress.com/2015/06/04/uml-casos-de-uso/>

CLF-1000. (s. f.). M5Stack. [https://www.robotshop.com/es/es/kit-desarrollo-iot-esp32-basic-](https://www.robotshop.com/es/es/kit-desarrollo-iot-esp32-basic-core-)

[core-](https://www.robotshop.com/es/es/kit-desarrollo-iot-esp32-basic-core-)

m5stack.html?gclid=Cj0KCQjw7pKFBhDUARIsAFUoMDapd26VVaygEQnEclgg8opbK9394j1hNluERT91UO4pYTgUq5UhNYUaAsRFEALw_wcB

Cloud Firestore /. (s. f.). Firebase.

<https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es#:~:text=Cloud%20Firestore%20es%20una%20base%20de%20datos%20NoSQL%20alojada%20en,API%20de%20REST%20y%20RPC.>

Cloud Scheduler /. (s. f.). Google Cloud. <https://cloud.google.com/scheduler>

Comprar un certificado SSL >> ¡Más seguridad con https! (s. f.). 2001–2020 1&1 IONOS España

S.L.U. https://www.ionos.es/seguridad/certificado-ssl?ac=OM.WE.WEo42K356300T7073a&ds_rl=1234001&gclid=Cj0KCQjw7pKFBhDUARIsAFUoMdbQchHfEckM2svZh9ZezAGXf062gMBqFtUcg7OdbjM7z5CGUoDKdTwaAgpvEALw_wcB&gclsrc=aw.ds

Díaz, E. (s. f.). *Cómo documentar una API en Laravel usando Swagger*. Styde.net.

<https://styde.net/como-documentar-una-api-en-laravel-usando-swagger/#:~:text=Swagger%20es%20un%20conjunto%20de,REST%20de%20una%20manera%20sencilla.>

Galiana, P. (2021, 21 abril). *Metodología Scrum: qué es y cómo utilizarla para acometer*

proyectos. Thinking for Innovation. <https://www.iebschool.com/blog/metodologia-scrum-agile-scrum/>

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín

Google Cloud Platform Pricing Calculator. (s. f.). Google Cloud.

<https://cloud.google.com/products/calculator>

Hosting desde 1 €/año » Alojamiento web barato. (s. f.). 2001–2020 1&1 IONOS España S.L.U.

https://www.ionos.es/alojamiento/alojamiento-web?ac=OM.WE.WEo42K356300T7073a&ds_rl=1238001&gclid=Cj0KCQjw7pKFBhDUA RI sAFUoMDbYxK5YwYNXbB9g-wVdwsNXLKwGTOwBpgHXTofRCP69kW-DqHMKNT4aAniCEALw_wcB&gclsrc=aw.ds#tarifas

Huerta, I. (2021, 12 enero). *Servicios de Google Cloud para Big Data*. Blog de Hiberus

Tecnología. <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/servicios-de-google-cloud-para-big-data/>

IASalud – Inteligencia Artificial y Salud. (2021). IaSalud. <https://iasalud.es/>

Ikemma, I. (2019, 24 mayo). *GitKraken, what is it? and common actions?* DEV Community.

<https://dev.to/iphytech/gitkraken-what-is-it-and-common-actions-5531>

IoT - Internet Of Things. (2019, 8 enero). Deloitte Spain.

<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/loT-internet-of-things.html>

L. (2019, 15 marzo). *¿Qué es Google Cloud Functions y para qué sirve?* Nubalia.

<https://nubalia.com/que-es-google-cloud-functions-y-para-que-sirve/>

R. (2020, 30 junio). *When to use pubsub*. Software AG Tech Community & Forums.

<https://tech.forums.softwareag.com/t/when-to-use-pubsub/129356/3>

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín

S.L.U., A. I. (s. f.). *Dominios - Compra y registra tu dominio ahora en. Arsys.*

https://www.arsys.es/dominios?s=cpc&c=315843363&a=19233016323&gclid=Cj0KCQjw7pKFBhDUARIsAFUoMDYucbRZUHM547CSxP-MQOsXn7ZGowo9AHN31ukC9h6NQAwwYqOdlld0IaAveqEALw_wcB

SparkFun Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor - MAX30101 & MAX32664 (. (2020, 22 abril).

Sparkfun. <https://www.sparkfun.com/products/15219>

Technology, B. (2021, 12 febrero). *Laravel vs ASP.NET Core detailed comparison as of 2021.*

DEV Community. https://dev.to/bacancy_technology/laravel-vs-asp-net-core-detailed-comparison-as-of-2021-24fi

TECNOIOT CCS811 Carbon Monoxide CO VOCs Air Quality Numerical Gas Sensors CJMCU-811:

Amazon.es: Electrónica. (s. f.). Amazon.

https://www.amazon.es/gp/product/B07RGLMS1J/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o02_s00?ie=UTF8&psc=1

What Is Pub/Sub? | Cloud Pub/Sub Documentation |. (2020). Google Cloud.

<https://cloud.google.com/pubsub/docs/overview>

Capítulo 8. ANEXOS

8.1 Manual de instalación

El Manual de Instalación tiene como objetivo servir de guía en la instalación del sistema.

Para ello, en primer lugar, deberá especificar los requerimientos hardware y software necesarios para el correcto funcionamiento del sistema y posteriormente describir cada uno de los pasos necesarios para la configuración, compilación e instalación del sistema.

8.1.1 Recursos Hardware

A continuación, enumeramos una serie de valores mínimos y recomendados que deberá tener tu equipo, con el fin de poder hacer la instalación y ejecución del sistema correctamente.

Componente	Valor mínimo	Valor recomendado
Procesador	32-bit o 64-bit	64-bit
Memoria RAM	4GB	8GB
Tamaño almacenamiento	8GB	16GB

Tabla 65 - Manual de instalación: Recursos hardware

8.1.2 Recursos Software

8.1.2.1 Restricciones técnicas del sistema

Elemento	Descripción
Sistema operativo	Disponible para cualquier tipo de SO, Windows, MacOS y Linux.
Compilador	Sirve cualquier IDE (entorno de desarrollo integrado). Recomendamos PhpStorm y Android Studio.

Tabla 66 - Manual de usuario: Restricciones técnicas del sistema

8.1.3 Descarga del del prototipo

Paso	Descripción
Paso 1	Acceder al siguiente enlace (al ser un repositorio privado el dueño te tiene que haber dado acceso previamente). https://github.com/Jazminpm/proyectoFinalTFG
Paso 2	Pulsar en el siguiente botón de "Code" de color verde.

Paso 3	Seleccionar la opción "Download Zip".
Paso 4	Descomprimir la carpeta en la ruta seleccionada.

Tabla 67 - Manual de usuario: descarga del prototipo

8.1.4 Configurar el entorno y el espacio de desarrollo locales

Paso	Descripción
Paso 1	Abrir entorno de desarrollo de la carpeta "api-laravel".
Paso 2	Escribir en el terminal el comando: ng install
Paso 3	Abrir el entorno de desarrollo de la carpeta "front-angular".
Paso 4	Escribir en el terminal el comando: npm install.

Tabla 68 - Manual de instalación: Configurar el entorno y el espacio de desarrollo locales

8.1.4.1 Aplicación móvil

Además, de los pasos indicados en la tabla anterior, para poder compilar la aplicación móvil es necesario realizar previamente los siguientes pasos:

Paso	Descripción
Paso 1	Abrir el entorno de desarrollo de la carpeta "front-angular".
Paso 2	Escribir en el terminal el comando: npm run build. Este comando generará la carpeta "www".
Paso 3	Abrir el archivo index.html situado dentro de la carpeta www.
Paso 4	Sustituir los scripts generados dentro de la etiqueta <body> por las siguientes líneas: <pre><script src="runtime-es5.js"></script> <script src="polyfills-es5.js"></script> <script src="styles-es5.js"></script> <script src="scripts.js"></script> <script src="vendor-es5.js"></script> <script src="main-es5.js"></script></pre>
Paso 5	Abrir el fichero "main-es5.js" y buscar todas las imágenes que empiezan por "../assets" y sustituir el ".." por un único "."
Paso 6	Escribir en el terminal el comando: cordova run android

Tabla 69 - Manual de instalación: Configurar el entorno y el espacio de desarrollo locales en la aplicación móvil

8.1.5 Compilación de la aplicación

8.1.5.1 Compilación de la aplicación web

Paso	Descripción
Paso 1	Abrir entorno de desarrollo de la carpeta “api-laravel”.
Paso 2	Escribir en el terminal el comando: php artisan serve.
Paso 3	Abrir el entorno de desarrollo de la carpeta “front-angular”.
Paso 4	Escribir en el terminal el comando: npm start.

Tabla 70 - Manual de instalación: Compilación de la aplicación web

8.1.5.2 Compilación de la aplicación móvil

Paso	Descripción
Paso 1	Abrir entorno de desarrollo de la carpeta “api-laravel”.
Paso 2	Escribir en el terminal el comando: php artisan serve.
Paso 3	Abrir el entorno de desarrollo de la carpeta “front-angular”.
Paso 4	Compilar en Android: Escribir en el terminal el comando: cordova run Android Compilar en IOS: Escribir en el terminal el comando: cordova run ios

Tabla 71 - Manual de instalación: Compilación de la aplicación móvil

8.2 Manual de usuario

El presente manual está organizado de acuerdo con la secuencia de ingreso a las pantallas del sistema y al tipo de usuario.

Para hacer el manual se ha optado por el uso de una pantalla de ordenador. De esta forma se va a poder mostrar con claridad los diferentes procesos que se van a ir ejecutando.

8.2.1 Ingreso al sistema

En esta pantalla un usuario que haya sido dado de alta previamente en el sistema deberá introducir sus credenciales (número de teléfono o correo electrónico y contraseña) y pulsar el botón “Iniciar Sesión”



ASalud

Iniciar sesión Credenciales

Usuario ⓘ
jzminchu66@gmail.com

Contraseña
.....

Iniciar Sesión

¿Necesitas ayuda?

Obtener una nueva contraseña

Pulsar para iniciar sesión

Ilustración 10 - Manual de usuario: Pasos para iniciar sesión

8.2.2 Recuperar contraseña

En esta pantalla el usuario podrá obtener una nueva contraseña en caso de habérsela olvidado. En las siguientes imágenes se muestra el proceso a seguir para recuperar la contraseña.



ASalud

Iniciar sesión

Usuario ⓘ
jzminchu66@gmail.com

Contraseña
.....

Iniciar Sesión

¿Necesitas ayuda?

Obtener una nueva contraseña

Paso 1: pulsar aquí

Ilustración 11 - Manual de usuario: Primer paso para recuperar la contraseña

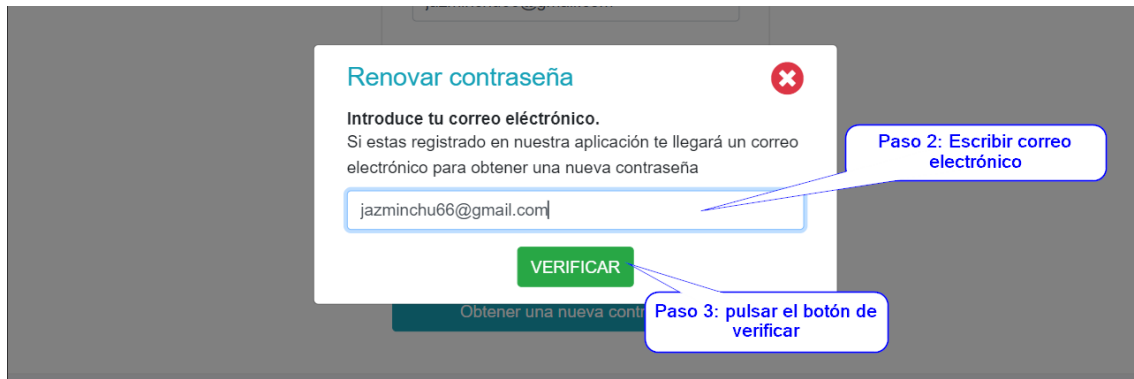


Ilustración 12 - Manual de usuario: Segundo y tercer paso para recuperar la contraseña



Ilustración 13 - Manual de usuario: Cuarto paso para recuperar la contraseña

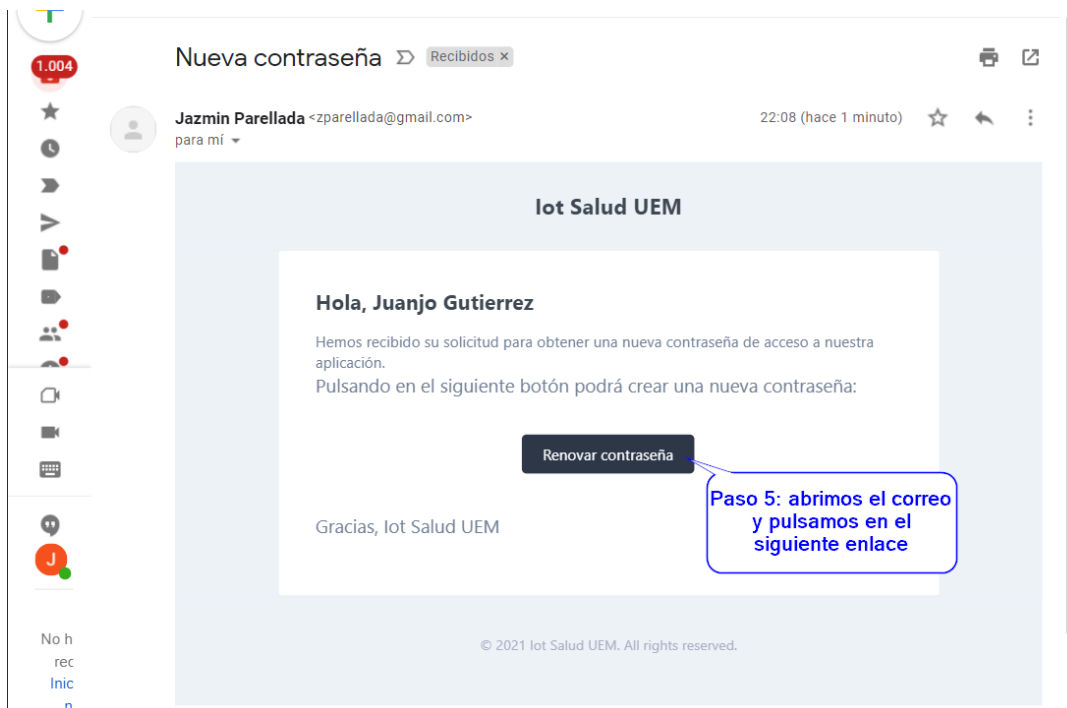


Ilustración 14 - Manual de usuario: Quinto paso para recuperar la contraseña



Ilustración 15 - Manual de usuario: Sexto paso para recuperar la contraseña

8.2.3 Cambiar contraseña

Todos los usuarios tendrán disponible en su perfil la posibilidad de cambiar su contraseña siguiendo los siguientes pasos:

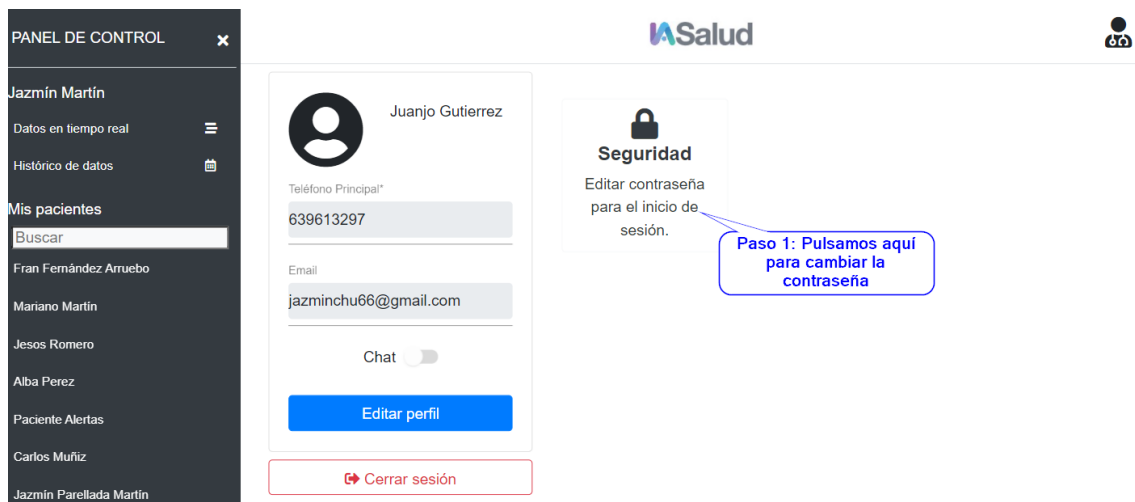


Ilustración 16 - Manual de usuario: Primer paso para cambiar la contraseña

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín



Ilustración 17 - Manual de usuario: Segundo y tercer paso para cambiar la contraseña

8.2.4 Cerrar sesión

Todos los usuarios tendrán disponible en su perfil y en la parte inferior del menú un botón para poder cerrar sesión.

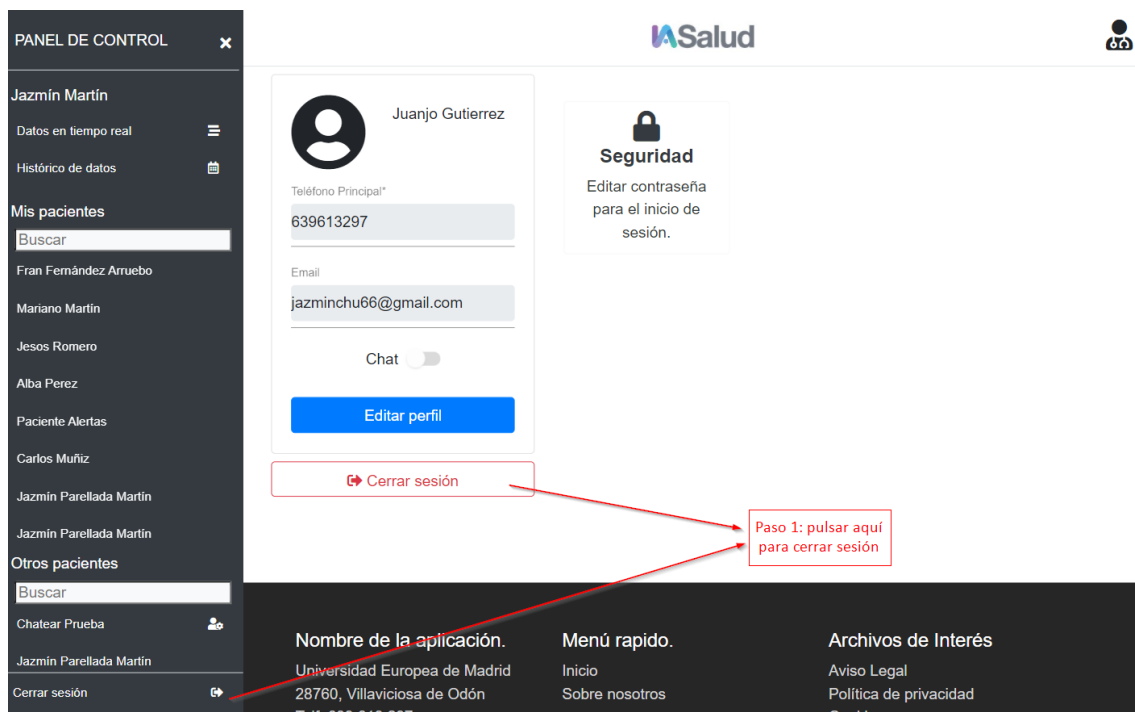


Ilustración 18 - Manual de usuario: Cerrar sesión

8.2.5 Personal sanitario

En la pantalla inicial del personal sanitario podrá visualizar todos sus pacientes y el resto de los pacientes a los que tiene acceso. Esta pantalla es la siguiente:

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín

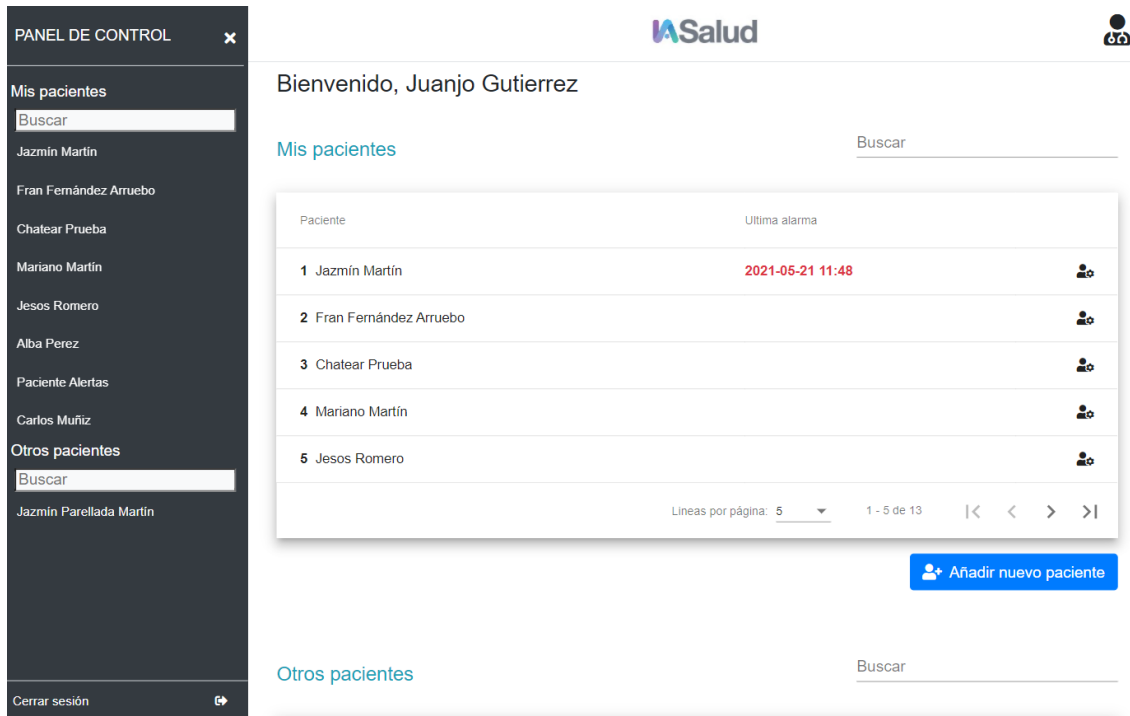


Ilustración 19 - Manual de usuario: Pantalla inicial del personal sanitario

8.2.5.1 Seleccionar paciente

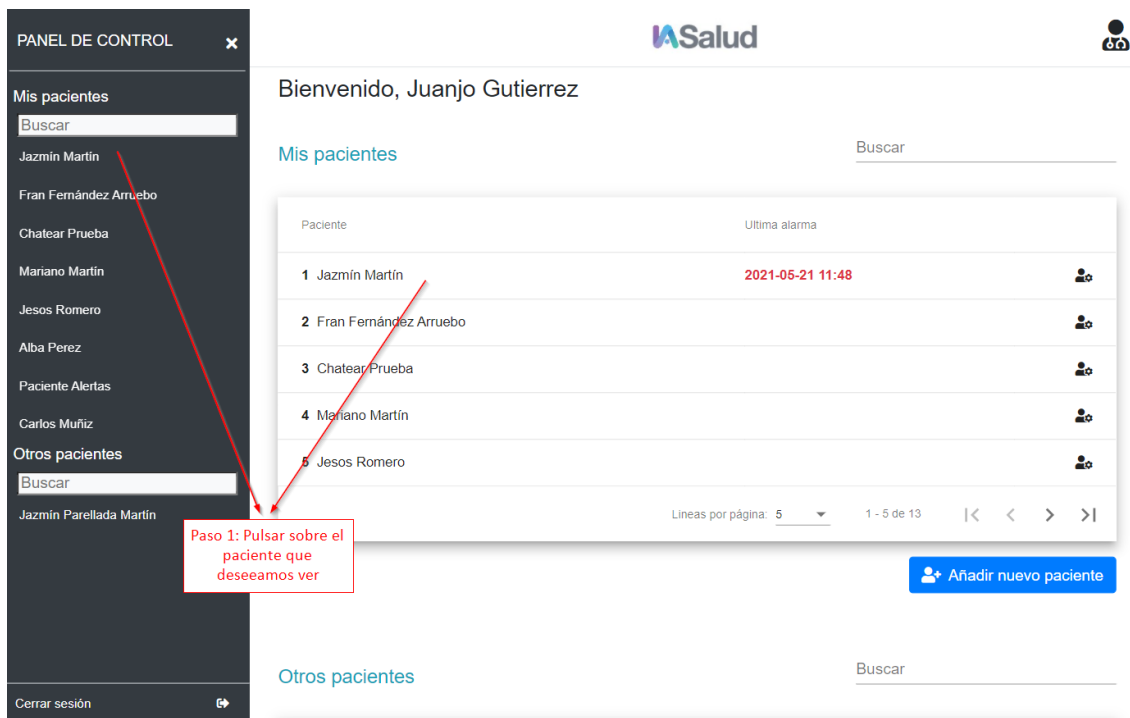


Ilustración 20 - Manual de usuario: Seleccionar paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín

Al seleccionar el paciente se abrirá su centro de control, desde donde podremos acceder a las diferentes funcionalidades.



Ilustración 21 - Manual de usuario: Cuadro de control del paciente

8.2.5.2 Registrar nuevo paciente

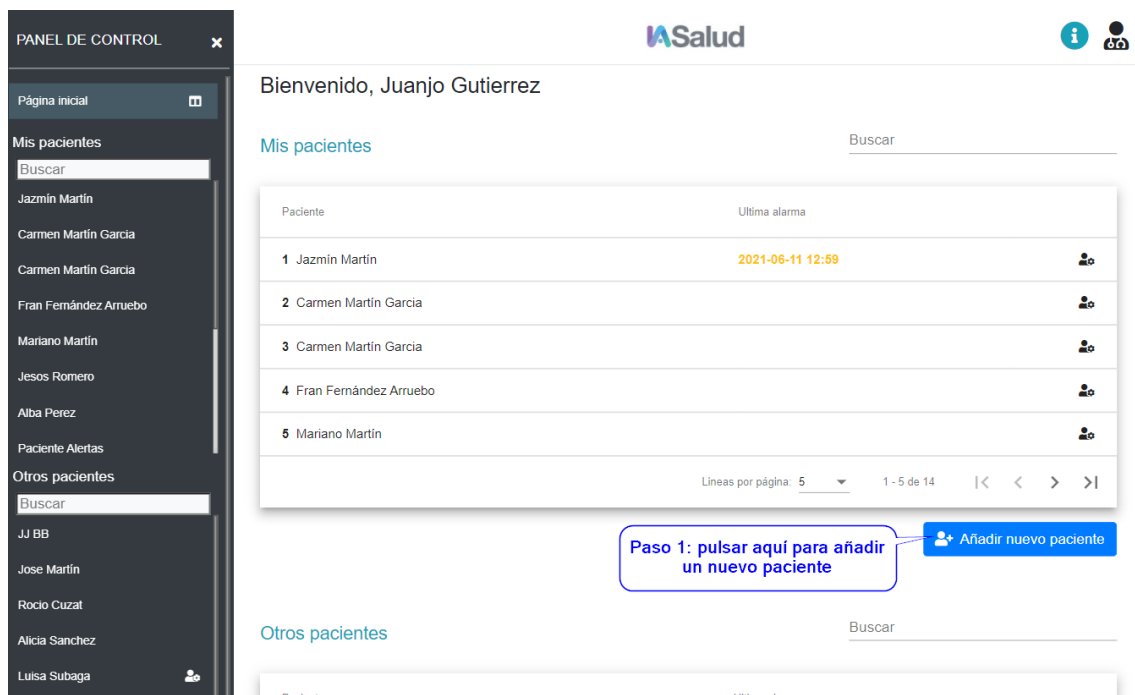


Ilustración 22: Manual de usuario: Paso uno para registrar un nuevo paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín

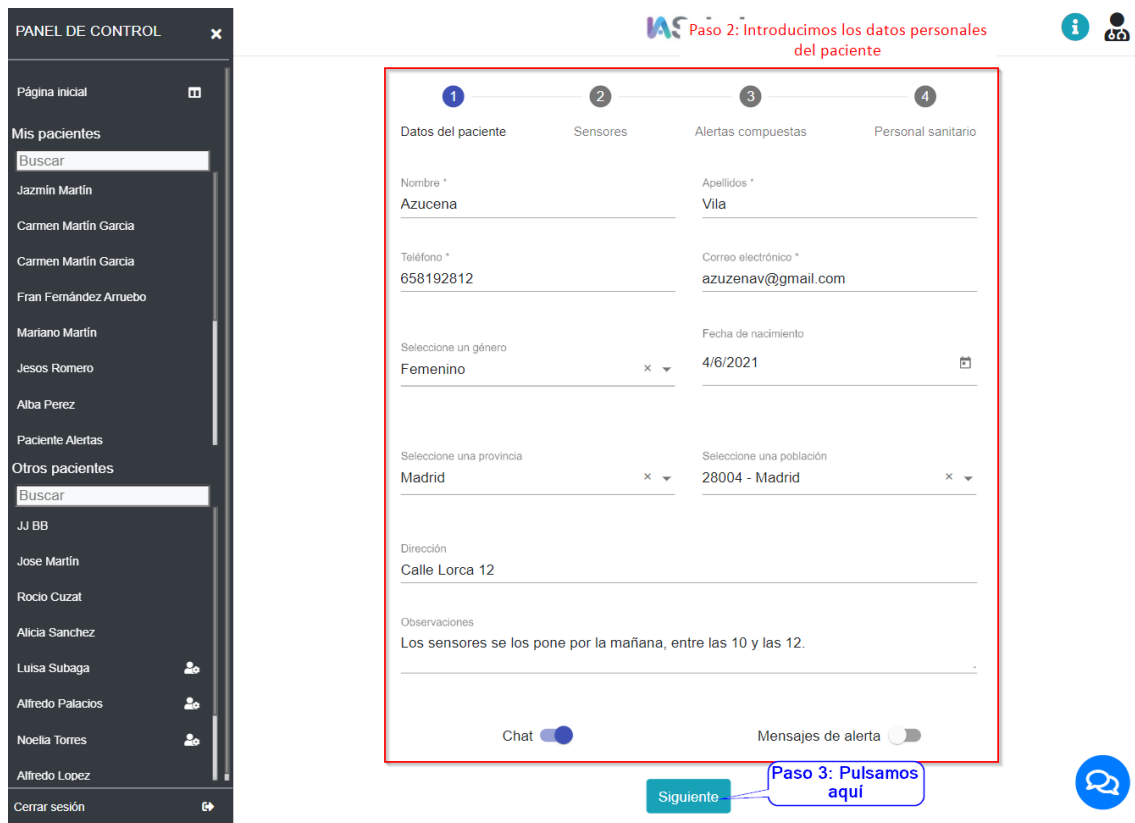


Ilustración 23 - Manual de usuario: Registrar un nuevo paciente - Indicar los datos personales del paciente

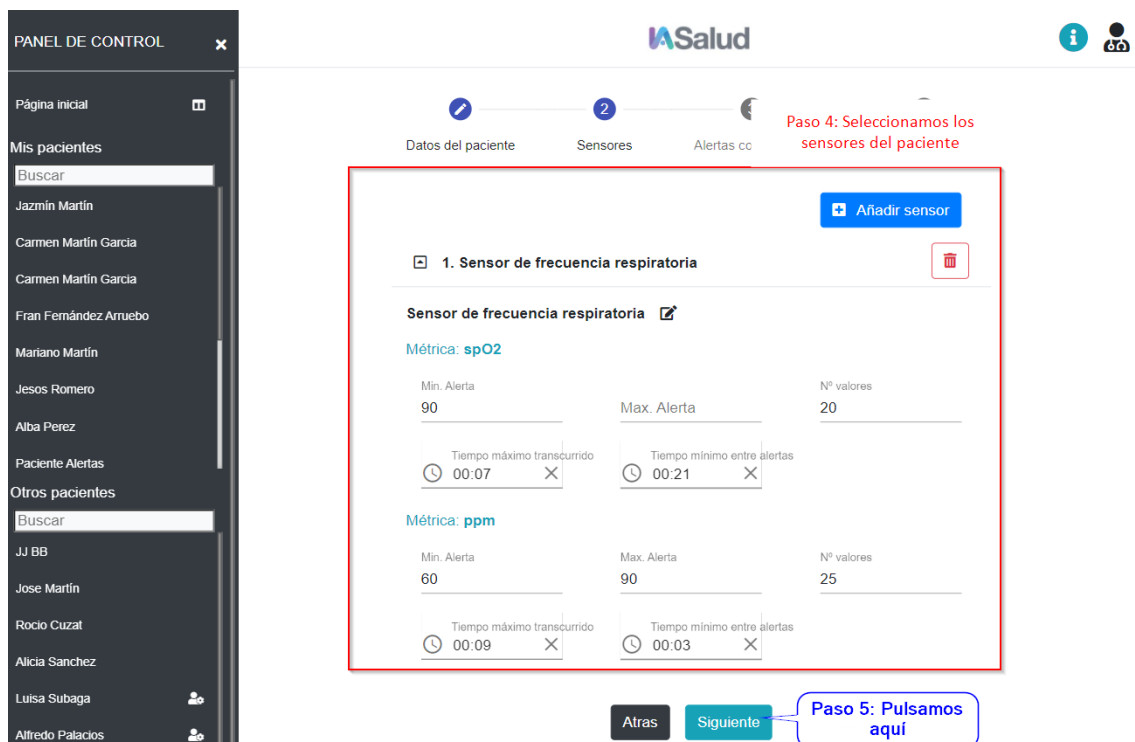


Ilustración 24 - Manual de usuario: Registrar un nuevo paciente – Seleccionar los sensores del paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín

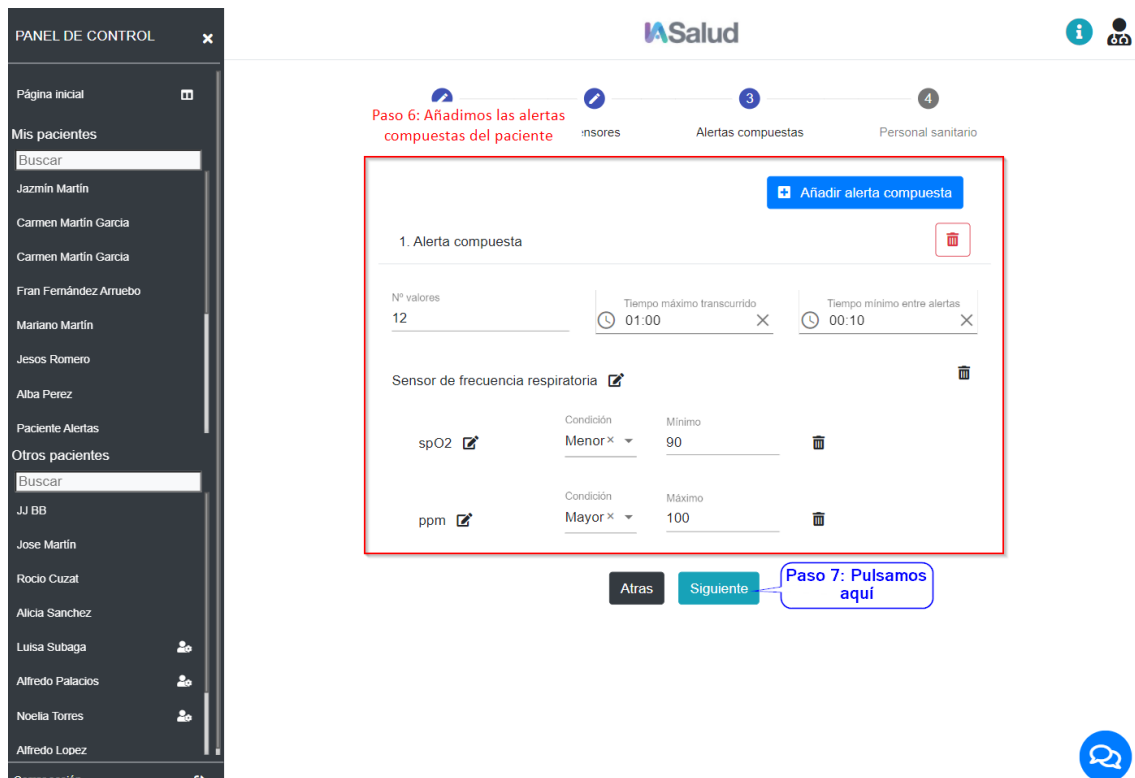


Ilustración 25 - Manual de usuario: Registrar un nuevo paciente - Seleccionar las alertas compuestas del paciente

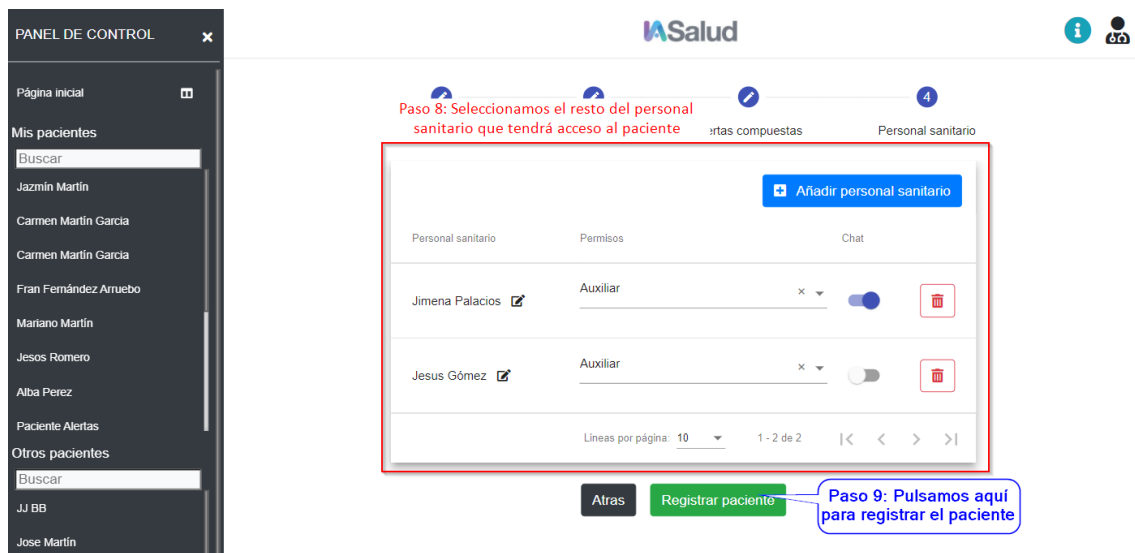


Ilustración 26 - Manual de usuario: Registrar un nuevo paciente - Seleccionar el resto del personal sanitario del paciente

Tras este paso, nos saldrá una ventana de carga y finalmente se nos abrirá un Popup con la información básica del paciente y sus sensores.

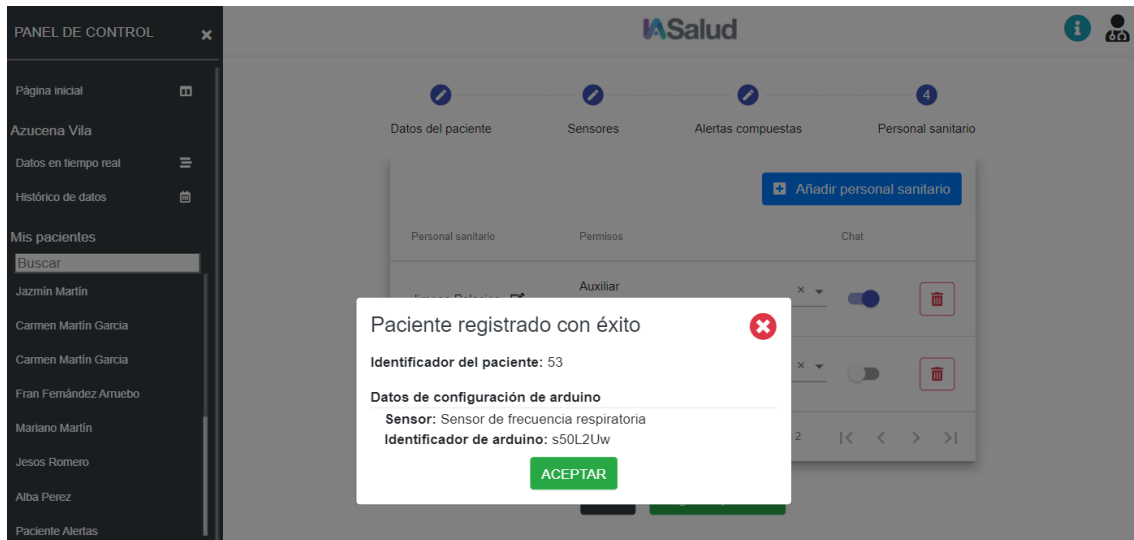


Ilustración 27 - Manual de usuario: Paciente registrado con éxito

8.2.5.3 Editar perfil del paciente

Para poder editar el perfil de un paciente deberá de ser nuestro paciente o deberemos tener permisos para poder modificar sus datos.

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente.

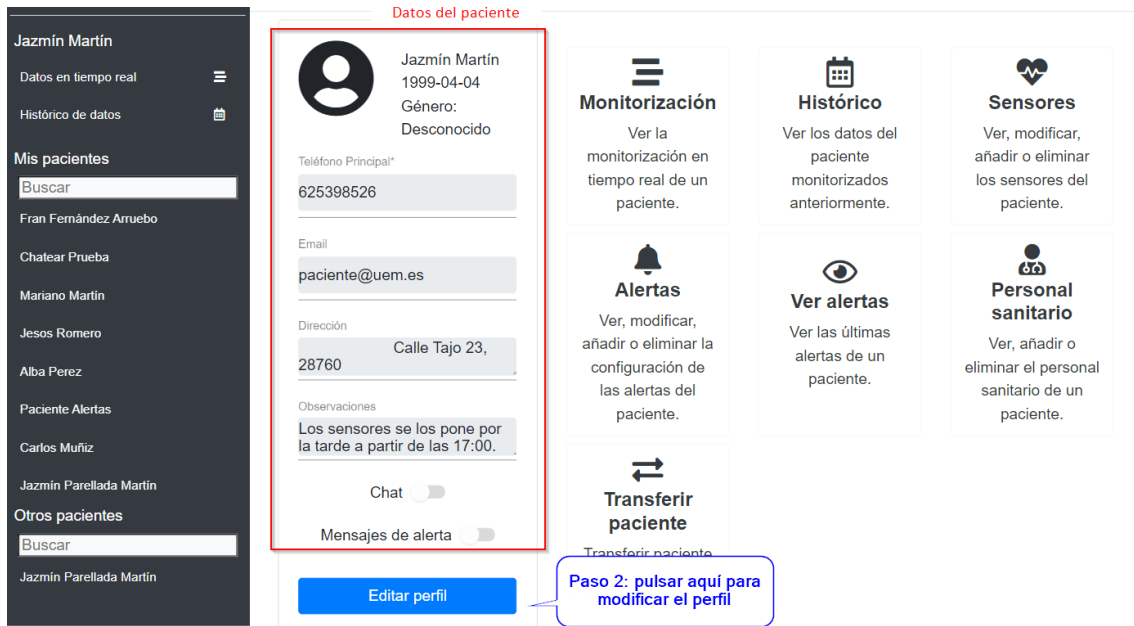


Ilustración 28 - Manual de usuario: Paso dos para modificar el perfil un paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín

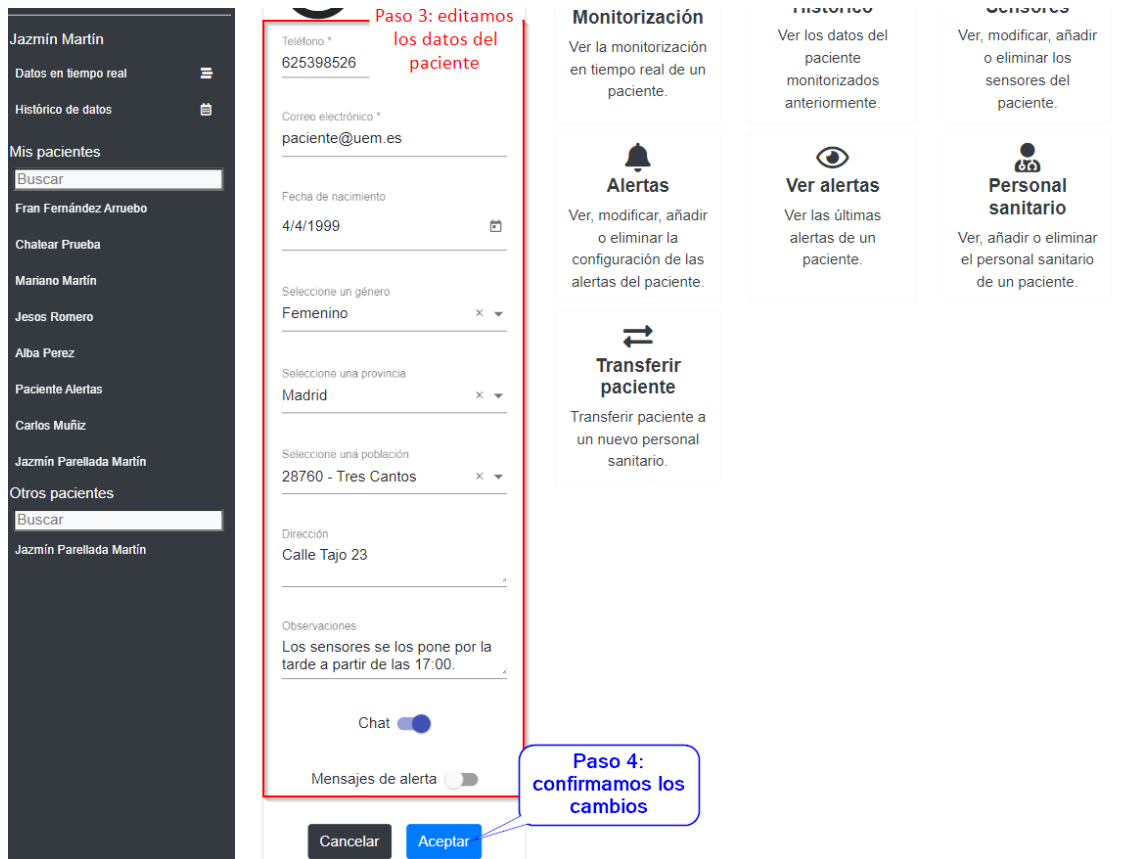


Ilustración 29 - Manual de usuario: Paso tres y cuatro para modificar el perfil un paciente



Ilustración 30 - Manual de usuario: confirmación de que el perfil de un paciente se ha modificado exitosamente

8.2.5.4 Visualización de datos en tiempo real de un paciente

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente.



Ilustración 31 - Manual de usuario: Primer paso para visualizar los datos de un paciente en tiempo real



Ilustración 32 - Manual de usuario: Segundo paso para visualizar los datos de un paciente en tiempo real

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín

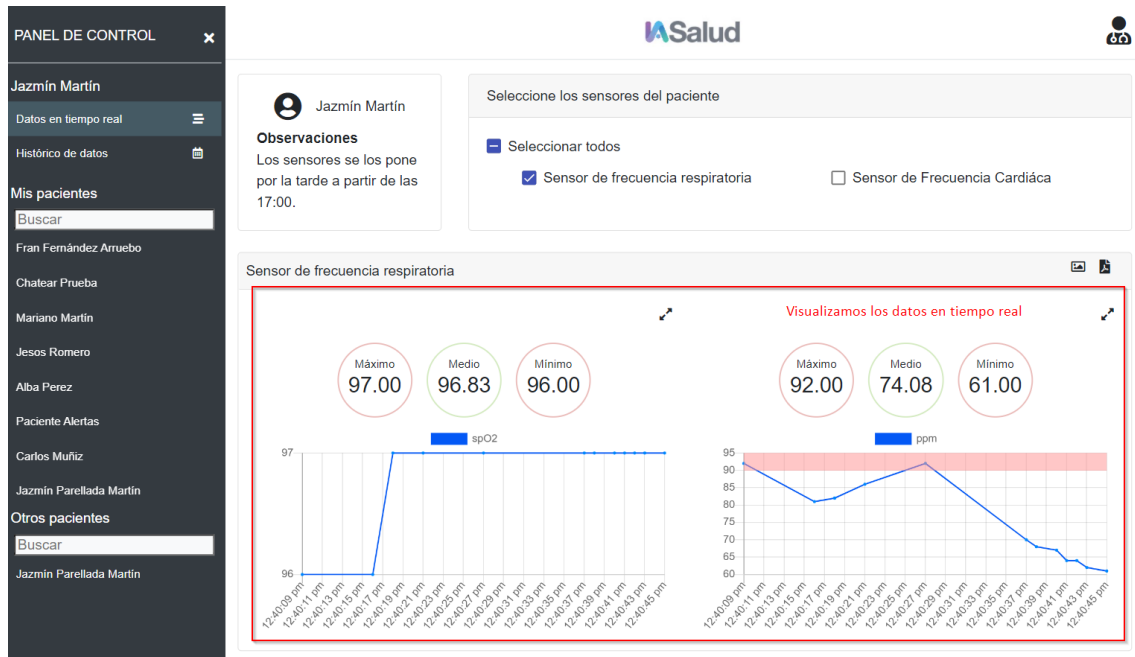


Ilustración 33 – Manual de usuario: Visualización de datos en tiempo real del paciente

8.2.5.5 Visualización de datos históricos de un paciente



Ilustración 34 – Manual de usuario: Paso uno para visualizar los datos históricos de un paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín



Ilustración 35 – Manual de usuario: Paso dos y tres para visualizar los datos históricos de un paciente

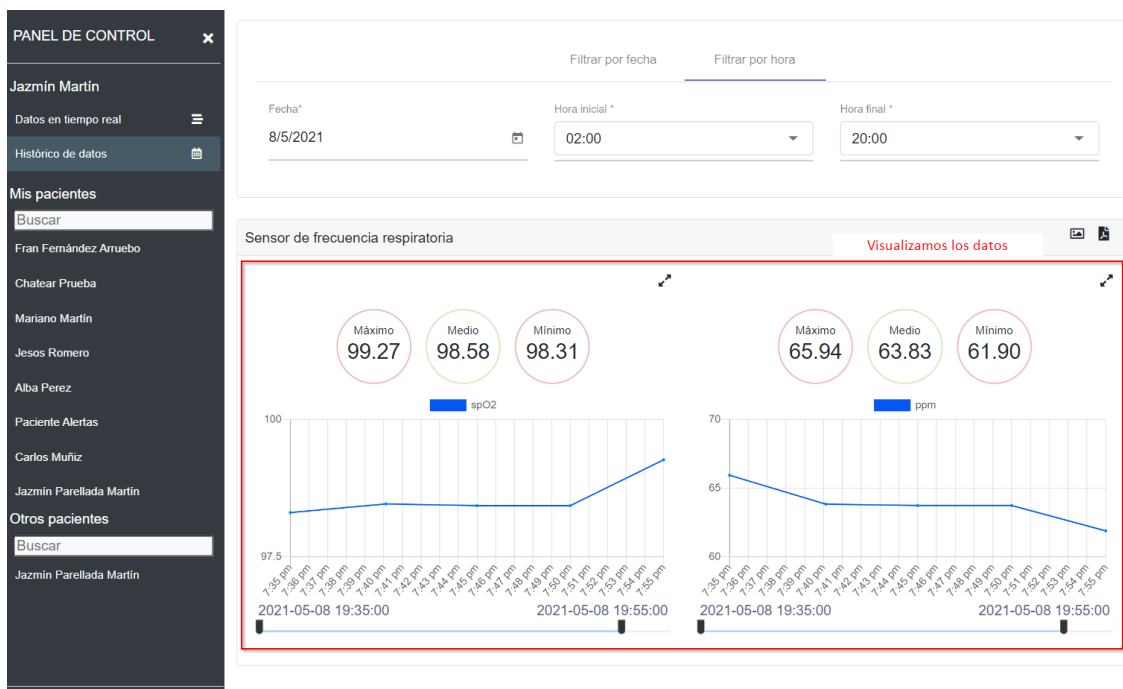


Ilustración 36 – Manual de usuario: Visualización de datos en históricos del paciente

8.2.5.6 Administrar sensores del paciente



Ilustración 37 - Manual de usuario: abrir la administración de sensores de un paciente

8.2.5.6.1 Visualizar sensores

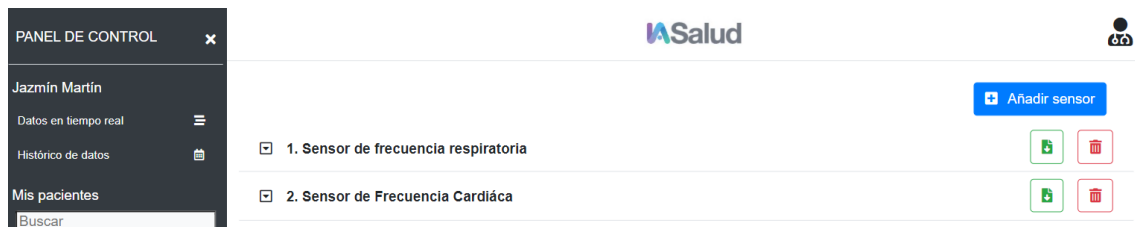


Ilustración 38 - Manual de usuario: Visualizar datos de los sensores de un paciente

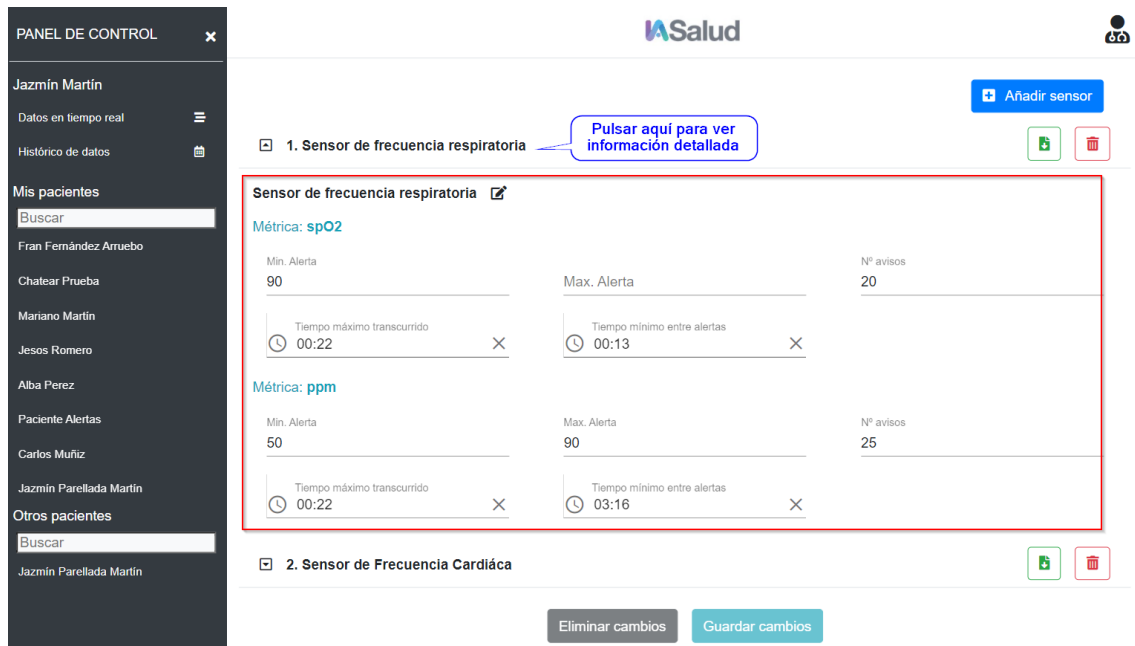


Ilustración 39 - Manual de usuario: Ver información detallada de un sensor del paciente

8.2.5.6.2 Añadir sensor

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente.

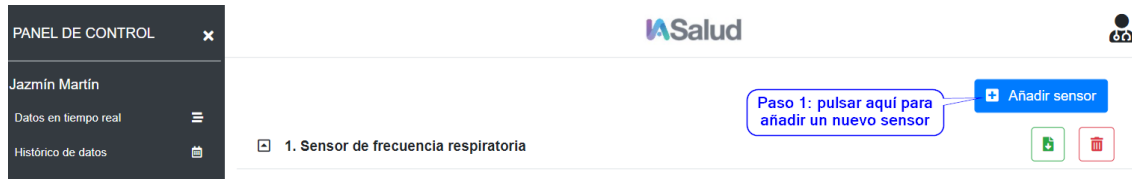


Ilustración 40 - Manual de usuario: Paso uno para añadir un sensor a un paciente

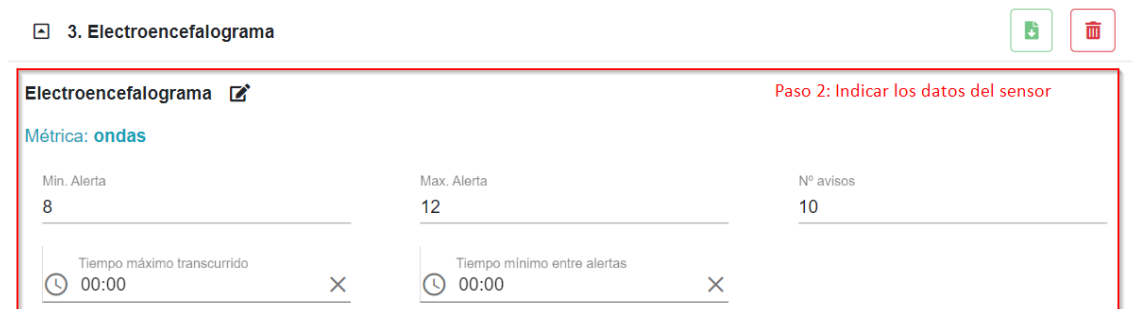


Ilustración 41 - Manual de usuario: Paso dos para añadir un sensor a un paciente

8.2.5.6.3 Modificar sensor

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente.



Ilustración 42 - Manual de usuario: Modificar un sensor a un paciente

8.2.5.6.4 Eliminar sensor

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente.

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos

Jazmín Parellada Martín

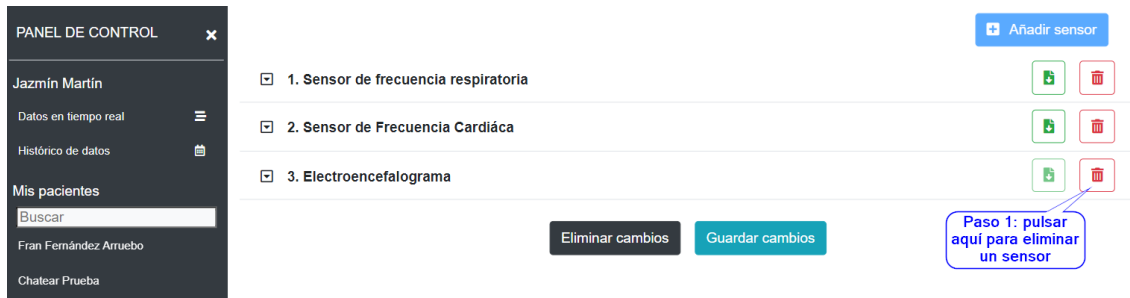


Ilustración 43 - Manual de usuario: Eliminar un sensor a un paciente

8.2.5.6.5 Guardar cambios

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente.

Una vez que hayamos administrado los sensores del paciente, deberemos guardar los cambios como se muestra en la siguiente figura:



Ilustración 44 - Manual de usuario: Guardar cambios de la administración de sensores de un paciente



Ilustración 45 - Manual de usuario: Cambios de los sensores de un paciente guardados correctamente

8.2.5.7 Descargar fichero de configuración de Arduino de un sensor



Ilustración 46 - Manual de usuario: Paso uno para descargar fichero de configuración de Arduino

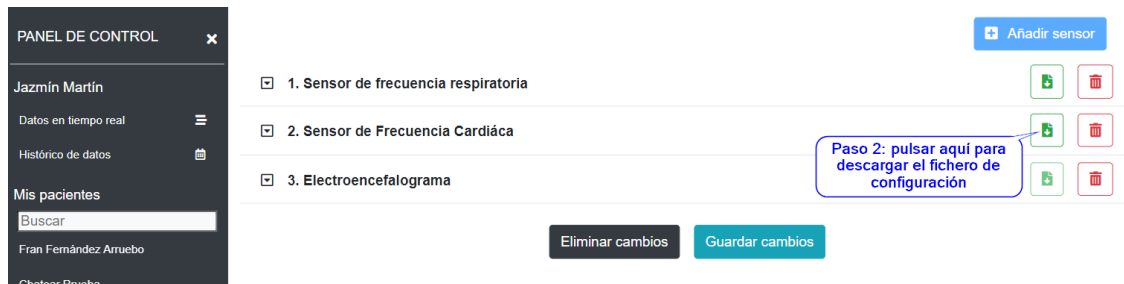


Ilustración 47 - Manual de usuario: Paso dos para descargar fichero de configuración de Arduino

8.2.5.8 Administrar alertas compuestas



Ilustración 48 - Manual de usuario: Abrir la administración de alertas compuestas de un paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos

Jazmín Parellada Martín

8.2.5.8.1 Visualizar alertas compuestas

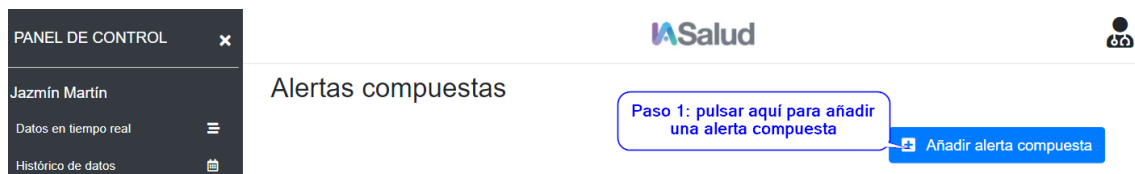


The screenshot shows the 'Alertas compuestas' (Compound Alerts) configuration screen. On the left is a dark sidebar with a 'PANEL DE CONTROL' (Control Panel) containing options like 'Jazmín Martín', 'Datos en tiempo real', 'Histórico de datos', and a list of patients. The main area is titled 'Alertas compuestas' and features a blue '+ Añadir alerta compuesta' button. Below this, a configuration for '1. Alerta compuesta' is shown, including fields for 'Nº avisos' (20), 'Tiempo máximo transcurrido' (02:02), and 'Tiempo mínimo entre alertas' (00:10). Under the 'Sensor de frecuencia respiratoria' section, two sensors are configured: 'spO2' with a 'Menor' condition and a minimum value of 100, and 'ppm' with a 'Mayor' condition and a maximum value of 90. At the bottom, there are buttons for 'Eliminar cambios' and 'Guardar cambios'.

Ilustración 49 - Manual de usuario: Visualizar alertas compuestas

8.2.5.8.2 Añadir alerta compuesta

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente.



This screenshot is similar to the previous one but includes an annotation. A blue callout box with the text 'Paso 1: pulsar aquí para añadir una alerta compuesta' has an arrow pointing to the '+ Añadir alerta compuesta' button.

Ilustración 50 - Manual de usuario: Paso uno para añadir una alerta compuesta de un paciente



The screenshot shows the configuration for '2. Alerta compuesta'. The 'Nº avisos' is set to 12, 'Tiempo máximo transcurrido' is 01:00, and 'Tiempo mínimo entre alertas' is 00:10. Under the 'Sensor de frecuencia respiratoria' section, a new sensor 'spO2' is added with an 'Entre' (Between) condition, a minimum value of 12, and a maximum value of 13. Below this, there is a '+ AÑADIR OTRA MÉTRICA' button. Under the 'Electroencefalograma' section, a sensor 'ondas' is added with an 'Entre' condition, a minimum value of 10, and a maximum value of 20. A '+ AÑADIR OTRO SENSOR' button is at the bottom. A red box highlights the entire configuration area, and a red callout box at the top right says 'Paso 2: Customizamos la alerta compuesta'.

Ilustración 51 - Manual de usuario: Paso dos para añadir una alerta compuesta de un paciente

8.2.5.8.3 Modificar alerta compuesta

Para poder realizar el siguiente paso tendremos que haber seleccionado el paciente.

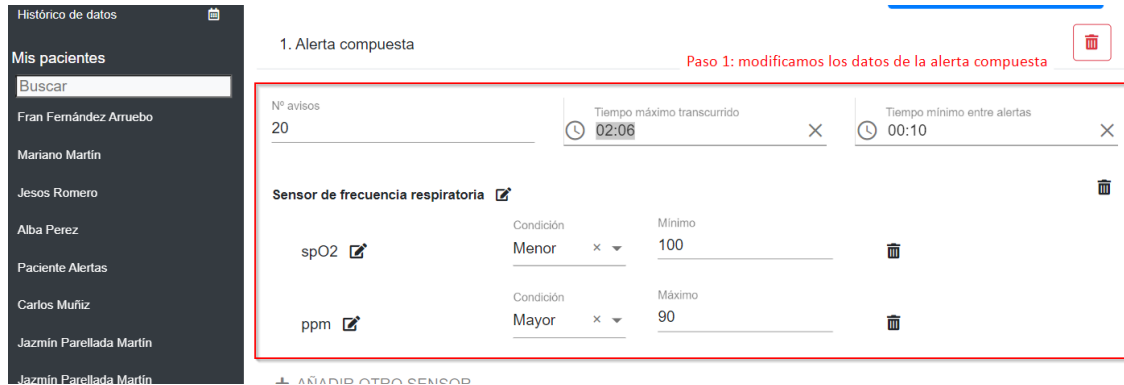


Ilustración 52 - Manual de usuario: Modificar una alerta compuesta de un paciente

8.2.5.8.4 Eliminar alerta compuesta

Para poder realizar el siguiente paso tendremos que haber seleccionado el paciente.

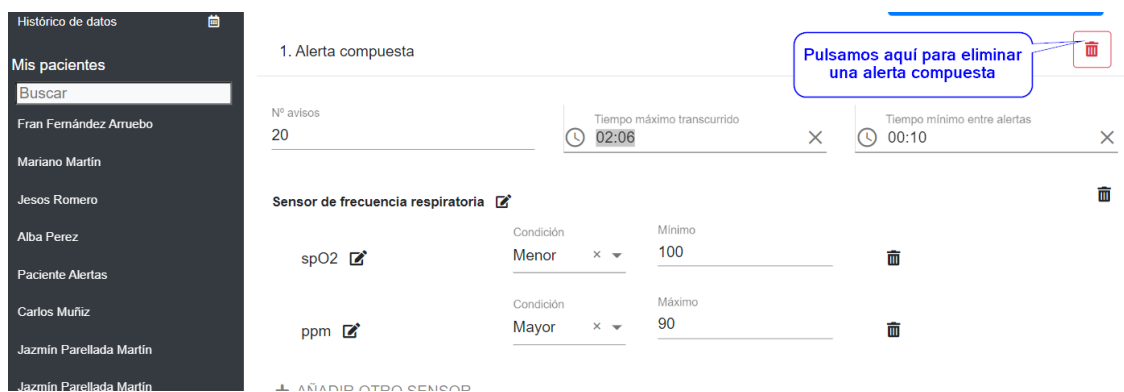


Ilustración 53 - Manual de usuario: Eliminar una alerta compuesta de un paciente

8.2.5.8.5 Guardar cambios

Para poder realizar el siguiente paso tendremos que haber seleccionado el paciente.

Una vez que hayamos administrado las alertas compuestas, deberemos guardar los cambios como se muestra en la siguiente figura:

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín



Ilustración 54 - Manual de usuario: Guardar cambios de la administración de las alertas compuestas



Ilustración 55 - Manual de usuario: Alertas compuestas cambias con éxito

8.2.5.9 Administrar personal sanitario



Ilustración 56 - Manual de usuario: Abrir la ventana de administración del personal sanitario de un paciente

8.2.5.9.1 Visualizar personal sanitario

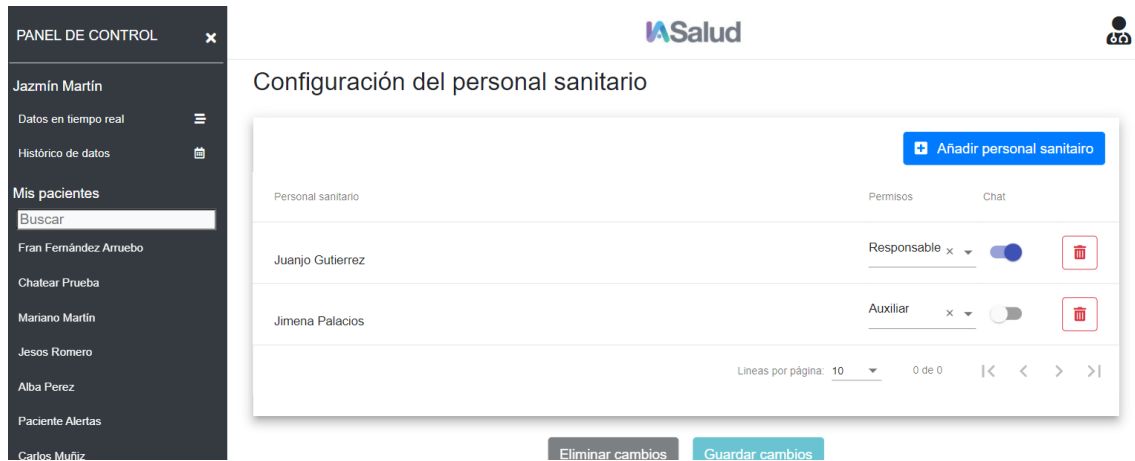


Ilustración 57 - Manual de usuario: Visualizar personal sanitario de un paciente

8.2.5.9.2 Añadir personal sanitario

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente.



Ilustración 58 - Manual de usuario: Paso uno para añadir un personal sanitario a un paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín

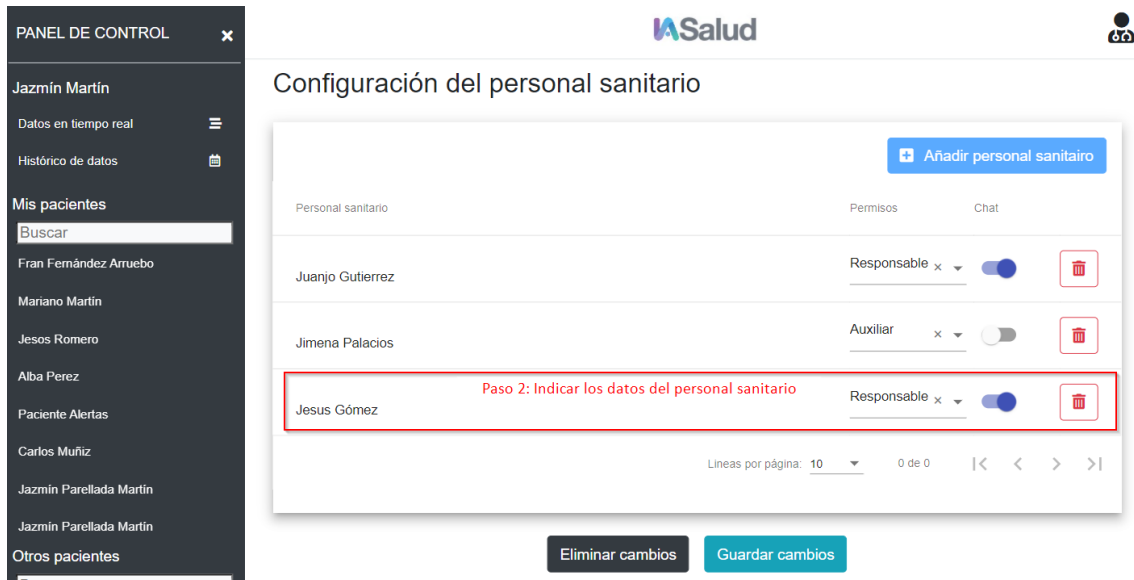


Ilustración 59 - Manual de usuario: Paso dos para añadir un personal sanitario a un paciente

8.2.5.9.3 Eliminar personal sanitario

Para poder realizar el siguiente paso tendremos que haber seleccionado el paciente.



Ilustración 60 - Manual de usuario: Eliminar personal sanitario de un paciente

8.2.5.9.4 Guardar cambios

Para poder realizar el siguiente paso tendremos que haber seleccionado el paciente.

Una vez que hayamos administrado el personal sanitario, deberemos guardar los cambios como se muestra en la siguiente figura:

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos

Jazmín Parellada Martín

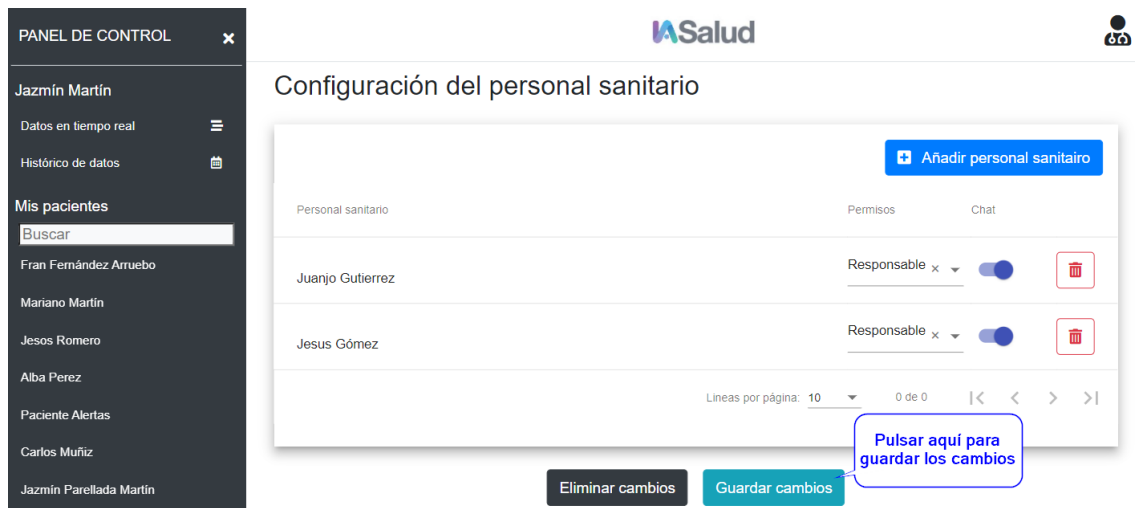


Ilustración 61 - Manual de usuario: Guardar cambios de la administración del personal sanitario

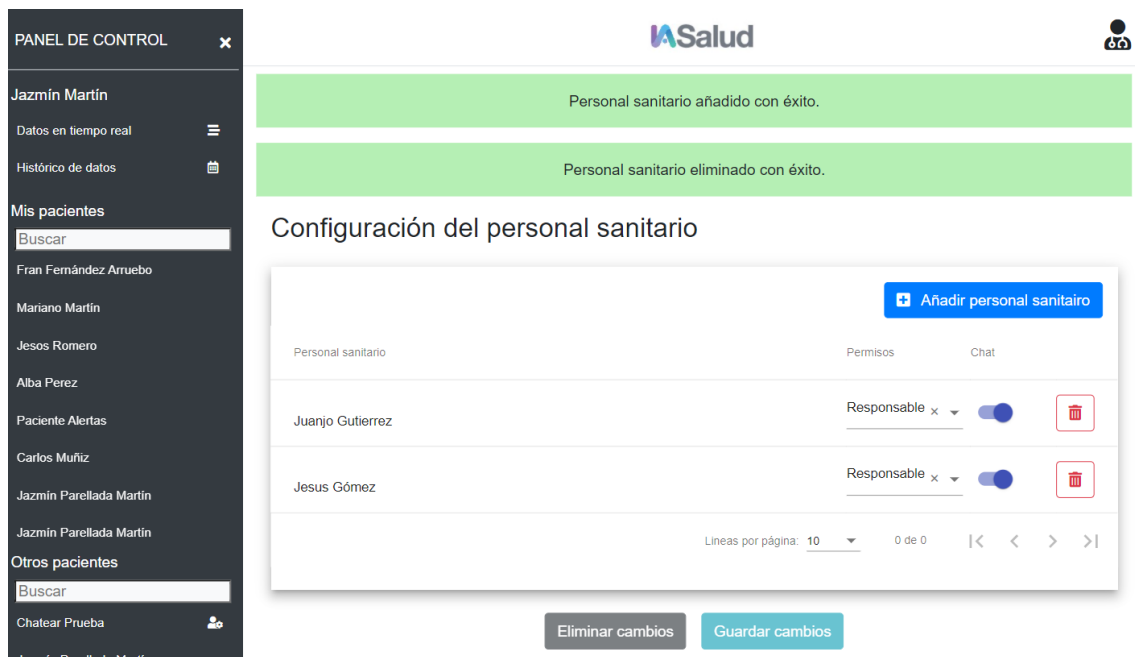


Ilustración 62 - Manual de usuario: Personal sanitario cambiado con éxito

8.2.5.10 Ver alertas

En la página de inicio podemos ver la última alerta producida en los pacientes. Esta alerta puede ser de los siguientes colores en función del tiempo que ha pasado desde que se produjo:

- Rojo (hace menos de una hora)
- Amarillo (en el último día)
- Negro (anterior al último día)

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín

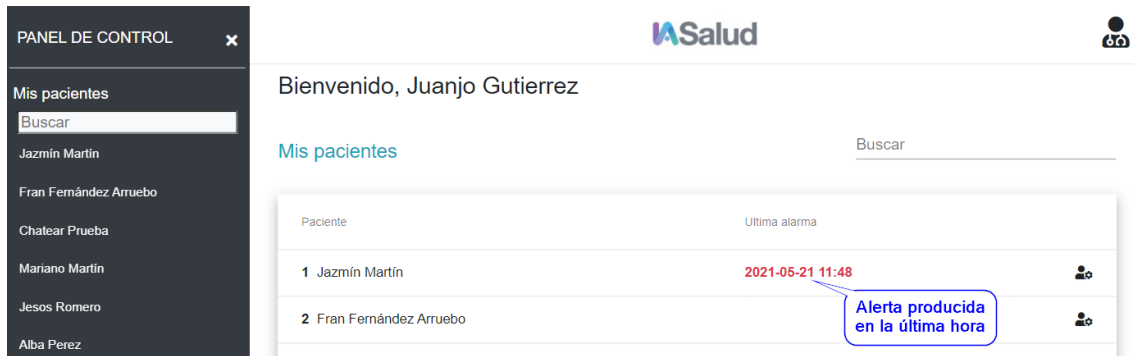


Ilustración 63 - Manual de usuario: Ver última alerta producida de un paciente

Si existen alertas producidas dentro del último día, al seleccionar el paciente se abrirá un Popup con información de estas.



Ilustración 64 - Manual de usuario: Popup con las últimas alertas de un paciente en el último día

Además, dentro del centro de control del paciente pulsar un botón para ver las últimas alertas producidas.



Ilustración 65 - Manual de usuario: Ver últimas alertas de un paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín

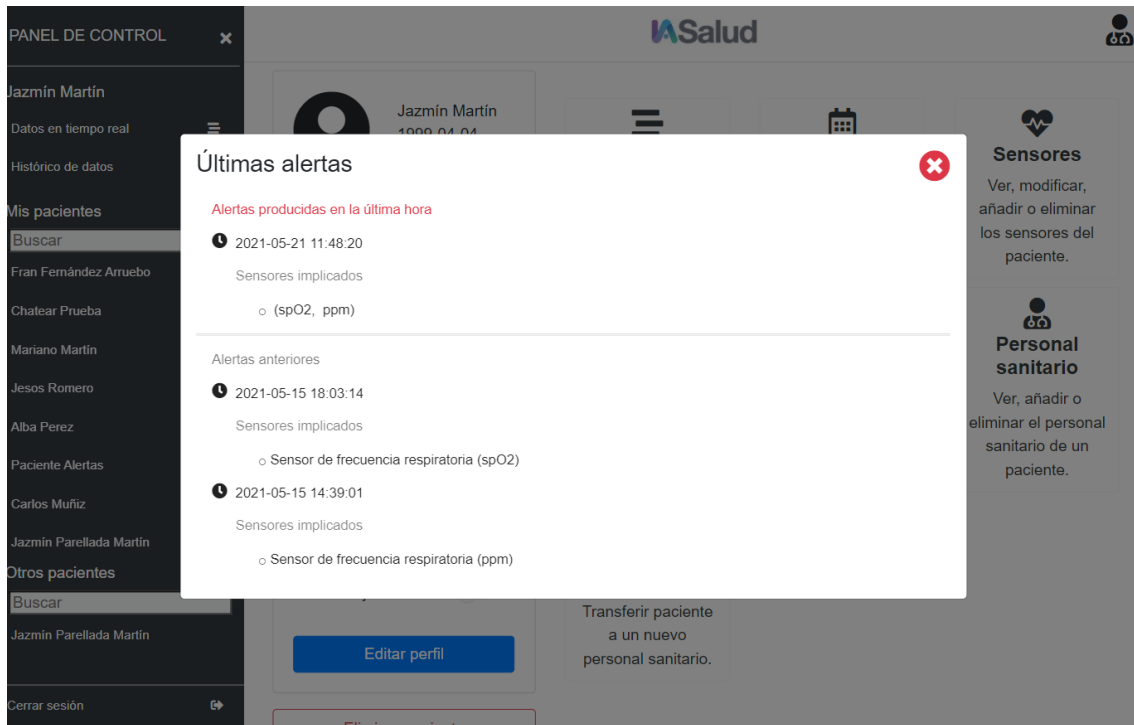


Ilustración 66 - Manual de usuario: Pop up con las últimas alertas de un paciente

8.2.5.11 Transferir paciente

Para poder realizar los siguientes pasos tendremos que haber seleccionado el paciente y además tenemos que ser el médico responsable del paciente.

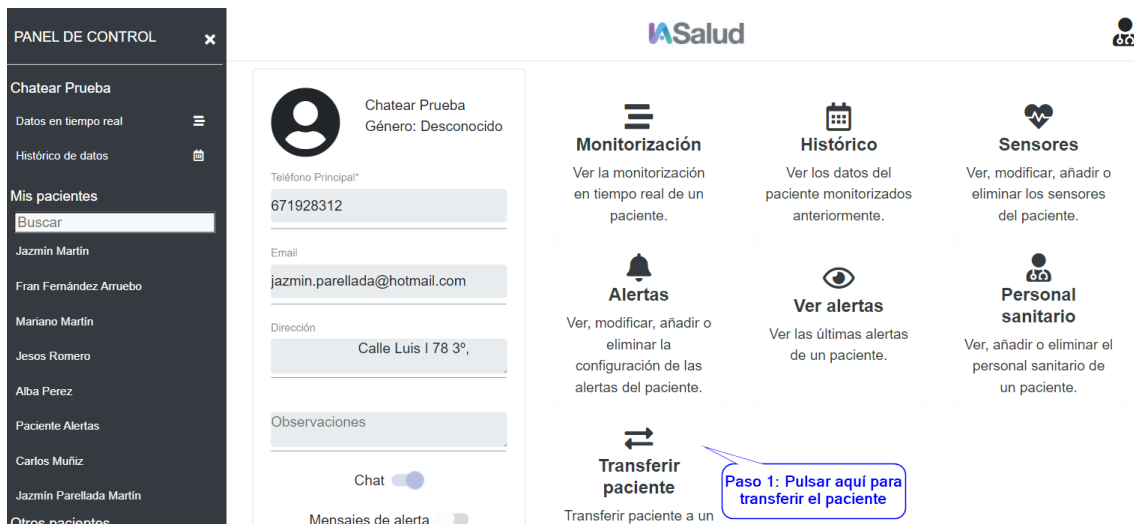


Ilustración 67 - Manual de usuario: Paso uno para transferir un paciente

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
 Jazmín Parellada Martín

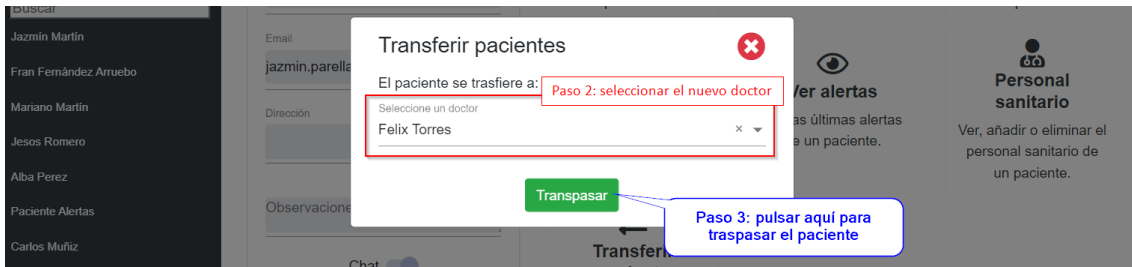


Ilustración 68 - Manual de usuario: Paso dos y tres para transferir un paciente

El prototipo nos regresará a la página de inicio y ya no veremos el paciente transferido.

8.2.6 Paciente

8.2.6.1 Visualización de datos en tiempo real



Ilustración 69 - Manual de usuario: Seleccionar sensores para la visualización en tiempo real

Si los sensores están conectados comenzará a mostrar los datos que vayan siendo captados:

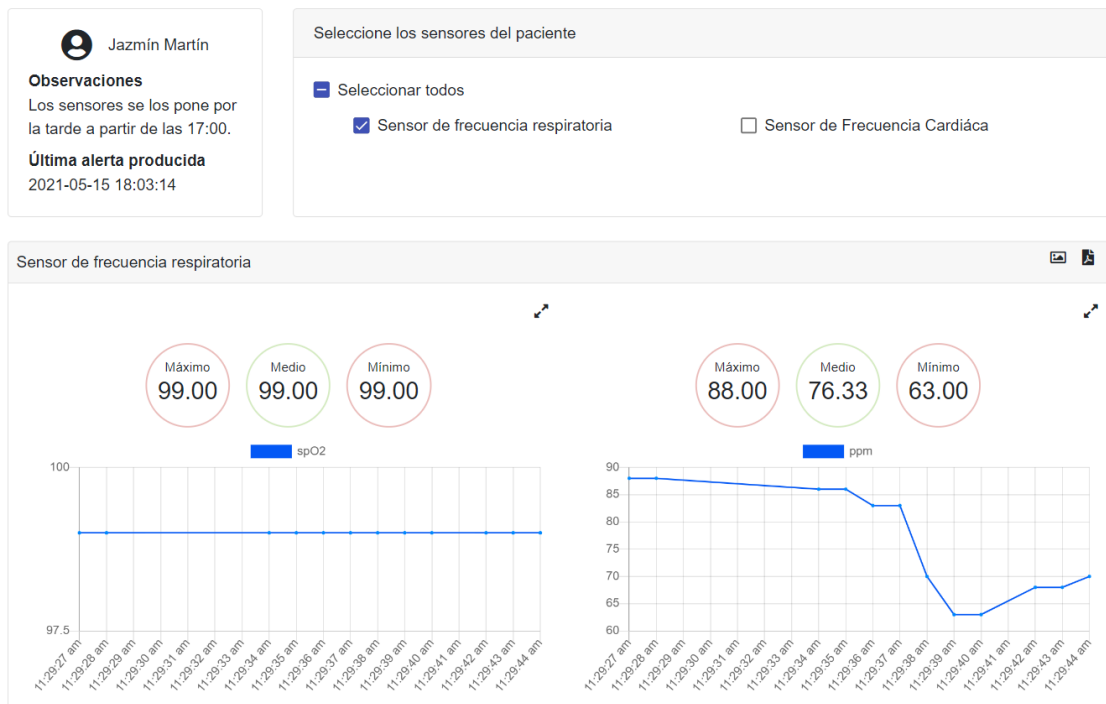


Ilustración 70 - Manual de usuario: Visualización de datos en tiempo real

8.2.6.2 Visualización de datos históricos



Ilustración 71 - Manual de usuario: Pasos a seguir para visualizar los datos históricos

Tras unos segundos se mostrará la información solicitada:

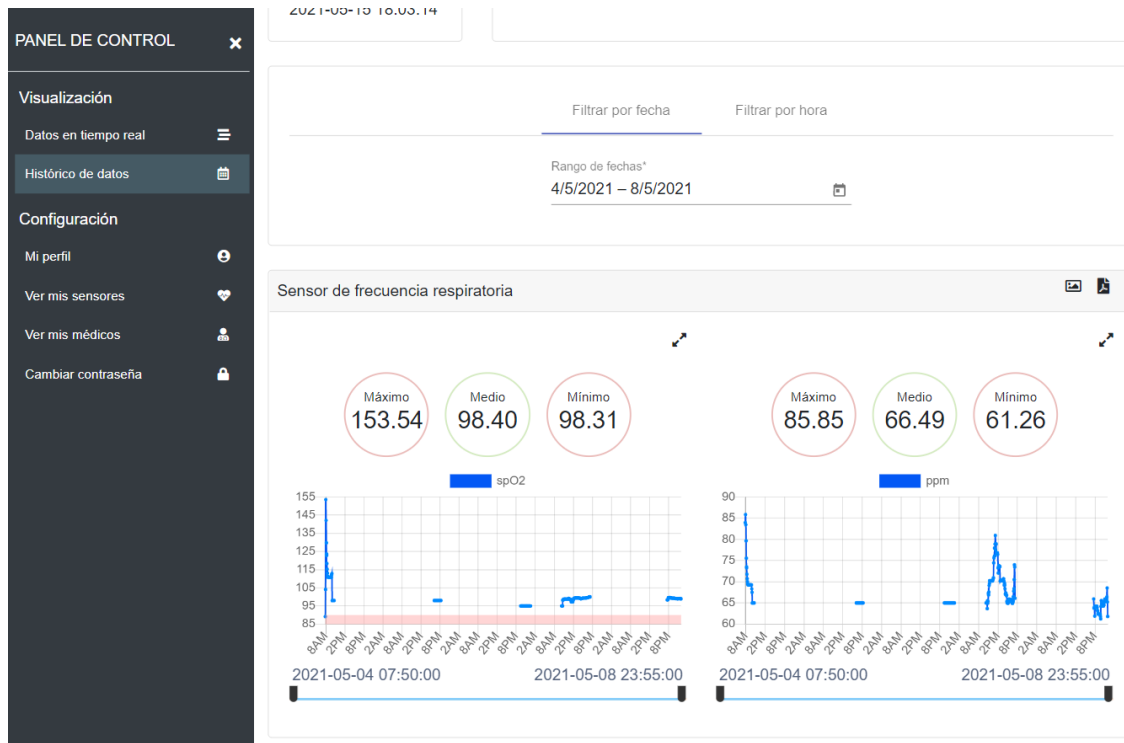


Ilustración 72 - Manual de usuario: Visualización de datos históricos

8.2.6.3 Ver perfil

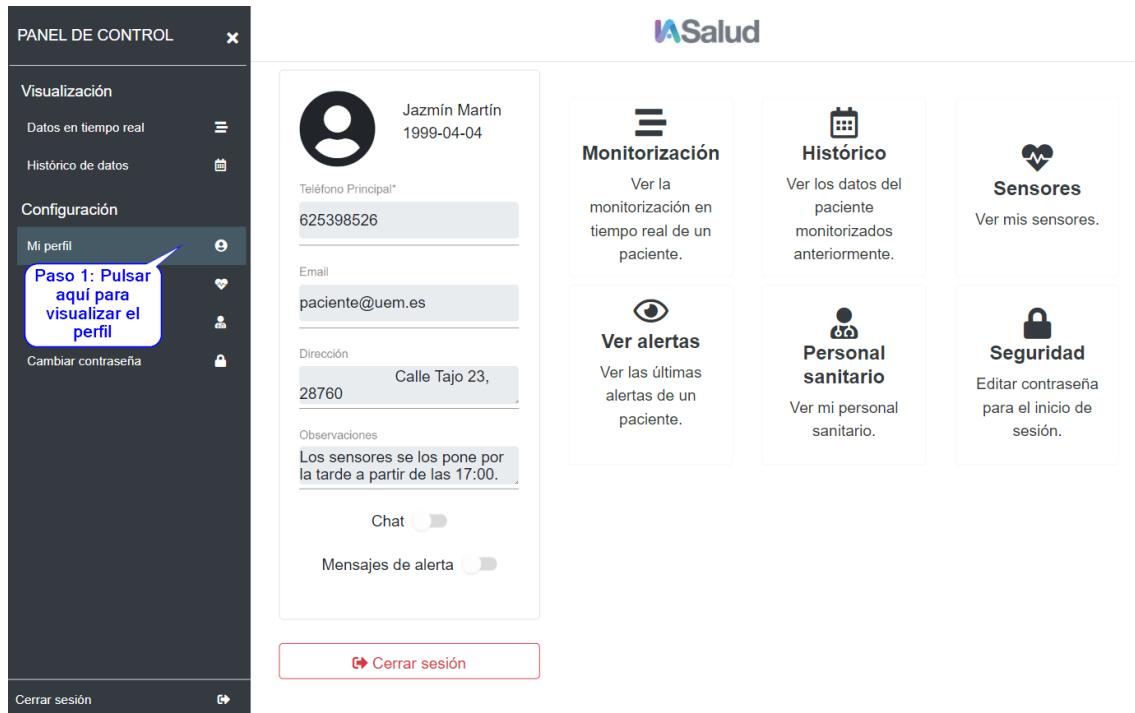


Ilustración 73 - Manual de usuario: Ver perfil del paciente

8.2.6.4 Ver sensores

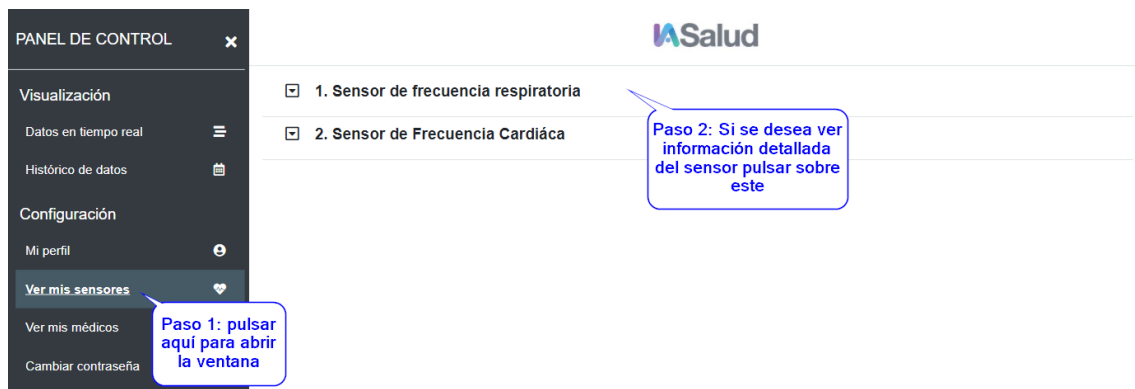


Ilustración 74 - Manual de usuario: Paso uno y dos para ver mis sensores

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos
Jazmín Parellada Martín



Ilustración 75 – Manual de usuario: Ver mis sensores

8.2.6.5 Ver personal sanitario



Ilustración 76 – Manual de usuario: Ver mi personal sanitario

8.2.7 Administrador

La siguiente imagen muestra la página principal del administrador y desde la cual se podrá mover por los diferentes módulos del sistema.



Ilustración 77 - Manual de usuario: Panel de control de un administrador

8.2.7.1 Administrar métricas



Ilustración 78 - Manual de usuario: Abrir la ventana de administración de métricas

8.2.7.1.1 Añadir métricas

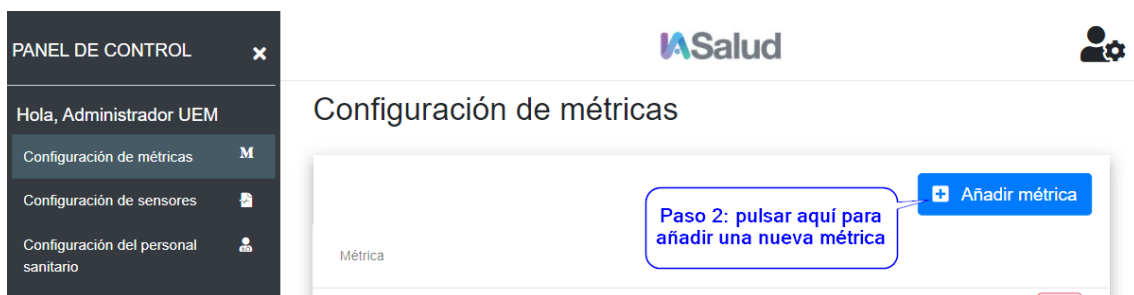


Ilustración 79 - Manual de usuario: Paso dos para añadir una métrica

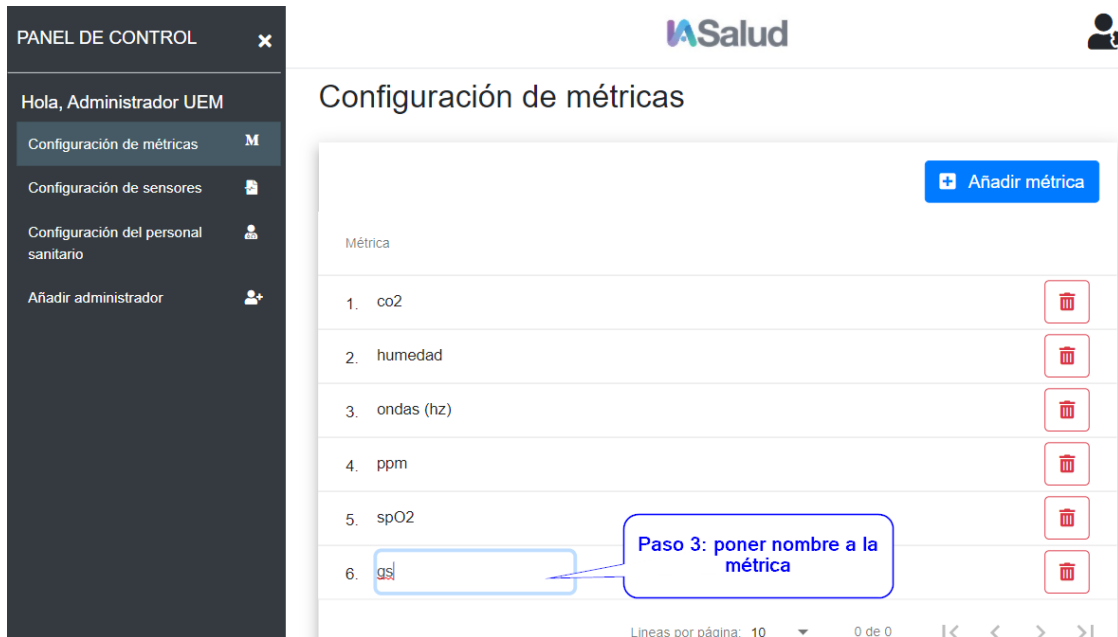


Ilustración 80 - Manual de usuario: Paso tres para añadir una métrica

8.2.7.1.2 Modificar métricas

Para modificar una métrica únicamente deberemos situarnos encima del nombre de la métrica que deseemos modificar y cambiarlo.

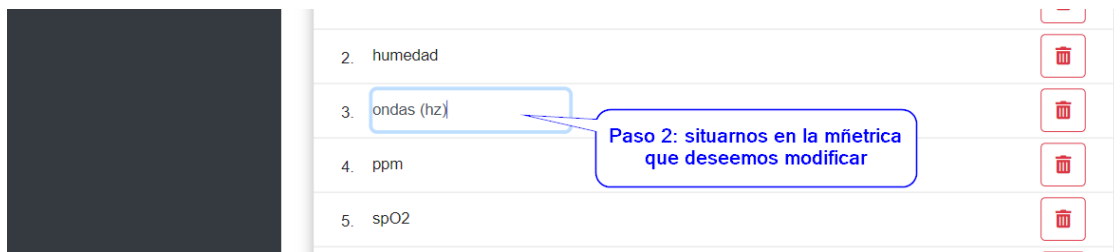


Ilustración 81 - Manual de usuario: Paso dos para modificar una métrica



Ilustración 82 - Manual de usuario: Paso tres para modificar una métrica

8.2.7.1.3 Eliminar métricas

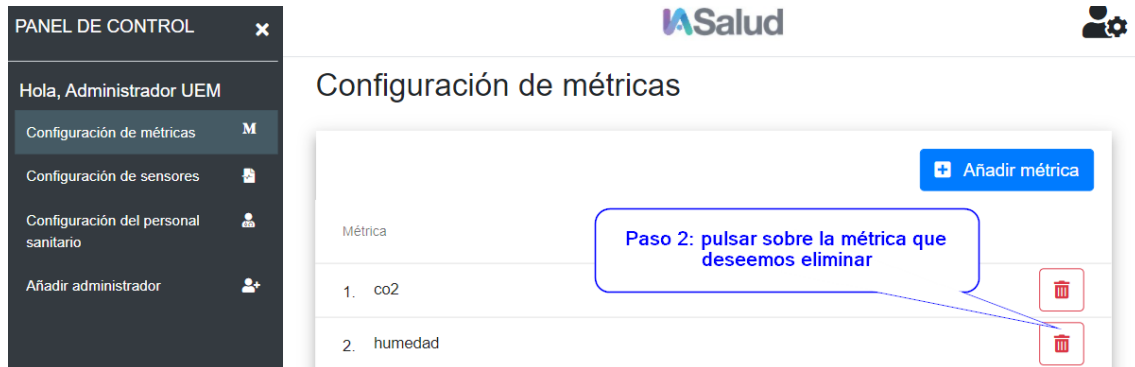


Ilustración 83 - Manual de usuario: Eliminar métricas

8.2.7.1.4 Guardar cambios

Una vez que hayamos administrado las métricas, deberemos guardar los cambios como se muestra en la siguiente figura:



Ilustración 84 - Manual de usuario: Confirmar cambios de la administración de métricas

8.2.7.2 Administrar sensores



Ilustración 85 - Manual de usuario: Abrir la ventana de administración de sensores

8.2.7.2.1 Añadir sensor



Ilustración 86 - Manual de usuario: Paso dos para añadir un sensor

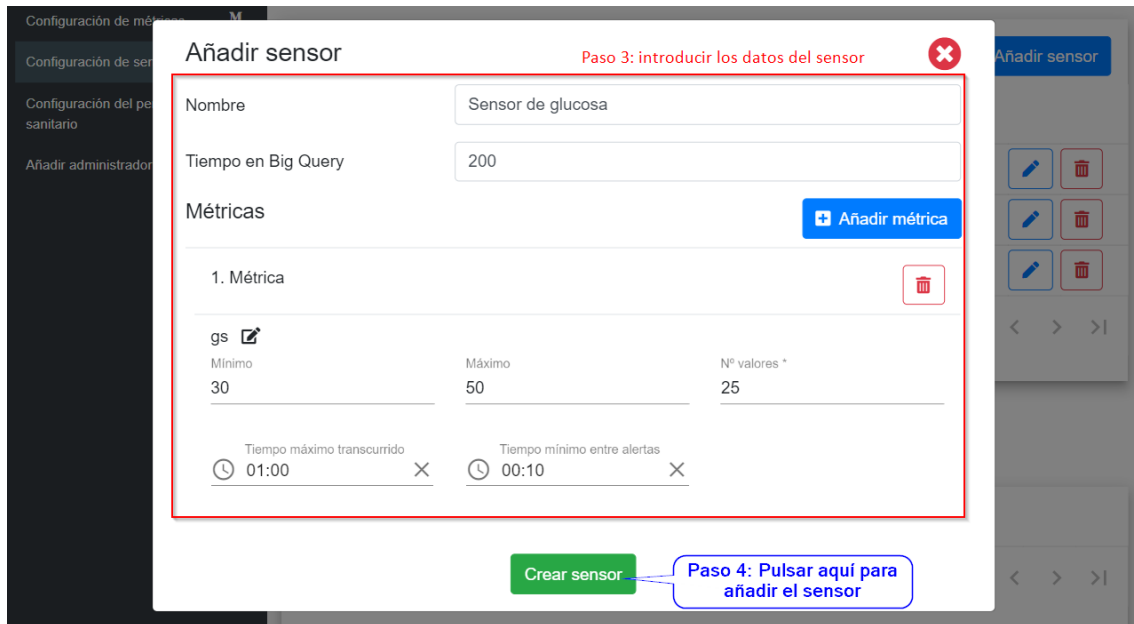


Ilustración 87 - Manual de usuario: Paso tres y cuatro para añadir un sensor

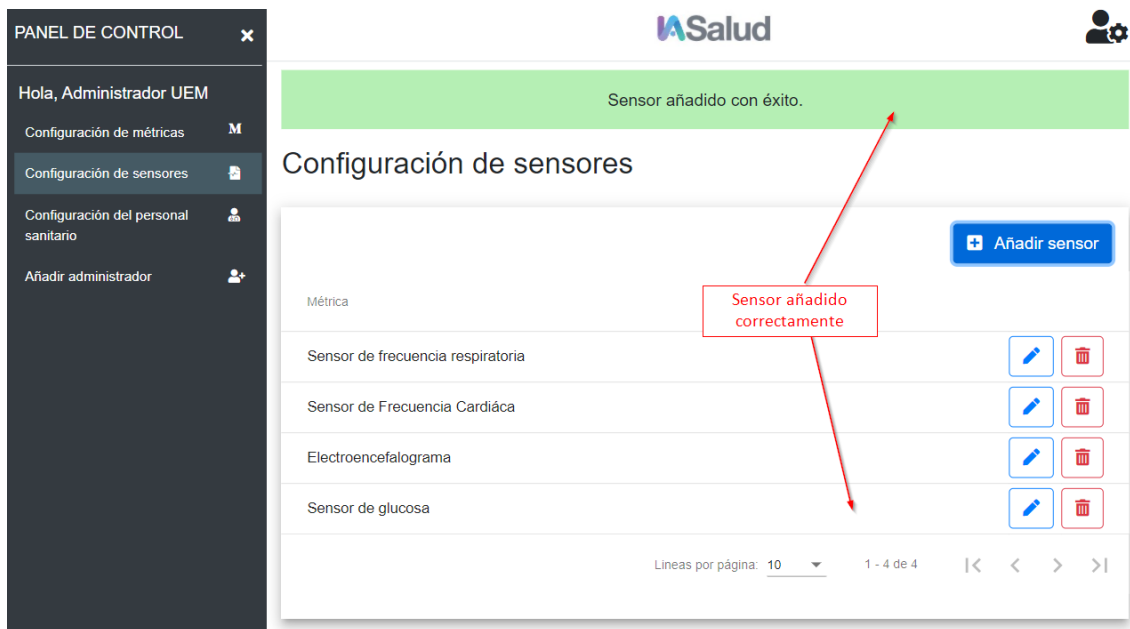


Ilustración 88 - Manual de usuario: Sensor añadido correctamente

8.2.7.2.2 Modificar sensor

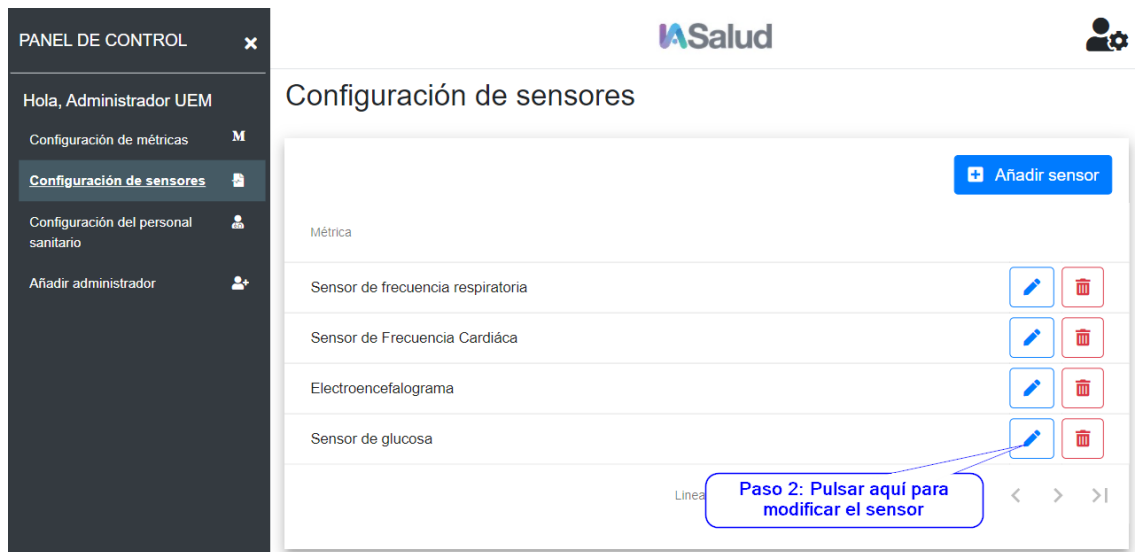


Ilustración 89 - Manual de usuario: Paso dos para modificar un sensor

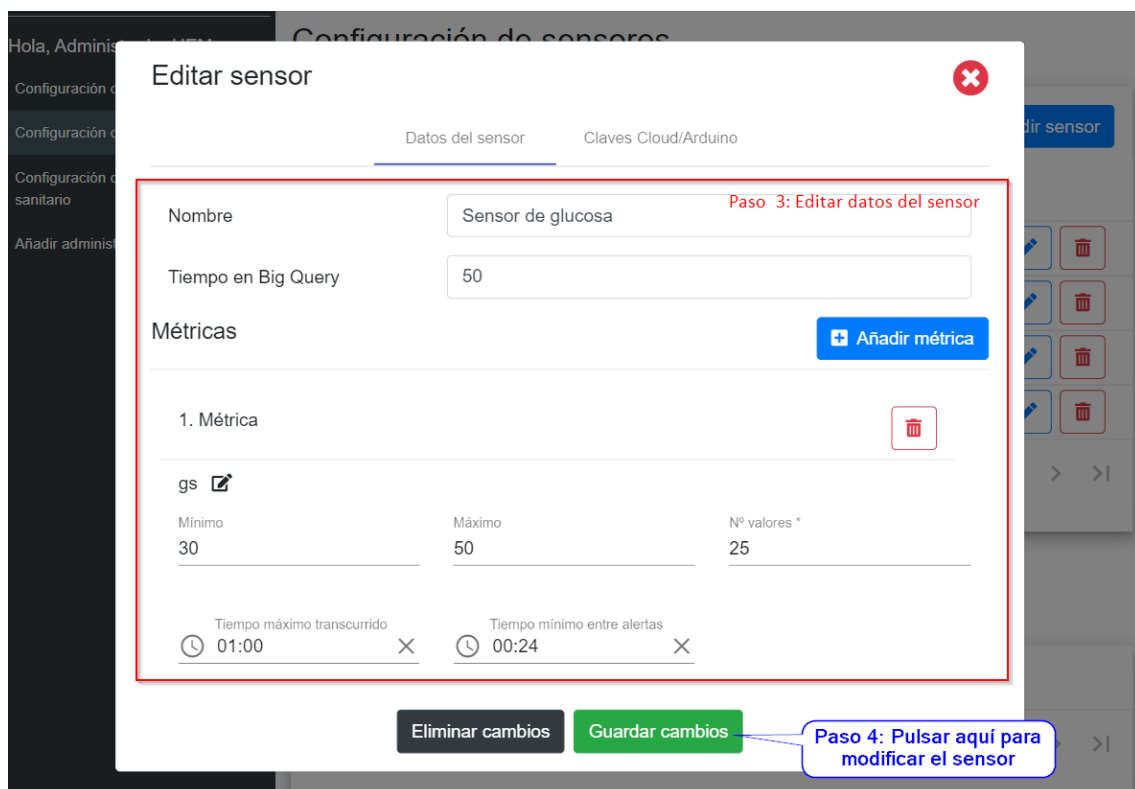


Ilustración 90 - Manual de usuario: Paso tres para modificar un sensor

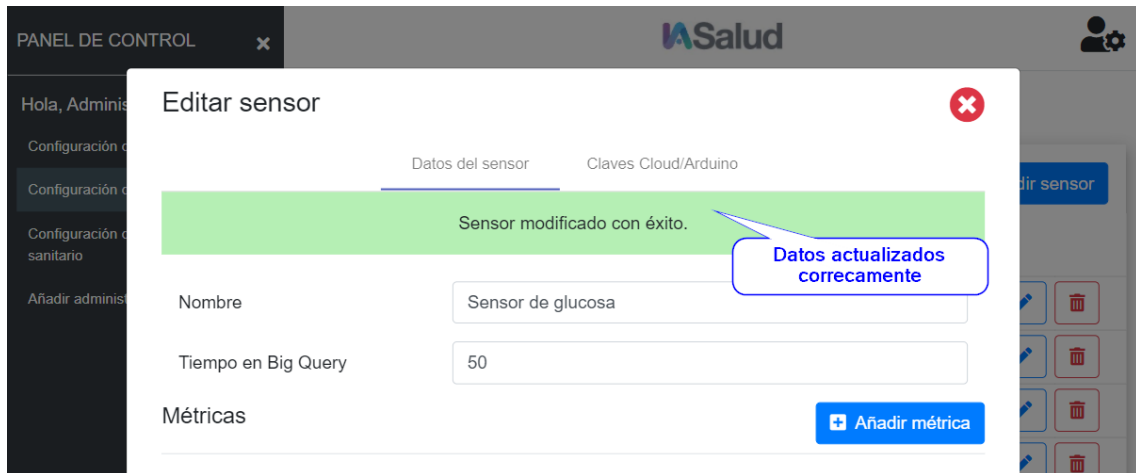


Ilustración 91 - Manual de usuario: Datos del sensor modificados correctamente

8.2.7.2.3 Volver a crear las claves de un sensor

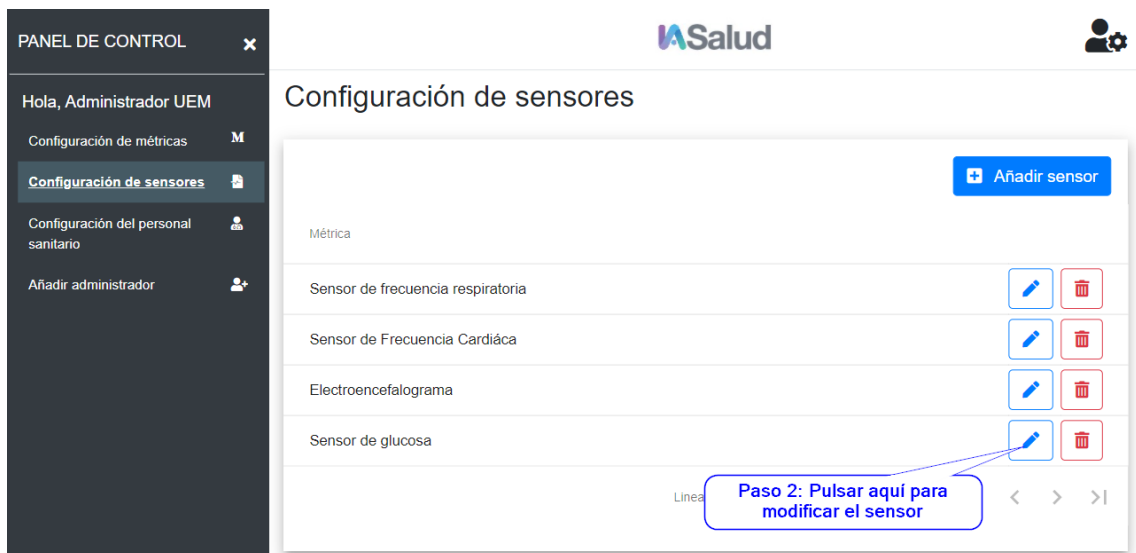


Ilustración 92 - Manual de usuario: Paso dos para volver a crear las claves de un sensor



Ilustración 93 - Manual de usuario: Paso tres para volver a crear las claves de un sensor

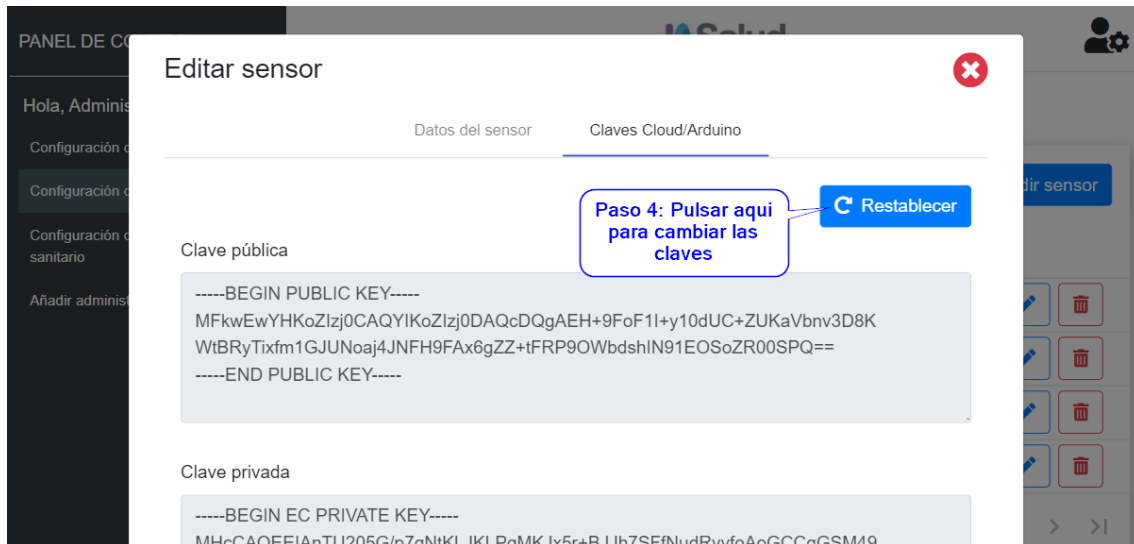


Ilustración 94 - Manual de usuario: Paso cuatro para volver a crear las claves

8.2.7.2.4 Eliminar sensor

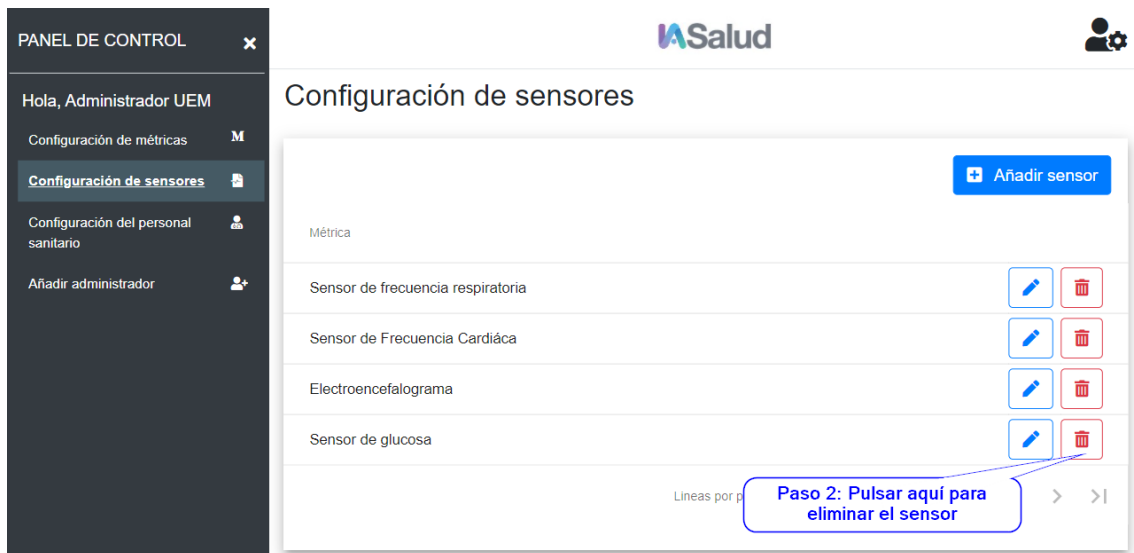


Ilustración 95 - Manual de usuario: Paso uno para eliminar un sensor de la aplicación

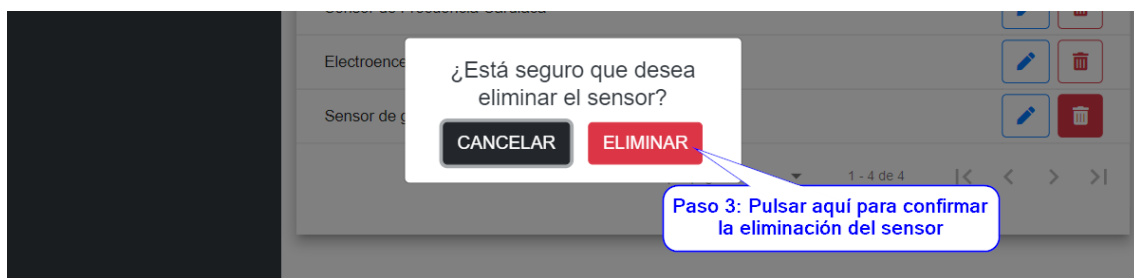


Ilustración 96 - Manual de usuario: Paso dos para eliminar un sensor de la aplicación

8.2.7.3 Administrar personal sanitario



Ilustración 97 - Manual de usuario: Abrir ventana de administración del personal sanitario

8.2.7.3.1 Añadir personal sanitario



Ilustración 98 - Manual de usuario: Paso uno para añadir un nuevo personal sanitario

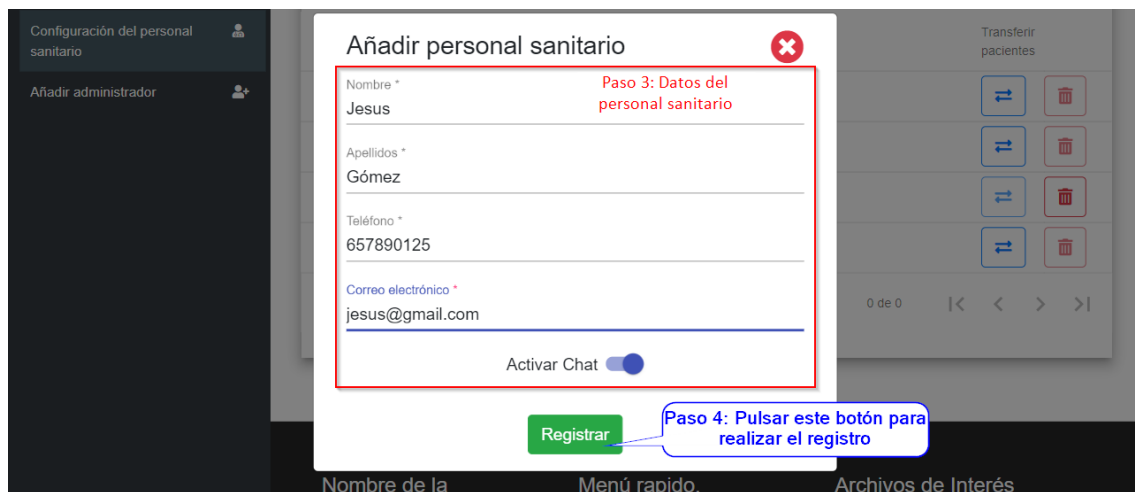


Ilustración 99 - Manual de usuario: Paso dos y tres para añadir un nuevo personal sanitario

8.2.7.3.2 Transferir pacientes de un personal sanitario

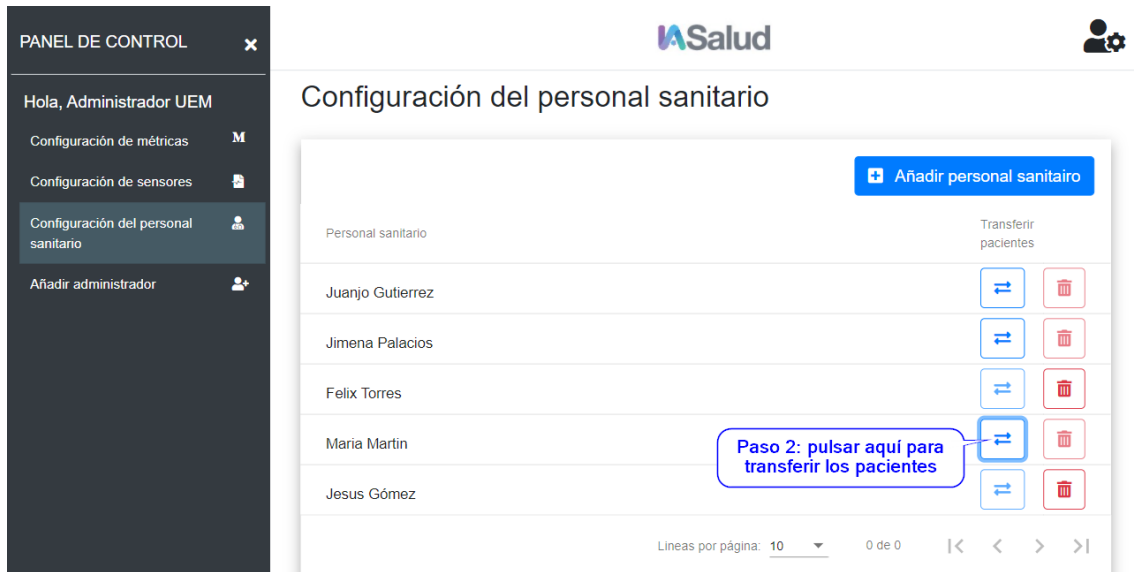


Ilustración 100 - Manual de usuario: : Paso uno para transferir los pacientes de un personal sanitario

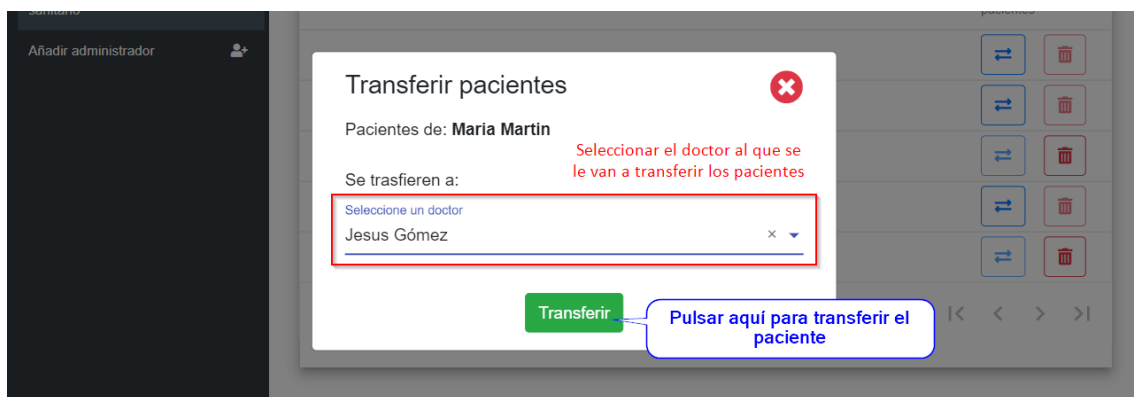


Ilustración 101 - Manual de usuario: Paso tres y cuatro para transferir los pacientes de un personal sanitario

8.2.7.3.3 Eliminar personal sanitario

Para poder eliminar un personal sanitario no debe tener ningún paciente a su cargo, es decir, se debe haber transferido sus pacientes anteriormente.



Ilustración 102 - Manual de usuario: Paso dos para eliminar un personal sanitario

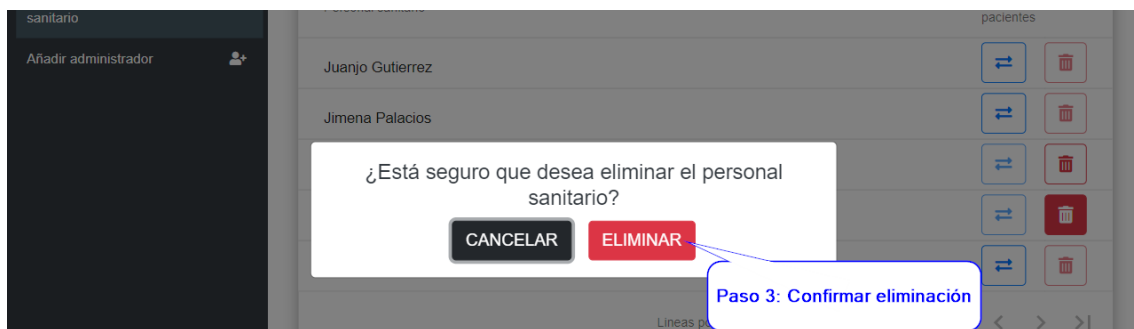


Ilustración 103 - Manual de usuario: Paso tres para eliminar un personal sanitario

8.2.7.4 Añadir administrador



Ilustración 104 - Manual de usuario: Paso uno para añadir un administrador

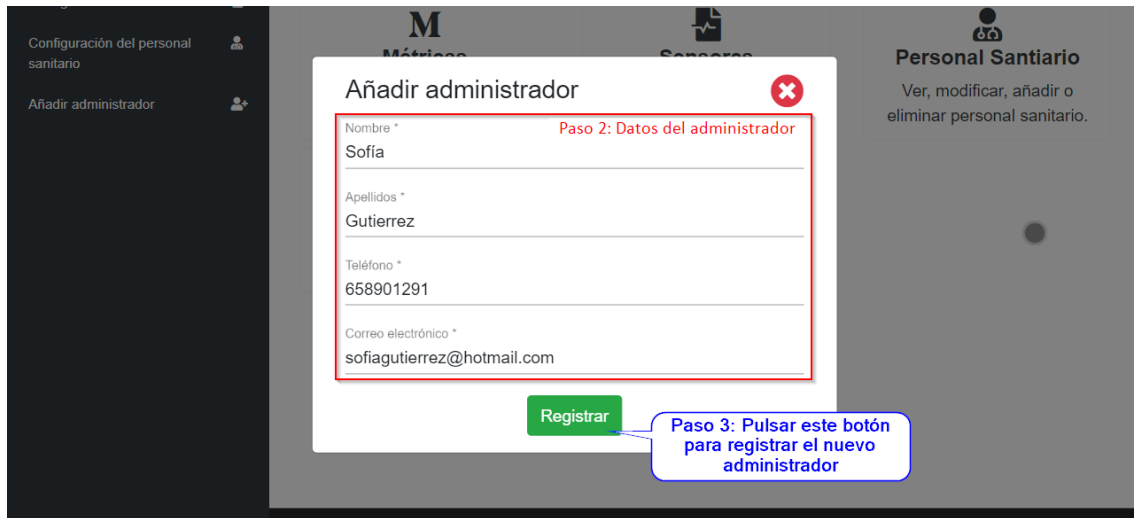


Ilustración 105 - Manual de usuario: Paso dos y tres para añadir un administrador

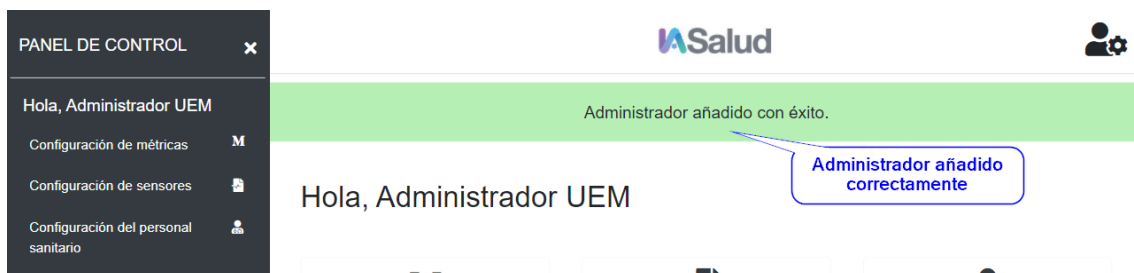


Ilustración 106 - Manual de usuario: Aviso de que un nuevo administrador ha sido añadido

8.2.7.5 Editar perfil



Ilustración 107 - Manual de usuario: Paso uno para modificar el perfil de un administrador

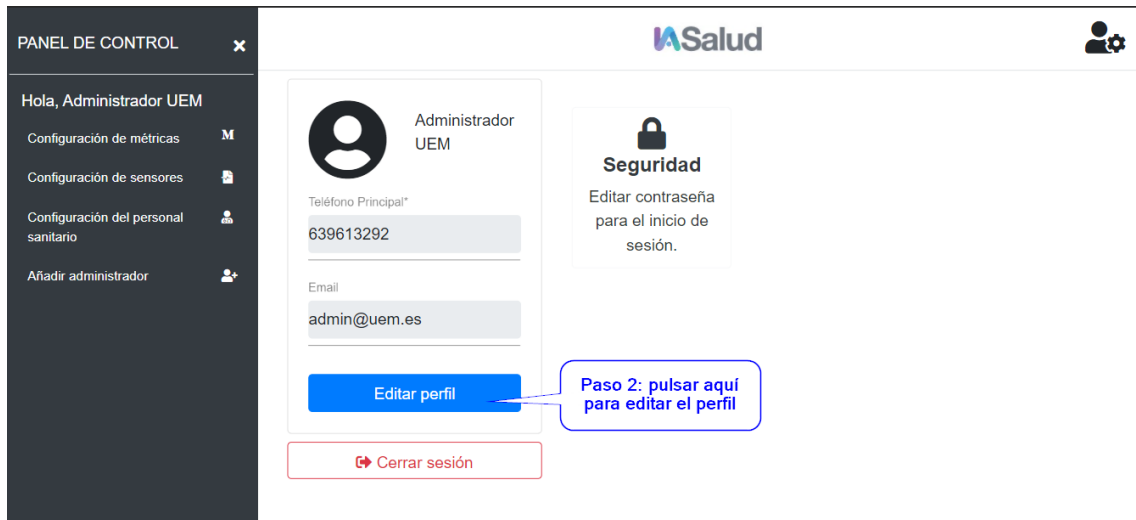


Ilustración 108 - Manual de usuario: Paso dos para modificar el perfil de un administrador



Ilustración 109 - Manual de usuario: Paso tres y cuatro para modificar el perfil de un administrador

8.3 Glosario

- ⁱ COVID-19: enfermedad infecciosa causada por un coronavirus. Las personas infectadas presentan cuadros respiratorios leves a moderados y se recuperan sin un tratamiento especial. Las personas ancianas y las personas de riesgo presentan más probabilidades de presentar un cuadro grave.
- ⁱⁱ Machine learning: capacidad de las máquinas para aprender está presente en muchos aspectos de la vida cotidiana.
- ⁱⁱⁱ Base de datos NoSQL:
- ^{iv} Responsive: técnica de diseño web que busca la correcta visualización de una misma página en distintos dispositivos (móviles, tablets, ordenadores, monitores, etc.).
- ^v ESP32: microcontrolador que salió al mercado en el año 2016 y entre sus ventajas podemos destacar que incluye Bluetooth y WiFi, un procesador con dos Cores, etc.
- ^{vi} Sparkfun max30101: sensor biométrico que mide el pulso y la frecuencia cardiaca.
- ^{vii} Hosting: Servicio de alojamiento para sitios webs.
- ^{viii} Certificado SSL: Este certificado permite la transferencia de datos cifrados entre un ordenador y un servicio web. Es decir, con el uso de este certificado sea segura que la “conversación” cliente/servidor sea privada.

Diseño y desarrollo de una aplicación multiplataforma para la gestión de datos clínicos remotos

Jazmín Parellada Martín

[PÁGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO]