



Facultad de
Ciencias Sociales y
Tecnologías de la Información
Talavera de la Reina. UCLM

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

Implementación de Aplicación Web y Desarrollo de Técnicas de
Visualización para la Gestión y el Diagnóstico de Patologías

Implementation of Web Application and Development of
Visualization Techniques for the Management and Diagnosis of
Pathologies

Sergio García Muñoz

Junio, 2024



Facultad de
Ciencias Sociales y
Tecnologías de la Información
Talavera de la Reina. UCLM

UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

TRABAJO FIN DE GRADO

Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información

Tecnología Específica de Web

Implementación de Aplicación Web y Desarrollo de Técnicas de
Visualización para la Gestión y el Diagnóstico de Patologías

Autor: Sergio García Muñoz

Tutor Académico: Félix Alberto Marco

Cotutor Académico: Juan Enrique Garrido Navarro

Junio , 2024

A mi familia

Declaración de Autoría

Yo, SERGIO GARCÍA MUÑOZ con DNI 02331832T, declaro que soy el único autor del trabajo fin de grado titulado “Implementación de Aplicación Web y Desarrollo de Técnicas de Visualización para la Gestión y el Diagnóstico de Patologías” y que el citado trabajo no infringe las leyes en vigor sobre propiedad intelectual y que todo el material no original contenido en dicho trabajo está apropiadamente atribuido a sus legítimos autores.

Talavera de la Reina, a 14 de Junio de 2024

Fdo: Sergio García Muñoz

Resumen

El proyecto DIPAMIA (Diagnóstico de Patologías a través del Análisis del Movimiento utilizando Inteligencia Artificial) se centra en el análisis del movimiento para diagnosticar patologías como, por ejemplo, la depresión. Uno de los elementos clave de este proyecto es la plataforma Web encargada de recoger, gestionar y mostrar la información relativa al proyecto. Esta aplicación Web será utilizada tanto por especialistas sanitarios, especialistas en movimiento, así como personal técnico que trabaje con el procesado de los datos. En última instancia, los pacientes también utilizan la plataforma para acceder a la información relativa a su intervención. En este contexto, el desarrollo de la aplicación Web es el objetivo de este Trabajo Final de Grado. Se realizará un estudio previo de las tecnologías más adecuadas para el desarrollo del proyecto. También, de cara a implementar una metodología centrada en el usuario, se realizarán entrevistas a los stakeholders con el fin de obtener la información necesaria para el desarrollo del proyecto. A continuación se analizarán las técnicas de visualización más adecuadas según los pasos previos para implementar la aplicación Web. Finalmente, se realizarán estudios de usabilidad para mejorar el uso del sistema.

Abstract

The DIPAMIA project (Diagnosis of Pathologies through Movement Analysis using Artificial Intelligence) focuses on analyzing movement to diagnose conditions such as depression. One of the key elements of this project is the Web platform responsible for collecting, managing, and displaying project-related information. This Web application will be used by healthcare specialists, movement specialists, and technical personnel working with data processing. Ultimately, patients will also use the platform to access information related to their treatment. In this context, the development of the Web application is the objective of this Final Degree Project. A preliminary study of the most suitable technologies for the project's development will be conducted. Additionally, to implement a user-centered methodology, interviews will be conducted with stakeholders to gather the necessary information for the project's development. Subsequently, the most appropriate visualization techniques will be analyzed based on the preliminary steps to implement the Web application. Finally, usability studies will be conducted to improve the system's use.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis tutores del proyecto, Félix Albertos y Juan Enrique Garrido. Su valiosa ayuda, sus consejos y su gran interés y apoyo no solo en sus áreas de especialidad, sino también en el desarrollo integral del proyecto, han sido una fuente constante de motivación para que dé lo mejor de mí.

Asimismo, quiero agradecer profundamente a Cristina Bravo y Manuel Trinidad por su valiosa ayuda y apoyo en el proceso de comprensión de la fibromialgia. Su disposición para compartir conocimientos y experiencias ha sido fundamental para el avance de este trabajo.

Finalmente, me gustaría extender mi agradecimiento a toda mi familia y a mis amigos por su apoyo incondicional. Su confianza en mis capacidades y su constante respaldo me han brindado la fuerza necesaria para llevar a cabo este proyecto.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Contexto y Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Competencias de la Intensificación	2
1.4. Estructura del Documento	3
2. Estado del Arte	5
2.1. Fibromialgia	5
2.2. Metodologías de Desarrollo Software	6
2.2.1. Ciclo de Vida del Desarrollo del Software	6
2.2.2. Metodologías de Desarrollo	7
2.2.3. Metodologías Ágiles	8
2.3. Tecnología Web	9
2.3.1. Tecnología Fundamental en la Web	9
2.3.2. Aplicaciones de una Sola Página	10
2.3.3. Librerías para Visualización de Datos	12
2.3.4. Tecnología en el Lado del Servidor	13
2.3.5. API REST	15
2.3.6. Tecnología Emergente	16
2.3.7. Stacks Tecnológicos	17
2.3.8. Proveedores de Hosting	19
2.4. Técnicas de Visualización de Datos	20
2.4.1. Técnicas de Distribución	20
2.4.2. Técnicas de Correlación	23
2.4.3. Técnicas de Ranking	25
2.4.4. Técnicas de Parte de un Todo	31
2.4.5. Técnicas de Evolución	34

2.4.6. Otras Técnicas	35
2.5. Interacción Persona-Ordenador	36
2.5.1. Concepto de la IPO	36
2.5.2. Experiencia de Usuario	38
2.5.3. Usabilidad	39
3. Propuesta de Solución	41
3.1. Aplicación Web	41
3.1.1. Arquitectura MVC	41
3.1.2. Tecnología de Aplicaciones de una Sola Página	42
3.1.3. Usabilidad como Características Clave	43
3.1.4. Marco Tecnológico	43
3.2. Metodología de Desarrollo	46
3.2.1. Justificación	46
3.2.2. Scrum	47
3.2.3. Adaptación	50
3.3. Herramientas	50
3.3.1. Gestión de Proyecto	51
3.3.2. Documentación	52
3.3.3. Desarrollo	53
4. DynaViz	55
4.1. Funcionalidades del Sistema	55
4.2. Arquitectura del Sistema	57
4.3. Guía de Instalación y Uso	58
4.3.1. Prerrequisitos e Instalación	58
4.3.2. Rol de Administrador	58
4.3.3. Rol de Médico	63
4.4. Pruebas Unitarias	64
4.5. Compatibilidad del Sistema	77
5. Evaluación del Sistema	79
5.1. Evaluación de la Usabilidad	79
5.1.1. Participantes	79
5.1.2. Contexto de Uso	80
5.1.3. Tareas	80
5.1.4. Diseño Experimental	81

5.1.5. Métricas de Usabilidad	81
5.1.6. Resultados	81
5.2. Evaluación de Recorrido Cognitivo	83
5.3. Conclusiones	83
6. Conclusiones	85
6.1. Revisión de los Objetivos	85
6.2. Competencias Adquiridas	86
6.3. Trabajo Futuro	86
Bibliografía	87
Anexo A. Desarrollo del Sistema	95
A.1. Stakeholders Identificados	95
A.2. Fase Inicial	96
A.2.1. Primera reunión	96
A.2.2. Segunda reunión	96
A.2.3. Tercera reunión	96
A.3. Sprint 1	97
A.3.1. Planificación del Sprint	97
A.3.2. Desarrollo del Sprint	97
A.3.3. Revisión del Sprint	97
A.3.4. Retrospectiva del Sprint	98
A.4. Sprint 2	98
A.4.1. Planificación del Sprint	98
A.4.2. Desarrollo del Sprint	99
A.4.3. Revisión del Sprint	99
A.4.4. Retrospectiva del Sprint	99
A.5. Sprint 3	99
A.5.1. Planificación del Sprint	100
A.5.2. Desarrollo del Sprint	101
A.5.3. Revisión del Sprint	101
A.5.4. Retrospectiva del Sprint	101
A.6. Sprint 4	101
A.6.1. Planificación del Sprint	101
A.6.2. Desarrollo de Sprint	103
A.6.3. Revisión Sprint	103

A.6.4. Retrospectiva del Sprint	104
A.7. Sprint 5	104
A.7.1. Planificación del Sprint	105
A.7.2. Desarrollo de Sprint	105
A.7.3. Revisión Sprint	106
A.7.4. Retrospectiva del Sprint	107
A.8. Sprint 6	107
A.8.1. Planificación del Sprint	108
A.8.2. Desarrollo de Sprint	109
A.8.3. Revisión Sprint	109
A.8.4. Retrospectiva del Sprint	109
A.9. Sprint 7	109
A.9.1. Planificación del Sprint	110
A.9.2. Desarrollo de Sprint	111
A.9.3. Revisión Sprint	113
A.9.4. Retrospectiva del Sprint	113
A.10. Sprint 8	113
A.10.1. Planificación del Sprint	113
A.10.2. Desarrollo de Sprint	115
A.10.3. Revisión Sprint	117
A.10.4. Retrospectiva del Sprint	117
A.11. Sprint 9	117
A.11.1. Planificación del Sprint	117
A.11.2. Desarrollo de Sprint	119
A.11.3. Revisión Sprint	119
A.11.4. Retrospectiva del Sprint	120
A.12. Sprint 10	121
A.12.1. Planificación del Sprint	121
A.12.2. Desarrollo de Sprint	122
A.12.3. Revisión Sprint	123
A.12.4. Retrospectiva del Sprint	128
A.13. Sprint 11	128
A.13.1. Planificación del Sprint	129
A.13.2. Desarrollo de Sprint	130
A.13.3. Revisión Sprint	131
A.13.4. Retrospectiva del Sprint	131

A.14.Sprint 12	131
A.14.1.Planificación del Sprint	131
A.14.2.Desarrollo de Sprint	134
A.14.3.Revisión Sprint	134
A.14.4.Retrospectiva del Sprint	135
A.15.Sprint 13	135
A.15.1.Planificación del Sprint	135
A.15.2.Desarrollo de Sprint	136
A.15.3.Revisión Sprint	137
A.15.4.Retrospectiva del Sprint	137
A.16.Sprint 14	137
A.16.1.Planificación del Sprint	137
A.16.2.Desarrollo de Sprint	139
A.16.3.Revisión Sprint	139
A.16.4.Retrospectiva del Sprint	139
A.17.Sprint 15	139
A.17.1.Planificación del Sprint	139
A.17.2.Revisión Sprint	141
A.17.3.Retrospectiva del Sprint	141
Anexo B. Entrevistas	143
B.1. Primera Entrevista	143
B.1.1. Guion de Preguntas	143
B.1.2. Conclusiones	144
B.2. Segunda Entrevista	145
B.2.1. Guion de Preguntas	145
B.2.2. Conclusiones	146
Anexo C. Diagramas	147
C.1. Diagrama de Despliegue	147
C.2. Diagrama de Base de Datos	147
C.3. Diagrama de Secuencia para Iniciar Sesión	147
C.4. Diagrama de Secuencia para Crear un Paciente	150
C.5. Diagrama de Actividad para Crear una Prueba	151
Anexo D. Prototipos	153
D.1. Prototipo No Interactivo	153

D.2. Prototipo Interactivo	159
Anexo E. Estudio de Técnicas de Visualización de Datos	171
E.1. Identificación de Datos	171
E.2. Visualización del Tiempo de Vídeo	172
E.3. Evaluación de Restricción de Movimiento	172
E.4. Análisis Conjunto	174
E.5. Distribución de Datos	174
E.6. Correlación entre Partes del Cuerpo	177
E.7. Evolución del Paciente	177
Anexo F. Resultados de Evaluaciones	181
F.1. Resultados de Cuestionario SUS	181
F.2. Puntuación del SUS	181
Anexo G. Despliegue de DynaViz	187
G.1. Proveedor de Dominio	187
G.2. Proveedor de Hosting	188
G.3. Proveedor de Base de Datos	189
G.4. Conclusiones	190

Índice de figuras

2.1. TypeScript vs JavaScript	10
2.2. Enrutado en el lado del servidor	11
2.3. Enrutado en el lado del cliente	12
2.4. Despliegue con docker vs con máquinas virtuales [22]	17
2.5. Histograma [48]	21
2.6. Gráfico de densidad [48]	21
2.7. Componentes del diagrama de caja y bigotes [54]	22
2.8. Diagrama de caja y bigotes [48]	22
2.9. Diagrama de caja y bigotes con “ <i>jitter</i> ” [48]	23
2.10. Diagrama de violin [48]	24
2.11. Diagrama de dispersión [48]	24
2.12. Gráfico de burbujas [48]	25
2.13. Mapa de calor [48]	26
2.14. Gráfico de barras [48]	27
2.15. Gráfico lollipop [48]	28
2.16. Gráfico de barras circular [48]	29
2.17. Gráfico radial [48]	30
2.18. Gráfico de tarta [48]	31
2.19. Gráfico de barras apiladas [48]	32
2.20. Mapa de árbol [48]	32
2.21. Diagrama de sol [48]	33
2.22. Gráfica de línea [48]	34
2.23. Gráfica de área [48]	35
2.24. Gráfica de área apilada [48]	35
2.25. Mapa [48]	36
2.26. Diagrama de cuerdas [48]	37
2.27. Flujo de la disciplina de la IPO [36]	38

3.1. Arquitectura MVC	42
3.2. Arquitectura tecnológica	45
3.3. Flujo de la metodología Scrum [93]	49
3.4. Plantilla utilizada para la creación del BC	51
4.1. Diagrama de casos de uso	56
4.2. Diagrama de clases ilustrando una arquitectura	57
4.3. Ventana de inicio de sesión	59
4.4. Ventana de inicio como administrador	60
4.5. Ventana de lista de médicos	60
4.6. Ventana modal de detallas de médico	61
4.7. Ventana modal de nuevo médico	61
4.8. Ventana modal de “Mi cuenta”	62
4.9. Ventana modal de edición de datos de cuenta	62
4.10. Ventana modal de edición de contraseña	63
4.11. Ventana de lista de pacientes como médico	65
4.12. Ventana modal de nuevo paciente	65
4.13. Ventana modal de detalles de paciente	66
4.14. Ventana de lista de pruebas	66
4.15. Ventana modal de nueva prueba	67
4.16. Venatana modal grabando vídeo de prueba	67
4.17. Ventana modal de detalles de prueba	68
4.18. Venatana modal para exportar datos de prueba	68
4.19. Documento PDF generado al exportar datos de prueba	69
4.20. Gráfico de líneas	69
4.21. Gráfico de barras	70
4.22. Gráfico radial	70
4.23. Gráfico de pastel	71
4.24. Mapa de árbol	71
4.25. Histograma	72
4.26. Diagrama de cajas y bigotes de desplazamientos	72
4.27. Diagrama de cajas y bigotes de variaciones	73
4.28. Gráfico de burbujas	73
4.29. Mapa de calor	74
4.30. Ventana de análisis de evolución	74
4.31. Gráfico de líneas de evolución	75
4.32. Gráfico de barras de evolución	75

4.33. Gráfico radial de evolución	76
4.34. Ventana modal de ayuda	76
4.35. Diseño responsive	78
5.1. Resultados SUS	82
5.2. Asociación entre rangos percentiles con puntuaciones SUS	82
A.1. BC del Sprint 1	98
A.2. BC del Sprint 2	100
A.3. BC del Sprint 3	102
A.4. BC del Sprint 4	104
A.5. BC del Sprint 5	107
A.6. BC del Sprint 6	110
A.7. MVP desarrollado durante el Sprint 7	112
A.8. BD del MVP en la herramienta MongoDB Compass	112
A.9. BC del Sprint 7	114
A.10. Lista de pacientes del MVP	116
A.11. Menú de creación de paciente del MVP	116
A.12. BC del Sprint 8	118
A.13. Gráfica de líneas del MVP	120
A.14. Histograma del MVP	120
A.15. BC del Sprint 9	121
A.16. Inicio de sesión del MVP	123
A.17. Ventana de inicio como admin del MVP	124
A.18. Ventana de inicio como médico del MVP	124
A.19. Lista de pacientes del MVP	125
A.20. Detalles de paciente del MVP	125
A.21. Nuevo paciente del MVP	126
A.22. Lista de pruebas del MVP	126
A.23. Nueva prueba del MVP	127
A.24. Análisis de prueba del MVP	127
A.25. Detalles de prueba del MVP	128
A.26. BC del Sprint 10	129
A.27. Logotipo de <i>DynaViz</i>	130
A.28. Formulario de despliegue de servicio Web en <i>Render</i>	132
A.29. Aplicación Web desplegada en <i>Render</i>	132
A.30. BC del Sprint 11	133

A.31.BC del Sprint 12	135
A.32.BC del Sprint 13	138
A.33.BC del Sprint 14	140
A.34.BC del Sprint 15	141
C.1. Diagrama de despliegue	148
C.2. Diagrama de base de datos	149
C.3. Diagrama de secuencia de inicio de sesión con éxito	150
C.4. Diagrama de secuencia de creación de un paciente con éxito	151
C.5. Diagrama de actividad para crear una prueba	152
D.1. Ventana de inicio de sesión	154
D.2. Ventana de inicio de médicos	154
D.3. Ventana de lista de médicos y pacientes	155
D.4. Ventanas modales para administrar pacientes	156
D.5. Ventana de lista de pruebas	156
D.6. Ventana modal de adicción de prueba	157
D.7. Ventana de análisis de pruebas	158
D.8. Ventana de análisis de evolución	158
D.9. Ventana de inicio de sesión	160
D.10. Ventana de lista de pacientes	161
D.11. Ventana de lista de pacientes con menú	162
D.12. Ventana modal de añadir nuevo paciente	163
D.13. Ventana modal de editar paciente	164
D.14. Ventana modal de detalles de paciente	165
D.15. Ventana de pruebas de paciente	166
D.16. Ventana modal de añadir nuevas pruebas	167
D.17. Ventana de análisis de prueba	168
D.18. Ventana modal de detalles de prueba	169
D.19. Ventana de evolución	170
E.1. Gráfica de líneas según tiempo de video	172
E.2. Diagrama radial para evaluar restricción de movimiento	173
E.3. Gráfica de barras para evaluar restricción de movimiento	173
E.4. Gráfico de pastel según el conjunto de la restricción de movimiento	174
E.5. Diagrama de árbol según el conjunto de la restricción de movimiento	175

E.6. Histogramas comparando la distribución de variaciones entre el desplazamiento real e ideal	175
E.7. Diagrama de cajas y bigotes comparando la distribución de variaciones de varias partes del cuerpo	176
E.8. Diagrama de cajas y bigotes comparando la distribución del desplazamiento real e ideal de una parte del cuerpo	176
E.9. Diagrama de burbujas según la variación de dos partes del cuerpo en un momento de la prueba	177
E.10. Mapa de calor según la variación de dos partes del cuerpo en un momento de la prueba	178
E.11. Gráficas de líneas para analizar evolución del paciente	178
E.12. Gráficas de barras para analizar evolución del paciente	179
E.13. Diagramas radiales para analizar evolución del paciente	179
F.1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia	182
F.2. El sistema me pareció innecesariamente complejo	182
F.3. Pensé que el sistema era fácil de usar	182
F.4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema	183
F.5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas	183
F.6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema	183
F.7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente	184
F.8. El sistema me pareció muy complicado de utilizar	184
F.9. Me sentí muy seguro al usar el sistema	184
F.10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de poder empezar a utilizar este sistema	185

Índice de Tablas

2.1. Tecnología presentada en el capítulo 2.2	18
2.2. Planes gratuitos de PaaS	19
5.1. Participantes de la primera prueba de evaluación	80
A.1. PB del Sprint 1	97
A.2. SB del Sprint 1	97
A.3. PB del Sprint 2	99
A.4. SB del Sprint 2	99
A.5. PB del Sprint 3	100
A.6. SB del Sprint 3	101
A.7. PB del Sprint 4	102
A.8. SB del Sprint 4	103
A.9. PB del Sprint 5	105
A.10.SB del Sprint 5	105
A.11.PB del Sprint 6	108
A.12.SB del Sprint 6	108
A.13.PB del Sprint 7	110
A.14.SB del Sprint 7	111
A.15.PB del Sprint 8	114
A.16.SB del Sprint 8	115
A.17.PB del Sprint 9	118
A.18.SB del Sprint 9	119
A.19.PB del Sprint 10	122
A.20.SB del Sprint 10	122
A.21.PB del Sprint 11	129
A.22.SB del Sprint 11	130
A.23.PB del Sprint 12	133

A.24.SB del Sprint 12	134
A.25.PB del Sprint 13	136
A.26.SB del Sprint 13	136
A.27.PB del Sprint 14	138
A.28.SB del Sprint 14	138
A.29.PB del Sprint 15	140
A.30.SB del Sprint 15	140
G.1. Comparativa de precios de proveedores de dominio	187
G.2. Planes mensuales de <i>Render</i>	188
G.3. Instancias de servicios Web de <i>Render</i> [91]	188
G.4. Plan compartido de <i>MongoDB Atlas</i>	189
G.5. Plan dedicado de <i>MongoDB Atlas</i>	189
G.6. Plan serverless de <i>MongoDB Atlas</i>	190
G.7. Suposiciones de uso de <i>MongoDB Atlas</i>	190
G.8. Suposiciones de uso de servicios	191
G.9. Precios finales según suposiciones	191

Índice de Listados

A.1. Archivo makefile antes del cambio	106
A.2. Archivo makefile después del cambio	106

Acrónimos

AJAX Asynchronous JavaScript and XML (JavaScript y XML asincrónicos)

API Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)

API REST Representational State Transfer Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones Representacional del Estado Transferido)

BC Burndown Chart

BD Base de Datos

CDN Content Delivery Network (Red de Entrega de Contenidos)

CRUD Create, Read, Update and Delete (Crear, Leer, Actualizar, Borrar)

CSS Cascading Style Sheets (Hojas de Estilo en Cascada)

DOM Document Object Model (Modelo de Objeto de Documento)

EVA Escala Visual Analógica

HTML HyperText Markup Language (Lenguaje de Marcas de Hipertexto)

HTTP Hypertext Transfer Protocol (Protocolo de Transferencia de Hipertexto)

HU Historia de Usuario

IPO Interacción Persona-Ordenador

ISO International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)

MVC Model-View-Controller (Modelo-Vista-Controlador)

MVP Minimum Viable Product (Producto Mínimo Viable)

NoSQL Not Only Structured Query Language (No Solo Lenguaje de Consulta Estructurada)

PaaS Platform as a Service (Plataforma como Servicio)

PB Product Backlog

PWA Progressive Web Applications (Aplicaciones Web Progresivas)

RAM Random Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio)

REST Representational State Transfer (Representacional del Estado Transferido)

RPU Read Processing Unit (Unidad de Procesamiento de Lectura)

SB Sprint Backlog

SIGCHI Special Interest Group on Computer-Human Interaction (Grupo de Interés Especial sobre la Interacción Persona-Ordenador)

SO Sistema Operativo

SPA Single Page Application (Aplicaciones de una Sola Página)

SUS System usability scale (Sistema de Escalas de Usabilidad)

TFG Trabajo Final de Grado

TLS Transport Layer Security (Seguridad de la Capa de Transporte)

UCLM Universidad de Castilla-La Mancha

UdL Universidad de Lérida

URL Uniform Resource Locator (Localizador de Recursos Uniforme)

vCPUs Virtual Representation of Physical Central Processing Unit (Representación Virtual de la Unidad Central de Procesamiento Física)

Wasm WebAssembly

WPU Write Processing Unit (Unidad de Procesamiento de Escritura)

Capítulo 1

Introducción

Este proyecto tiene como meta principal la creación de una aplicación Web dedicada a la gestión y diagnóstico de patologías con un enfoque especial en la fibromialgia. La aplicación busca presentar la información de manera efectiva mediante el uso de técnicas de visualización.

La implementación de esta aplicación tiene como objetivo principal centrarse en el *FrontEnd*, destacando la importancia de la capa visual y funcional; y abstrayéndose de la capa del servidor. Esta decisión busca asegurar que la interfaz ofrezca una representación clara y efectiva de la información médica, facilitando el análisis y diagnóstico de diversas patologías.

Antes de profundizar en los detalles del proyecto, es crucial presentar el contexto y la motivación detrás de este, así como los objetivos, las competencias de la intensificación y la estructura del documento.

1.1. Contexto y Motivación

Como estudiante de Ingeniería Informática mi experiencia previa ha abarcado diversas herramientas y lenguajes de programación, pero he sentido un particular interés por el desarrollo de aplicaciones interactivas en el lado del *FrontEnd*, un área en la que he tenido menos oportunidades de trabajar hasta este último año de la carrera.

La motivación para este proyecto surge no solo de mi interés en el desarrollo Web, sino también de la relevancia social y médica que aborda. Después de todo, la fibromialgia es un trastorno que puede tener un impacto significativo en la calidad de vida de millones de personas en todo el mundo. Los síntomas debilitantes pueden afectar la capacidad de llevar a cabo actividades diarias, influenciando también la salud mental y emocional de quienes la padecen.

Es en este contexto donde se origina el proyecto *DIPAMIA* (Diagnóstico de Patologías a través

del Análisis del Movimiento utilizando Inteligencia Artificial). Como indica su nombre, la premisa fundamental de este sistema es utilizar la inteligencia artificial para detectar patologías mediante el análisis del movimiento, ofreciendo una herramienta eficaz y no invasiva para el diagnóstico y seguimiento de condiciones de salud mental. Es importante destacar que en el proyecto *DIPAMIA* participan integrantes de los centros de Talavera de la Reina (**UCLM**), Ciudad Real (**UCLM**) e Igualada (**UdL**).

Para que este sistema sea accesible y útil es esencial desarrollar una aplicación Web usable y que presente la información de manera clara y adecuada. Aquí es donde entra en juego la tecnología Web del lado del cliente y, por consiguiente, el desarrollo de este proyecto. Después de todo, la interfaz de usuario desempeña un papel crucial en el éxito de cualquier herramienta tecnológica, pues actúa como la ventana a través de la cual los usuarios interactúan con la información y funcionalidades proporcionadas. Además, la visualización de datos es esencial para presentar de manera clara y comprensible los resultados del análisis de movimiento, permitiendo a profesionales de la salud y a pacientes tomar mejores decisiones.

1.2. Objetivos

El objetivo principal es la **implementación de una aplicación Web y el desarrollo de técnicas de visualización para la gestión y el diagnóstico de patologías**. Para alcanzar este objetivo se proponen los siguientes subobjetivos:

- **O1:** Estudio de las tecnologías Web
- **O2:** Estudio de técnicas de visualización en la Web
- **O3:** Obtención de las necesidades de los “stakeholders” del sistema
- **O4:** Desarrollo de la Aplicación Web de Soporte
- **O5:** Propuesta e implementación de técnicas de visualización
- **O6:** Evaluación de técnicas de visualización
- **O7:** Estudio de usabilidad y validación de la aplicación

1.3. Competencias de la Intensificación

Además de los objetivos mencionados previamente, también se pretende hacer uso de las competencias de la intensificación cursada, en este caso de “Ingeniería de Informática de Sistemas de Información”. Las siguientes son algunas de estas competencias:

- **BA5:** Conocimiento de la estructura, organización, funcionamiento e interconexión de los sistemas informáticos, los fundamentos de su programación, y su aplicación para la reso-

lución de problemas propios de la ingeniería [105].

- **CO8:** Capacidad para analizar, diseñar, construir y mantener aplicaciones de forma robusta, segura y eficiente, eligiendo el paradigma y los lenguajes de programación más adecuados [105].
- **CO13:** Conocimiento y aplicación de las herramientas necesarias para el almacenamiento, procesamiento y acceso a los Sistemas de información, incluidos los basados en Web [105].
- **CO16:** Conocimiento y aplicación de los principios, metodologías y ciclos de vida de la ingeniería de software [105].

1.4. Estructura del Documento

Para concluir este primer capítulo de introducción, se presenta a continuación la estructura detallada del documento:

1. **Introducción:** Se brinda una visión inicial del proyecto donde se presenta la motivación que impulsó su desarrollo, así como los objetivos y competencias del mismo.
2. **Estado del arte:** Se lleva a cabo un análisis exhaustivo tanto de la fibromialgia como de las diferentes metodologías de desarrollo, tecnologías Web y técnicas de visualización relevantes en el campo.
3. **Propuesta de solución:** Se presenta la propuesta para la creación de la aplicación Web, detallando la metodología a seguir, las herramientas a utilizar en su desarrollo, así como las técnicas de visualización.
4. **Resultado:** Se presenta el producto final de la aplicación Web junto con capturas de pantalla que ilustran su funcionalidad y diseño.
5. **Evaluación del sistema:** Se realiza una evaluación crítica del resultado final de la aplicación Web, analizando su usabilidad.
6. **Conclusiones:** Se presentan las conclusiones finales del proyecto haciendo una revisión de los objetivos establecidos inicialmente.

Finalmente, se encuentra la **Bibliografía**, donde se enumeran las diversas fuentes de información consultadas y utilizadas durante la realización del proyecto. Además, se incluyen los respectivos **Anexos** que aportan información complementaria acerca del desarrollo del sistema, entrevistas, diagramas, prototipos, técnicas de visualización de datos, evaluaciones y despliegue.

Capítulo 2

Estado del Arte

En el contexto del desarrollo de una aplicación Web, consideramos esenciales diversos factores, incluyendo la metodología de desarrollo, las herramientas y tecnologías disponibles, y la usabilidad de la aplicación. En este capítulo se realiza un análisis que abarca todas estas áreas con el propósito de determinar las mejores prácticas y enfoques para implementar durante el proyecto. Sin embargo, antes de detallar estos aspectos es crucial comprender el trastorno de la fibromialgia, que es el foco de la aplicación web que se busca desarrollar.

2.1. Fibromialgia

La fibromialgia, tal y como expone *MayoClinic* [58], es un trastorno que se caracteriza por dolor generalizado en los músculos y huesos acompañado de fatiga y dificultades para dormir, recordar y mantener el estado de ánimo. Además, los expertos creen que este trastorno amplifica la sensación de dolor al afectar la manera en que el cerebro y la médula espinal procesan las señales de dolor y no dolor.

Los síntomas suelen iniciarse tras un evento como un trauma físico, cirugía, infección o estrés psicológico significativo. En otros casos, los síntomas se desarrollan gradualmente sin un desencadenante específico.

Las mujeres tienen más probabilidad que los hombres de padecer fibromialgia. Además del dolor, muchas personas con este trastorno experimentan dolores de cabeza tensionales, problemas en la articulación temporomandibular, síndrome de colon irritable, así como ansiedad y depresión.

Aunque no hay una cura definitiva para la fibromialgia, existen varios medicamentos que pueden ayudar a controlar los síntomas. Además, el ejercicio, técnicas de relajación y medidas para reducir el estrés pueden ser beneficiosas en el manejo de esta condición.

Como se ha mencionado previamente, la aplicación Web que se pretende desarrollar durante este proyecto tiene como objetivo analizar el movimiento de las personas para comprobar si presentan este trastorno, además de indicar visualmente la calidad de movimiento de las diferentes partes del cuerpo. Para lograr este objetivo se requiere que el paciente realice ciertas pruebas que involucran movimiento. Sin embargo, antes de realizar estas pruebas, el médico evalúa el nivel de dolor del paciente utilizando la escala **EVA**.

La escala **EVA**, tal y como expone Basterrechea [9], se basa en una escala horizontal representada por una línea normalmente de 10 centímetros en la que el paciente debe marcar el lugar en el que considera que se encuentra su dolor.

Los resultados se evalúan normalmente en tres niveles de dolor según los valores marcados:

- (<4): Los valores inferiores a 4 indican que el dolor es leve o leve-moderado.
- (4-6): En el caso de que la medición sea entre 4 y 6 centímetros, el dolor se considera de moderado a moderado-grave.
- (>6): Si los valores son mayores de 6 se considera un dolor que pasa de grave a insoprible.

Una vez presentado el trastorno de la fibromialgia y la escala **EVA**, en el siguiente punto se explican las diferentes metodologías de desarrollo software que se pueden utilizar para implementar la aplicación Web.

2.2. Metodologías de Desarrollo Software

El desarrollo de software es un proceso fundamental en la creación de aplicaciones Web y otros sistemas informáticos. Este proceso conocido como “ciclo de vida del desarrollo del software” implica una serie de etapas que van desde la concepción de la idea hasta la implementación y mantenimiento del producto final. Para gestionar eficientemente este ciclo es crucial adoptar una metodología de desarrollo adecuada. En este punto se realiza un análisis de las distintas fases de dicho proceso, además de las metodologías más destacadas.

2.2.1. Ciclo de Vida del Desarrollo del Software

El ciclo de vida del desarrollo de software es un proceso estructurado que abarca desde la concepción de un proyecto hasta su despliegue y mantenimiento. A lo largo de este ciclo se llevan a cabo una serie de fases y actividades. Cada fase del ciclo de vida del desarrollo de software tiene sus propios objetivos y entregables específicos. Este normalmente está dividido en las siguientes fases, tal y como expone Clark [18].

- **Planificación y análisis:** Se elabora un plan que describe en detalle cómo se dará vida al proyecto desde la idea hasta la realización.
- **Definición de requisitos:** Se recopilan los diferentes requisitos para la aplicación final.
- **Diseño:** Se elabora un documento de diseño de software que incluye el diseño del sistema, los lenguajes de programación, las plantillas, la plataforma a utilizar y las medidas de seguridad de la aplicación.
- **Desarrollo:** Se transforman los requisitos en código para desarrollar la propia aplicación.
- **Pruebas:** Se realizan pruebas de validación para asegurar que esté funcionando correctamente y haga lo que debe hacer.
- **Despliegue:** Se entrega al usuario final.
- **Mantenimiento:** Se arreglan los diferentes errores que encuentren los usuarios, teniendo que volver a la primera fase del ciclo si fuera necesario.

Una vez presentado el ciclo de desarrollo, es esencial saber cómo organizar el mismo. Para ello, en el siguiente punto se analizan las diferentes metodologías de desarrollo.

2.2.2. Metodologías de Desarrollo

Para organizar cada una de las fases, como se ha mencionado previamente, es necesario implementar una metodología de desarrollo con el fin de aumentar la productividad y la calidad del software. A continuación, se detallan algunas de las metodologías más destacadas, tal y como expone Alona [4].

- **Cascada:** Se trata de una de las metodologías más antiguas. En este caso, las fases de desarrollo se realizan de una manera secuencial, es decir, una fase comienza solo cuando termina la fase anterior. Aunque esto hace que la estructura sea más clara y fácil de entender, tiene la desventaja de ser poco flexible y adaptable a los cambios de los requisitos que tan a menudo se ven en un desarrollo de software.
- **Iterativa:** Esta metodología divide el proyecto en pequeñas partes y cada parte es desarrollada, probada e implementada de manera iterativa. Cada una de estas iteraciones agrega funcionalidad al software.
- **En V:** En esta metodología se relaciona cada fase de desarrollo con su fase de pruebas correspondiente. De esta manera, pone un gran énfasis en la validación temprana de requisitos y la calidad del software. No obstante, similar a la metodología en cascada, su enfoque lineal puede resultar inflexible frente a cambios en los requisitos.
- **Espiral:** Se trata de una metodología que mezcla los elementos de la planificación en cascada con la flexibilidad de las metodologías ágiles. Utiliza ciclos repetitivos, incluyendo planificación, evaluación de riesgos, ingeniería y evaluación del cliente. Aunque es bastan-

te efectivo en la gestión de riesgos, puede acabar resultando muy complejo de gestionar, además de requerir más tiempo y recursos que otras metodologías.

- **Big bang:** Esta metodología tiene un enfoque único en el que los desarrolladores se lanzan directamente a la codificación sin mucha planificación. Esto significa que los requisitos se implementan a medida que aparecen, es decir, sin ningún tipo de hoja de ruta clara. Sin embargo, a la hora de necesitar realizar algún cambio puede llegar a requerir una renovación completa del software.
- **Ágil:** Esta metodología organiza las fases del ciclo de vida en varios ciclos de desarrollo, de forma que el equipo realiza pequeños cambios de software incrementales en cada uno de estos ciclos. Esto lo hace ideal para proyectos de desarrollo de software que requieran flexibilidad y capacidad de adaptarse a los cambios con el tiempo.

Al final, la elección de la metodología de desarrollo de software es esencial para el éxito del proyecto y debe ajustarse a las particularidades del mismo. Cada enfoque tiene sus propias fortalezas y debilidades. Sin embargo, la metodología ágil puede ser la que más destaque para el desarrollo de software debido a su agilidad, ciclos cortos de desarrollo y capacidad para adaptarse a cambios en los requisitos. En el siguiente punto se analizan algunas de las metodologías ágiles más utilizadas en la actualidad.

2.2.3. Metodologías Ágiles

Como ya se ha mencionado, las metodologías ágiles son las que más destacan en la actualidad debido a su flexibilidad para adaptarse a los cambios. A continuación, son analizadas tres de las más usadas hoy en día, tal y como expone Espírito [26]:

- **Extreme programming:** Consiste en una metodología ágil que se centra en la mejora continua y la respuesta rápida a los cambios en los requisitos. Para ello, pone énfasis en la retroalimentación constante y la comunicación abierta, destacando prácticas como la programación en parejas, pruebas unitarias continuas y entregas frecuentes.
- **Kanban:** Con origen en la manufactura, esta metodología ágil se ha conseguido aplicar con éxito al desarrollo de software. Se basa principalmente en la visualización del flujo de trabajo mediante el uso de tableros Kanban, representando cada tarea mediante tarjetas que se mueven a través de columnas que representan diferentes estados del proceso. A pesar de la mejora continua y flexibilidad que ofrece, se puede notar la ausencia de una estructura para roles y eventos, lo que dificulta la gestión de proyectos más grandes.
- **Scrum:** Muy conocido y usado en la actualidad. En Scrum, los ciclos de desarrollo se llaman "Sprints" que generalmente duran entre dos y cuatro semanas. Además, utiliza roles definidos claramente como el Scrum Master, el Product Owner y el equipo de desarrollo.

También, se enfoca en la entrega iterativa de incrementos de software y gracias a su énfasis en la comunicación constante y adaptabilidad al cambio se ha convertido en una elección popular en el desarrollo de proyectos software como es el caso de la implementación de una aplicación Web.

Al final, la elección de la metodología depende de las características del proyecto. Siendo en este caso Scrum la que más destaca entre todas ellas, debido a su enfoque iterativo e incremental que permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad a los cambios en el proyecto. Sin embargo, una vez presentado el proceso y las diferentes metodologías del desarrollo de software, es esencial conocer la tecnología Web que se puede utilizar para el desarrollo de dicho software, la cual se detalla en el siguiente punto.

2.3. Tecnología Web

En el proceso de implementación de una aplicación Web resulta esencial no solo seguir una metodología específica, sino también utilizar la diversa tecnología Web disponible. Este campo de estudio abarca un extenso conjunto de herramientas, estándares y prácticas que han sido utilizadas en el desarrollo, implementación y mantenimiento de aplicaciones y sitios Web. Desde los aspectos del lado del cliente hasta los del servidor, este panorama tecnológico tiene como objetivo primordial mejorar la experiencia del usuario y optimizar la eficiencia en el desarrollo. A continuación, se profundiza en todas estas tecnologías.

2.3.1. Tecnología Fundamental en la Web

Dentro del desarrollo Web, los lenguajes de marcado y de programación fundamentales están compuestos por la tríada formada de **HTML**, **CSS** y **JavaScript**, siendo este último extendido mediante **TypeScript**. A continuación, se realiza una breve explicación de cada uno de estos lenguajes, tal y como exponen *Mozilla* [73] [72] y Cherni [17].

- **HTML:** Lenguaje de marcado estándar utilizado para estructurar el contenido de las páginas Web. Define la jerarquía y organización de los elementos en una página.
- **CSS:** Lenguaje de estilo que complementa a **HTML**. Permite definir el diseño, la presentación y la apariencia visual de los elementos **HTML**, proporcionando control sobre colores, tipografías y disposición.
- **JavaScript:** Se trata del lenguaje de programación del lado del cliente que permite la creación de interactividad en las páginas Web. Es esencial para manipular el **DOM** y responder a eventos.

- **TypeScript [60]:** Es un lenguaje de programación fuertemente tipado que extiende *JavaScript*. A diferencia de este último, *TypeScript* añade un sistema de tipos estático, proporcionando beneficios como la detección temprana de errores y una mejor mantenibilidad en proyectos a gran escala. Esta diferencia se puede ver ilustrada en la Figura 2.1.

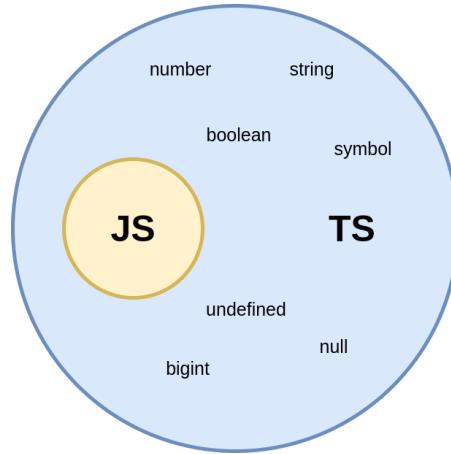


Figura 2.1: TypeScript vs JavaScript

Una vez presentada la tecnología fundamental en la Web, en el siguiente punto se explica el concepto de las **SPA**, así como los diferentes *frameworks* más utilizados para desarrollar dichas aplicaciones.

2.3.2. Aplicaciones de una Sola Página

Una **SPA**, como expone Holmes en [47], es una aplicación que opera dentro del navegador y no requiere recargar la página durante su uso, a diferencia de una aplicación de múltiples páginas.

Para desarrollar una **SPA** se emplea la técnica de desarrollo conocida como **AJAX**, como describe Mozilla [71].

La técnica **AJAX** implica que la aplicación Web solicite contenido al servidor mediante peticiones **HTTP** asíncronas. Luego, utiliza este nuevo contenido para actualizar las secciones relevantes de la página sin necesidad de recargarla por completo, lo que significa que solo se necesita solicitar el **HTML** y el **CSS** en la petición inicial.

Inicialmente, **AJAX** se implementaba mediante la interfaz **XMLHttpRequest**, pero en la actualidad son más comunes el uso de la **API fetch** [75] y la biblioteca **Axios** [106].

Por otro lado, como expone Rivera [92], es importante entender la diferencia entre el enrutado tradicional conocido como “enrutado en el lado del servidor” y el enrutado empleado en una **SPA** conocido como “enrutado en el lado del cliente”.

En el enrutado en el lado del servidor, cada vez que el usuario hace click en un nuevo enlace, el navegador pide al servidor una página completamente nueva, como se ilustra en la Figura 2.2.

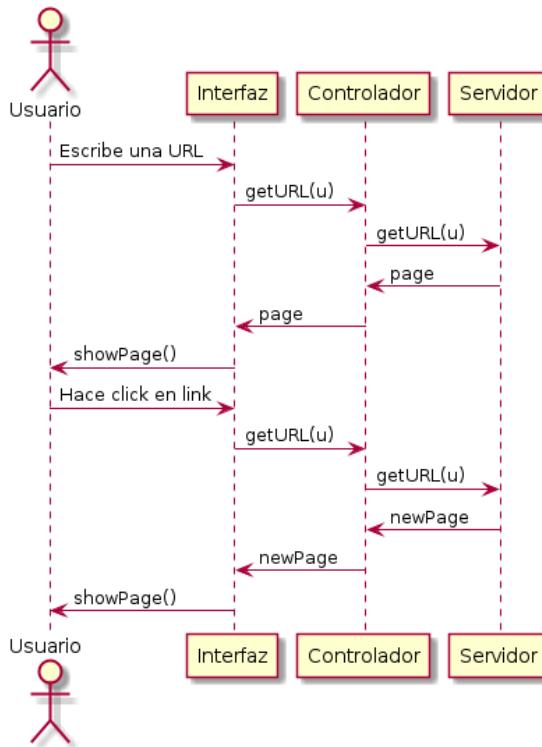


Figura 2.2: Enrutado en el lado del servidor

Por otro lado, en el enrutado en el lado del cliente, cuando el usuario hace click en un nuevo enlace, el navegador renderiza el nuevo contenido en la misma página, pero a la vez simula un cambio en la [URL](#) con el fin de otorgar feedback al usuario. La Figura 2.3 ilustra este tipo de enrutado.

Finalmente, para desarrollar una [SPA](#) se utilizan *frameworks* que complementan a la tecnología fundamental de la Web mencionada en el punto anterior. A continuación, se presentan cuatro de estos *frameworks*, tal y como expone Baryshevskiy [8]: *React*, *Angular*, *Vue* y *Svelte*.

- **React [28]:** Desarrollado por *Facebook*, *React* es una biblioteca de *JavaScript* que se centra en la construcción de interfaces de usuario reactivas y eficientes. Su enfoque en la creación de componentes modulares y su capacidad para gestionar el estado de manera efectiva lo convierten en una elección popular para aplicaciones dinámicas y escalables.
- **Angular [33]:** Respaldado por *Google*, es un *framework* completo de desarrollo que abarca desde la creación de componentes hasta la gestión del estado y el enrutamiento. Su estructura robusta y su integración con *TypeScript* ofrecen un enfoque amplio para el desarrollo de [SPAs](#), siendo especialmente adecuado para proyectos empresariales complejos.

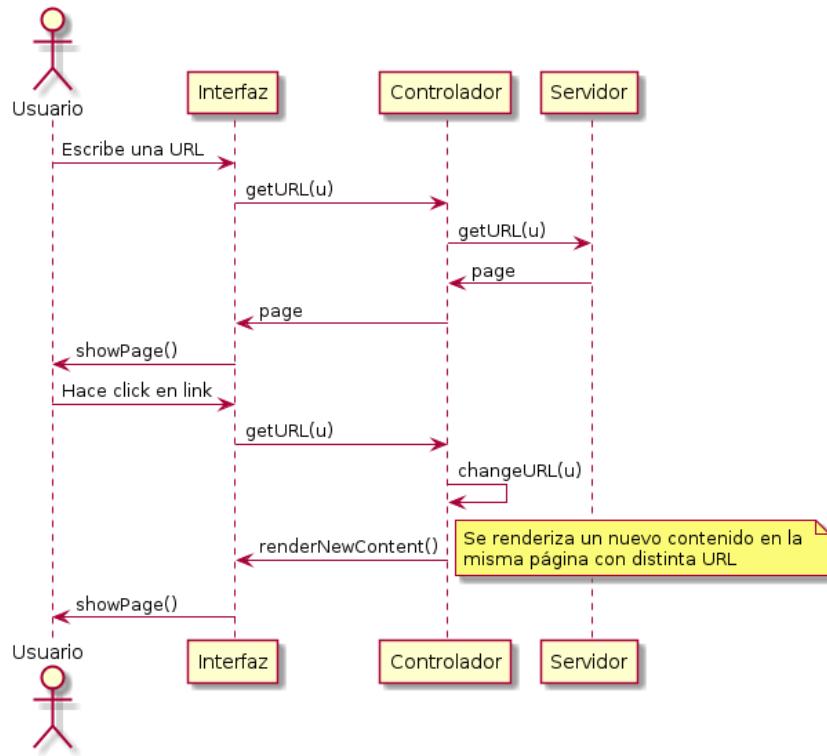


Figura 2.3: Enrutado en el lado del cliente

- **Vue.js [111]:** Se trata de un *framework* progresivo de *JavaScript* que destaca por su simplicidad y flexibilidad. Su diseño modular facilita la integración gradual en proyectos existentes y su curva de aprendizaje suave lo convierte en una opción popular para desarrolladores que buscan una alternativa accesible y potente.
- **Svelte [41]:** Adopta un enfoque diferente al trasladar gran parte del trabajo de construcción a tiempo de compilación. Esto resulta en aplicaciones más livianas y rápidas en tiempo de ejecución. Su sintaxis sencilla y su rendimiento eficiente lo hacen atractivo para desarrolladores que buscan una alternativa innovadora y eficaz en la construcción de SPAs.

Una vez presentadas las **SPA** y los diferentes *frameworks*, en el siguiente punto se detallan las librerías más utilizadas hoy en día para visualizar datos en la Web.

2.3.3. Librerías para Visualización de Datos

Diversas librerías han surgido para facilitar la creación de visualizaciones atractivas e interactivas, después de todo la visualización de datos desempeña un papel fundamental en la comprensión y comunicación efectiva de información en entornos Web. A continuación, son presentadas algunas de las librerías más destacadas, tal y como expone Majorek [55]:

- **D3.js [12]:** Destaca como una herramienta poderosa para la manipulación basada en datos. Su capacidad para crear visualizaciones altamente personalizables e interactivas lo convierte en una opción popular para desarrolladores que buscan flexibilidad en la representación gráfica de datos complejos.
- **Three.js [13]:** Aunque inicialmente diseñada para gráficos 3D, *Three.js* puede ser aprovechada para visualizaciones de datos tridimensionales impactantes. Su capacidad para crear experiencias visuales inmersivas lo convierte en una elección interesante para proyectos ambiciosos.
- **Chart.js [24]:** Aporta una solución simple y fácil de usar, ofreciendo una variedad de gráficos, como barras, líneas y radar. Esta librería en *JavaScript* permite a los desarrolladores incorporar rápidamente visualizaciones atractivas en sus aplicaciones Web.
- **ECharts [5]:** Ofrece una amplia variedad de gráficos, incluyendo líneas, barras, dispersión y mapas, entre otros. La capacidad de *Echarts* para manejar grandes conjuntos de datos y su enfoque en la interactividad hacen que sea una elección sólida para proyectos que requieren visualizaciones dinámicas y atractivas.
- **Highcharts [46]:** Con una amplia gama de opciones de personalización, *Highcharts* simplifica la creación de gráficos interactivos. Esta librería en *JavaScript* es adecuada para proyectos que buscan una solución robusta y fácil de implementar.
- **React-Vis [104]:** Diseñada específicamente para trabajar con *React*, *React-Vis* proporciona componentes listos para usar que facilitan la incorporación de visualizaciones de datos en aplicaciones *React*. Es una elección eficiente para proyectos que utilizan este marco de trabajo.

Una vez presentados los fundamentos de la Web, las **SPA** y las diferentes librerías para visualizar datos, en el siguiente punto se expone la diversa tecnología que existe en el lado del servidor.

2.3.4. Tecnología en el Lado del Servidor

En el lado del servidor se puede encontrar un ecosistema diverso de lenguajes de programación, cada uno acompañado de sus propios *frameworks*, además de la presencia crucial de las bases de datos. En este análisis se explora detenidamente cada una de estas áreas tecnológicas.

Por un lado, los lenguajes de programación, los cuales desempeñan un papel significativo, definiendo la estructura y el rendimiento de las aplicaciones. Se destacan principalmente cuatro lenguajes, tal y como expone Osadchuk [82]: *JavaScript*, *Python*, *Ruby* y *PHP*.

- **JavaScript:** Se trata de un lenguaje de programación versátil y ampliamente utilizado que funciona tanto en el lado del cliente como en el lado del servidor. En el contexto del desarrollo del lado del servidor, se emplea en el entorno de ejecución **Node.js [20]**, que utiliza

el motor V8 de *Google Chrome*. *JavaScript* es destacado por su capacidad para manejar operaciones de entrada/salida de manera eficiente y su naturaleza asíncrona, lo que lo hace ideal para aplicaciones escalables y basadas en eventos como aplicaciones Web en tiempo real.

- **Python [95]:** Consiste en un lenguaje versátil y de alto nivel que enfatiza la legibilidad del código y la productividad del programador. Con una sintaxis clara y concisa, *Python* es utilizado en una amplia gama de aplicaciones, desde desarrollo Web hasta inteligencia artificial y análisis de datos.
- **Ruby [57]:** Es conocido por su elegancia y simplicidad, priorizando la productividad del desarrollador. Aunque es menos ubicuo que otros lenguajes, ha ganado popularidad gracias a su enfoque en la facilidad de uso y la creación de código conciso y expresivo.
- **PHP:** Se trata de un lenguaje de programación especialmente diseñado para el desarrollo Web. Ampliamente utilizado para construir aplicaciones Web dinámicas, *PHP* se integra fácilmente con **HTML** y se ejecuta en el lado del servidor.

Estos lenguajes, aunque poderosos por sí mismos, se ven mejorados cuando se combinan con *frameworks* específicos. Cada uno de los mencionados tiene su conjunto de *frameworks* que agilizan y estructuran el proceso de desarrollo. A continuación, se explora un *framework* representativo para cada uno de estos lenguajes respectivamente, tal y como expone nuevamente Osadchuk [82]: *Express*, *Django*, *Ruby on Rails* y *Laravel*.

- **Express.js [80]:** Es un *framework* para Node.js que simplifica el desarrollo de aplicaciones Web y **APIs**. Con un enfoque minimalista, permite la creación rápida de servidores y rutas, facilitando la construcción de aplicaciones robustas con *JavaScript* del lado del servidor.
- **Django [21]:** Es un *framework* de alto nivel para *Python*, diseñado para maximizar la eficiencia y la reutilización del código. Con un conjunto integrado de herramientas y una arquitectura basada en el patrón de diseño **MVC**, *Django* simplifica la creación de aplicaciones Web complejas al proporcionar una estructura organizativa y características como la administración automática de bases de datos.
- **Ruby on Rails [44]:** Es un *framework* que sigue el principio de convención sobre configuración para el desarrollo rápido de aplicaciones Web en *Ruby*. Facilita la creación de aplicaciones mediante la automatización de tareas repetitivas y la adopción de convenciones predefinidas. *Rails* proporciona un entorno coherente que acelera el proceso de desarrollo y favorece la escritura de código limpio y conciso.
- **Laravel [83]:** Es un *framework* elegante y completo para *PHP* que aborda diversos aspectos del desarrollo Web. Ofrece una sintaxis expresiva, una gestión eficiente de bases de datos, y una amplia gama de herramientas para tareas comunes. *Laravel* fomenta la crea-

ción de aplicaciones seguras y modernas con un énfasis en la legibilidad y mantenimiento del código.

Por otro lado, en el contexto del desarrollo del lado del servidor consideramos esenciales no solo los lenguajes de programación y sus *frameworks* asociados, sino también las bases de datos, los cuales son elementos fundamentales para la persistencia y gestión de datos. Para una comprensión más detallada, se examinan tres bases de datos específicas, tal y como expone Ramotion [88]: *MySQL*, *MongoDB* y *Neo4j*.

- **MySQL [81]**: Se trata de una **BD** relacional reconocida por su fiabilidad y consistencia en la gestión de datos estructurados. Ha sido una opción de confianza en el desarrollo Web, proporcionando un entorno robusto para aplicaciones que dependen de una estructura de datos clara y relaciones definidas.
- **MongoDB [66]**: Destaca como una **BD** no relacional orientada a documentos ofreciendo flexibilidad en el esquema y una capacidad eficaz para manejar grandes volúmenes de datos no estructurados. Esta característica la convierte en una elección popular para aplicaciones que requieren escalabilidad y adaptabilidad a cambios en la estructura de datos.
- **Neo4j [77]**: Como una **BD** de grafos, está diseñada para almacenar y procesar datos en forma de nodos y relaciones. Esto la convierte en una opción adecuada para aplicaciones que necesiten modelar y analizar redes complejas como redes sociales, sistemas de recomendación y análisis de relaciones en datos interconectados.

Una vez presentada cada una de las tecnologías del lado del servidor, en el siguiente punto se exponen el concepto de *API REST*, el cual es fundamental en el desarrollo Web hoy en día.

2.3.5. API REST

Una **API REST**, como expone *RedHat* [89], es un conjunto de reglas y convenciones para comunicarse con servicios Web de manera eficiente y coherente. Para comprender mejor este concepto, es útil entender tanto qué es una **API** en general como qué significa **REST**.

Por un lado, una **API** es esencialmente un conjunto de definiciones y protocolos que permiten que diferentes aplicaciones se comuniquen entre sí. Funciona como un contrato entre el proveedor de servicios y el usuario, donde se especifica qué puede hacer el usuario con los servicios proporcionados por el proveedor y cómo interactuar con ellos. En el contexto de software, una **API** define las formas en que las distintas partes de un programa pueden interactuar entre sí. En resumen, una **API** proporciona una manera estandarizada y segura para que diferentes aplicaciones se comuniquen y compartan datos.

Por otro lado, **REST** es un estilo arquitectónico que define una serie de principios para diseñar

redes de comunicación, particularmente aplicaciones Web. Se basa en el concepto de recursos que son identificadores únicos para entidades específicas (como datos o funciones) en una aplicación Web. REST utiliza métodos estándar de HTTP, como GET, POST, PUT y DELETE, para realizar operaciones en estos recursos. Los recursos son manipulados a través de representaciones, que pueden ser en formatos como JSON, XML, HTML, etc. REST promueve una arquitectura basada en el cliente-servidor, donde el servidor proporciona recursos y el cliente los solicita y manipula.

Por lo tanto, una API REST es una interfaz de programación que sigue los principios y limitaciones de la arquitectura REST. Utiliza los métodos estándar de HTTP para realizar operaciones en recursos como leer, crear, actualizar y eliminar datos. Cuando un cliente envía una solicitud a través de una API REST, se le devuelve una representación del estado del recurso solicitado en un formato especificado como JSON o XML. Siendo JSON particularmente popular debido a su legibilidad tanto para humanos como para máquinas y su independencia de cualquier lenguaje de programación específico. En resumen, una API REST proporciona una forma estándar y eficiente de interactuar con servicios Web basados en REST.

Una vez presentada tanto la tecnología del lado del cliente como del servidor, en el siguiente punto se expone la tecnología emergente en la Web.

2.3.6. Tecnología Emergente

Por último, dentro del ámbito del desarrollo Web destacan innovaciones particulares: Docker, Kubernetes, WebAssembly y Progressive Web Apps. Todas ellas son analizadas más en detalle a continuación, tal y como expone Baryshevskiy [8].

- **Docker [49]:** Se trata de plataforma de contenedores que posibilita el empaquetado, la distribución y la ejecución coherente de aplicaciones en diversos entornos. Su enfoque revolucionario ha transformado la consistencia y portabilidad en el despliegue de software, permitiendo una gestión eficaz de dependencias y configuraciones. En la Figura 2.4 se puede observar la diferencia entre un despliegue de contenedores que comparten el SO y un despliegue de máquinas virtuales que hacen una copia completa del SO cada una.
- **Kubernetes [35]:** Consiste en un sistema de orquestación de contenedores que simplifica la administración, escalabilidad y despliegue de aplicaciones contenidas en entornos distribuidos. Su capacidad para coordinar eficientemente la ejecución de contenedores a lo largo de múltiples nodos ha consolidado su posición como una herramienta fundamental en el despliegue de infraestructuras escalables y resilientes.
- **WebAssembly (Wasm):** Permite la ejecución de código de alto rendimiento, escrito en lenguajes como C++ o Rust, directamente en el navegador. Esto amplía significativamente

las posibilidades para construir aplicaciones Web más potentes y rápidas, acercando el rendimiento de las aplicaciones Web al de las aplicaciones nativas.

- **Progressive Web Apps (PWA):** Ofrecen experiencias avanzadas que combinan lo mejor de las aplicaciones Web y nativas. Su capacidad para funcionar offline permite a los usuarios acceder al contenido incluso en ausencia de conexión a Internet, mejorando la accesibilidad y la continuidad de la experiencia del usuario.

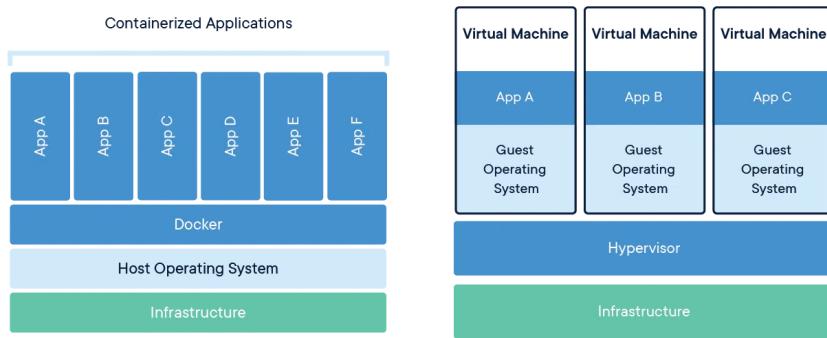


Figura 2.4: Despliegue con docker vs con máquinas virtuales [22]

Una vez presentada la diferente tecnología Web que rodea tanto el lado del *BackEnd* como el lado del *FrontEnd*, es de gran ayuda conocer los stacks tecnológicos más utilizados y analizarlos, lo cual se realiza en el siguiente punto.

2.3.7. Stacks Tecnológicos

En el contexto de los stacks tecnológicos, es decir, la elección de un conjunto específico de tecnologías, se trata de un aspecto crítico dentro del desarrollo Web, ya que afecta directamente la eficiencia del desarrollo, la escalabilidad y el mantenimiento del sistema. A continuación son explicadas brevemente cuatro stacks, tal y como expone Campana [14]: *LAMP*, *Python Django*, *MEAN* y *MERN*.

- **LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP/Python/Perl):** Ha sido un pilar en el desarrollo Web durante muchos años y sigue siendo una opción confiable para una variedad de proyectos tradicionales. *Linux* proporciona el sistema operativo, *Apache* sirve como servidor Web, *MySQL* maneja la base de datos, y *PHP*, *Python* o *Perl* actúan como lenguajes de programación del lado del servidor. Este conjunto ofrece estabilidad, flexibilidad y una amplia base de conocimientos, siendo especialmente adecuado para aplicaciones Web convencionales.
- **Python Django (Python, Django, Apache, MySQL):** Stack tecnológico compuesto de *Python* como lenguaje principal de programación, *Django* como *framework* Web basado en

el patrón **MVC**, Apache como servidor Web para la gestión de solicitudes **HTTP**, y **MySQL** como sistema de gestión de bases de datos. Este conjunto es especialmente adecuado para proyectos Web que buscan la combinación de la versatilidad de *Python*, la solidez de *Django*, y la confiabilidad de *Apache* y *MySQL*.

- **MEAN (MongoDB, Express.js, Angular, Node.js)**: Es un stack tecnológico basado completamente en *JavaScript*. *MongoDB* es la base de datos **NoSQL**, *Express.js* actúa como el *framework* del lado del servidor, *Angular* es el *framework* del lado del cliente y *Node.js* proporciona el entorno de ejecución del servidor. Este stack ha ganado popularidad por su coherencia en el uso de un solo lenguaje de programación (*JavaScript / TypeScript*) en todo el flujo de desarrollo, lo que simplifica la colaboración entre los equipos de desarrollo y permite una transición más fluida de los datos entre el servidor y el cliente.
- **MERN (MongoDB, Express.js, React, Node.js)**: Similar a *MEAN*, pero reemplaza *Angular* con *React* en el lado del cliente. *React* ha ganado una enorme popularidad por su enfoque declarativo y su capacidad para construir interfaces de usuario altamente interactivas. *MERN* comparte las ventajas de *MEAN*, pero además permite a los desarrolladores aprovechar las características distintivas de *React* para crear experiencias de usuario más dinámicas y eficientes.

A raíz de esto, se puede concluir que la elección entre los diferentes stacks tecnológicos que existen depende de las necesidades específicas del proyecto y las preferencias del equipo de desarrollo. Teniendo cada stack sus propias ventajas y pudiendo ser la elección correcta según los requisitos particulares de la aplicación que se esté construyendo.

Finalmente, en la Tabla 2.1 se puede observar una visualización detallada de la tecnología abordada en este capítulo. Siendo destacable como cada stack tecnológico está compuesto por diferentes tipos de tecnologías, demostrando así la diversidad y complejidad de las soluciones presentadas.

Tabla 2.1: Tecnología presentada en el capítulo 2.2

Stack	SO	Servidor	BD	Lenguaje	BackEnd	FrontEnd
LAMP	Linux	Apache	MySQL	PHP/Python/Perl	-	-
Python Django	-	Apache	MySQL	Python	Django	-
MEAN	-	-	MongoDB	JavaScript	Express.js	Angular
MERN	-	-	MongoDB	JavaScript	Express.js	React

Una vez presentada la tecnología para construir una aplicación Web, en el siguiente punto se detallan los proveedores de hosting para poder desplegar dicha aplicación.

2.3.8. Proveedores de Hosting

Como se ha mencionado anteriormente, es importante comprender cómo publicar una aplicación Web en Internet, para lo cual se recurre a proveedores de hosting.

Un proveedor de hosting, tal y como expone *Google* [32], posee servidores y ofrece espacio a sus clientes, quienes utilizan ese espacio para almacenar sus páginas Web haciéndolas accesibles a cualquier persona en Internet. Para elegir un proveedor de hosting es crucial entender la diferencia entre sitios estáticos y dinámicos, como expone Spilotro [100].

Por un lado, un sitio estático permanece igual en todo momento, es decir, su contenido no cambia. Por otro lado, un sitio dinámico, como una aplicación Web, presenta un contenido variable según el usuario que lo visite. Para crear estos últimos se requiere un servidor y una base de datos utilizando la tecnología mencionada previamente.

Existen varios proveedores de hosting para sitios dinámicos, siendo uno de los más populares y fáciles de usar las **PaaS**. Estas plataformas, como expone Chai [15], gestionan muchos detalles a bajo nivel, permitiendo a los desarrolladores concentrarse más en la construcción de aplicaciones en lugar de configurar y administrar el servidor.

En el pasado, la elección de un proveedor **PaaS** era más sencilla debido a la existencia de *Heroku* [107], que ofrecía un plan gratuito muy favorable para el despliegue de aplicaciones Web. Sin embargo, a partir de 2022 esta versión gratuita dejó de existir, como expone Wise [108], provocando que hoy en día sea más difícil elegir un proveedor **PaaS** entre la multitud disponible, tal y como expone Batschinski [11]. En la Figura 2.2 se detallan los planes gratuitos que ofrecen algunas de las plataformas más populares. Las características comparadas incluyen el número de aplicaciones que se pueden desplegar de forma gratuita, el número de horas de uso permitidas, si el servicio se desconecta tras un período de inactividad y si se requiere una tarjeta de crédito para su utilización.

Tabla 2.2: Planes gratuitos de **PaaS**

Plataforma	N.º Apps	Horas de Uso	Desconexión	Tarjeta
Fly.io [30]	Tres	Ilimitado	Nunca	Si
Railway app [87]	Ilimitado	Subvención de 5€	Nunca	No
Adaptable.io [1]	Ilimitado	Ilimitado	Nunca	Si
Render [90]	Ilimitado	750 al mes	15 minutos de inactividad	No

Una vez presentada toda la tecnología que se puede utilizar a la hora de construir una aplicación

Web. Es fundamental tener en cuenta las diferentes técnicas de visualización que existen para asegurar que el usuario entienda los datos que se muestran con dicha aplicación. Estas técnicas son analizadas en el siguiente punto.

2.4. Técnicas de Visualización de Datos

Como se ha mencionado previamente, el desarrollo de la aplicación Web deseada requiere la presentación atractiva de datos para los usuarios, lo que implica el uso de técnicas de visualización de datos existentes. En esencia, esto implica la transformación de una gran cantidad de información en un formato visual comprensible mediante elementos gráficos. Esto permite comunicar relaciones complejas entre los datos para mejorar la comprensión por parte de los usuarios. A continuación, se realiza un análisis de las diversas técnicas según lo expuesto por Wilke [79], Yi y Restori [109], y Holtz [48]. Estas técnicas se agrupan en seis categorías principales: distribución, correlación, ranking, parte de un todo, evolución y otras técnicas.

2.4.1. Técnicas de Distribución

Las técnicas de distribución se utilizan para comprender cómo se distribuyen los datos en un conjunto. Esto es crucial para comprender la dispersión y la concentración de los valores. Las visualizaciones de distribución permiten identificar patrones, valores atípicos y la forma general de la distribución de los datos. Dentro de este grupo se encuentran las técnicas que se enumeran a continuación:

- El histograma
- El gráfico de densidad
- El diagrama de caja y bigotes
- El diagrama de violín

Por un lado, el histograma toma como entrada únicamente una variable numérica. Esta variable se divide en varios intervalos y el número de observaciones por intervalo se representa mediante la altura de las barras, como se ilustra en la Figura 2.5. Utilizando esta técnica es posible representar la distribución de varias variables en el mismo eje Y de esta forma compararlas.

Por otro lado, una versión más suave del histograma es el gráfico de densidad, el cual representa la distribución de una variable numérica utilizando una estimación de densidad del núcleo para mostrar la función de densidad de probabilidad de la variable. En la Figura 2.6 se ve el mismo ejemplo anterior, pero esta vez usando un gráfico de densidad. Nuevamente, al igual que el histograma, es posible representar varias variables en el mismo eje.

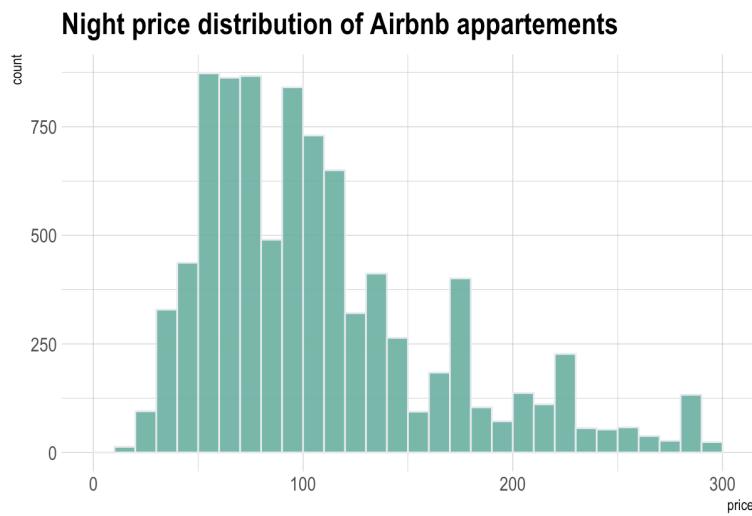


Figura 2.5: Histograma [48]

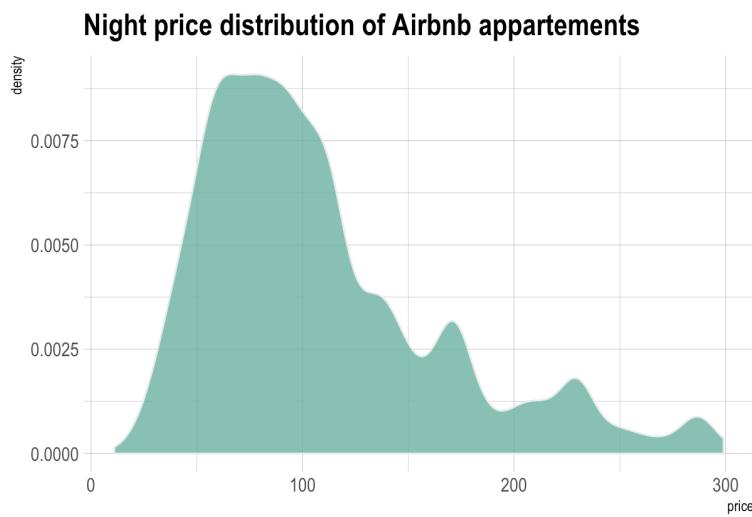


Figura 2.6: Gráfico de densidad [48]

El diagrama de cajas y bigotes proporciona un buen resumen de una o más variables numéricas. Este tipo de diagramas está compuesto por varios elementos, como muestra la Figura 2.7. La desventaja de estos diagramas es que resumir también significa perder información. Por ejemplo, en el diagrama de cajas y bigotes de la Figura 2.8 es fácil concluir que el de color verde tiene un valor más alto que los demás. Sin embargo, no se puede ver la distribución subyacente de puntos en cada grupo ni su número de observaciones. Es por eso que, si la cantidad de datos no es muy grande, es una buena práctica añadir lo que se conoce como “*jitter*” al gráfico, como muestra la Figura 2.9.

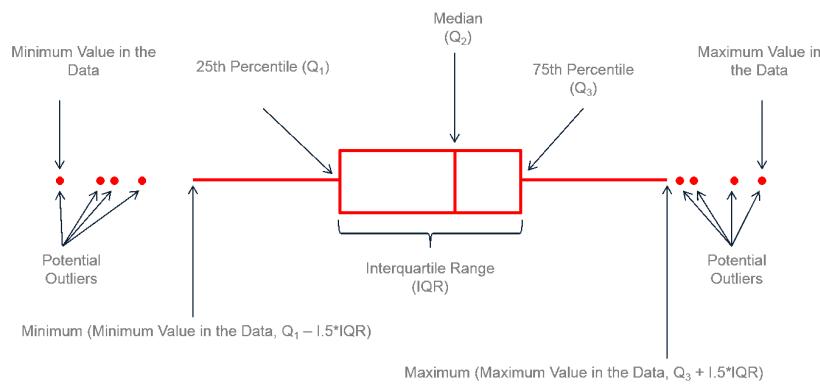


Figura 2.7: Componentes del diagrama de caja y bigotes [54]

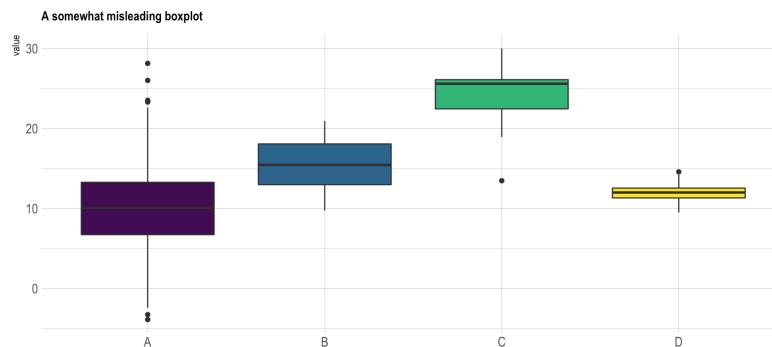


Figura 2.8: Diagrama de caja y bigotes [48]

Sin embargo, si se tiene un tamaño de muestra grande, usar “*jitter*” provocaría que los puntos se superpondrían entre ellos. Por lo que, una alternativa es usar el diagrama de violín que permite visualizar la distribución de una variable numérica para uno o varios grupos. Cada “violín” representa un grupo o una variable. La forma representa la estimación de densidad de la variable: cuanto más datos haya en un rango específico, más grande será el “violín” para ese rango. Es muy similar a un diagrama de caja y bigotes, pero permite una comprensión más profunda de la

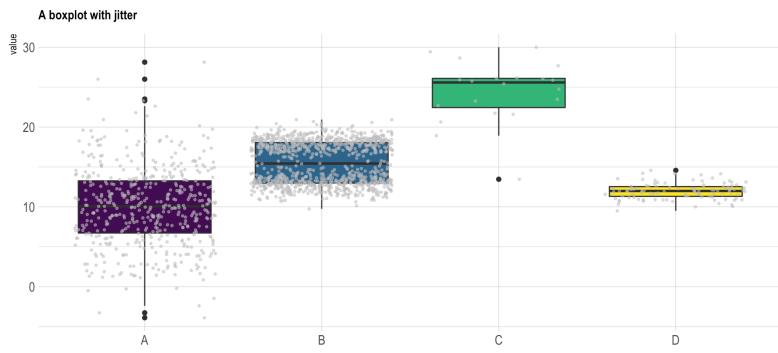


Figura 2.9: Diagrama de caja y bigotes con “*jitter*” [48]

distribución. En la Figura 2.10 se ve un ejemplo de este tipo de diagramas.

Una vez presentadas las técnicas utilizadas para comprender la distribución de los datos, en el siguiente punto se detallan las técnicas para conocer la relación entre ellos.

2.4.2. Técnicas de Correlación

Las técnicas de correlación revelan la relación entre dos o más variables. Determinar esta relación entre variables es fundamental para comprender cómo cambian juntas y si existe alguna dependencia entre ellas. Las visualizaciones de correlación ayudan a identificar patrones, tendencias y posibles relaciones causales entre variables. Dentro de este grupo se encuentran las técnicas que se enumeran a continuación:

- El gráfico de dispersión
- El gráfico de burbujas
- El mapa de calor

El diagrama de dispersión muestra la relación entre 2 variables numéricas. Para cada punto de datos, el valor de su primera variable se representa en el eje X y el de la segunda en el eje Y, tal y como se ilustra en la Figura 2.11.

Por otro lado, como se observa en la Figura 2.12, si al diagrama de dispersión se le agrega una tercera dimensión a través del tamaño de los puntos, se trataría de un gráfico de burbujas.

Finalmente, el mapa de calor consiste en una representación gráfica de datos donde los valores individuales contenidos en una matriz se representan como colores. Se puede observar un ejemplo en la Figura 2.13.

Una vez presentadas las técnicas utilizadas para conocer la relación entre los datos, en el si-

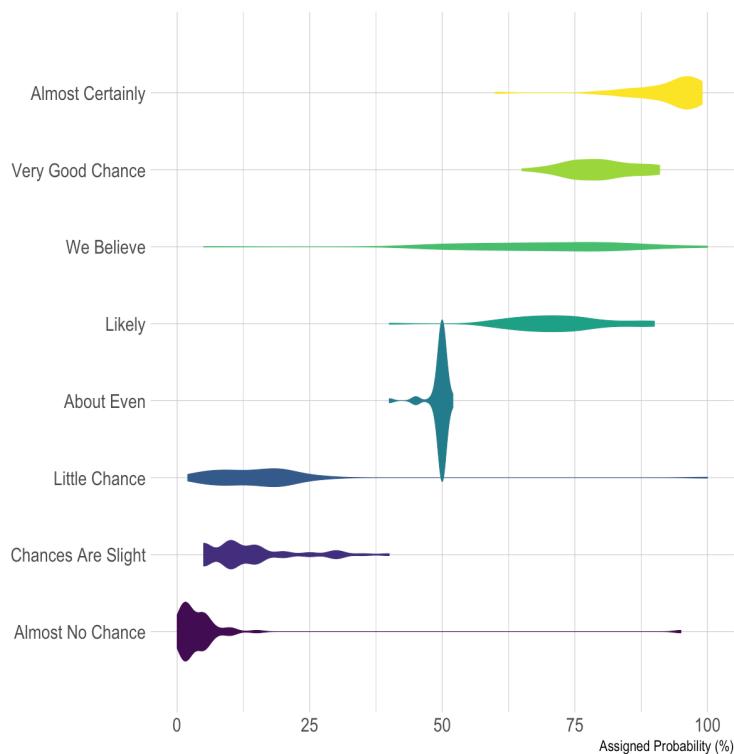


Figura 2.10: Diagrama de violin [48]

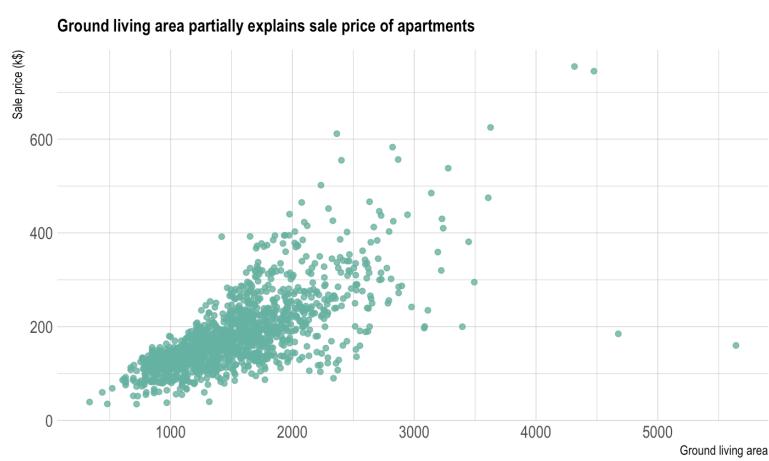


Figura 2.11: Diagrama de dispersión [48]

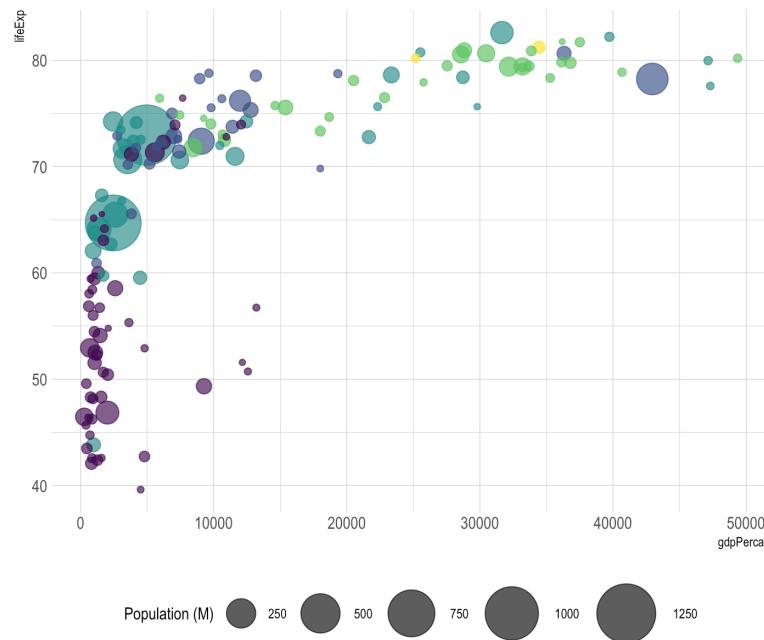


Figura 2.12: Gráfico de burbujas [48]

guiente punto se detallan las técnicas para clasificarlos.

2.4.3. Técnicas de Ranking

Las técnicas de ranking se centran en comparar y ordenar valores para identificar los más altos, los más bajos o cualquier otro criterio de clasificación. Estas visualizaciones son útiles para comprender la posición relativa de los elementos dentro de un conjunto de datos y para identificar tendencias o patrones de comportamiento. Dentro de este grupo se encuentran las técnicas que se enumeran a continuación:

- La gráfica de barras
- El gráfico lollipop
- El gráfico de barras circular
- El gráfico radial

El gráfico de barras es una herramienta visual ampliamente empleada para la representación de datos, siendo su función principal la de mostrar la relación entre una variable numérica y una variable categórica. Siendo cada categoría representada mediante una barra, y el valor numérico mediante la longitud de dicha barra.



Figura 2.13: Mapa de calor [48]

Es importante destacar que estos gráficos permiten comparar los valores entre distintos grupos. Esto se logra colocando las barras una al lado de la otra o apilándolas entre sí. Además, cuando las etiquetas de las categorías son muy largas, se recomienda invertir los ejes y crear un gráfico de barras horizontal para una mejor visualización, tal y como muestra la Figura 2.14. Esto facilita la lectura de las etiquetas y la interpretación de los datos.

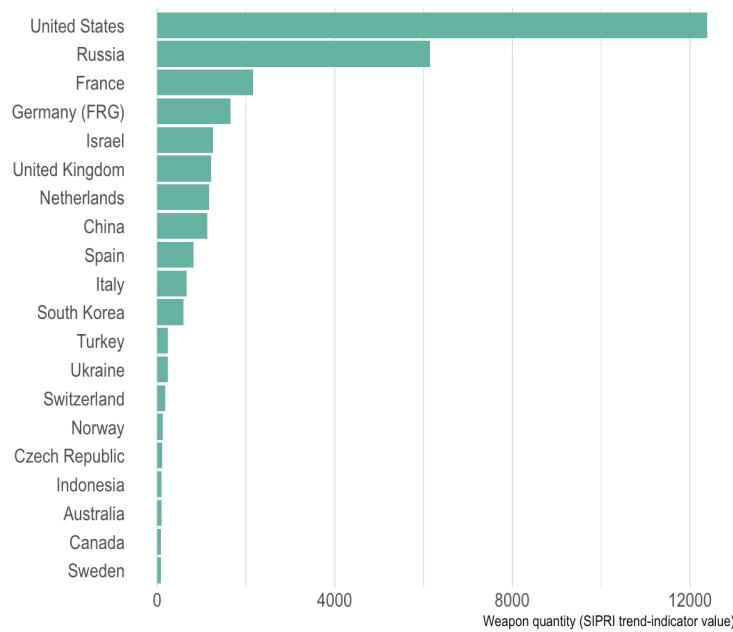


Figura 2.14: Gráfico de barras [48]

Al tratarse de un gráfico tan común, el diagrama de barras puede resultar aburrido. Es por este motivo que surgieron variaciones como el gráfico lollipop que sustituye las barras por una línea y un punto, como se ve en la Figura 2.15 y el gráfico de barras circular ilustrado en la Figura 2.16. Este último es más difícil de leer, por lo que es una buena práctica utilizarlos cuando la diferencia entre las barras es muy obvia o hay muchas que mostrar.

Finalmente, dentro de este grupo se encuentra el gráfico radial, el cual consiste en un gráfico bidimensional diseñado para representar una o más series de valores sobre múltiples variables cuantitativas. Cada variable tiene su propio eje, y todos los ejes están unidos en el centro del gráfico. Una práctica común es comparar varios individuos en un mismo gráfico, como se muestra en la Figura 2.17, o en caso de que sean muchos individuos, mostrarlos en gráficos separados.

A pesar de su atractivo visual, los gráficos radar no suelen ser ampliamente utilizados debido a que al tener un formato circular, pueden resultar más difíciles de interpretar. Este formato tampoco permite ordenar los valores de manera efectiva. Además, el dibujo que se forma puede

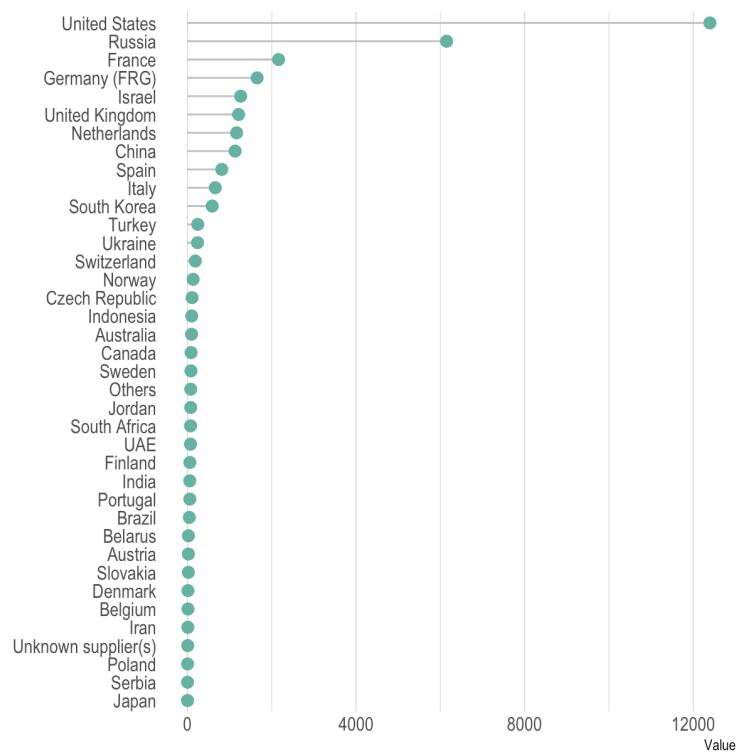


Figura 2.15: Gráfico lollipop [48]

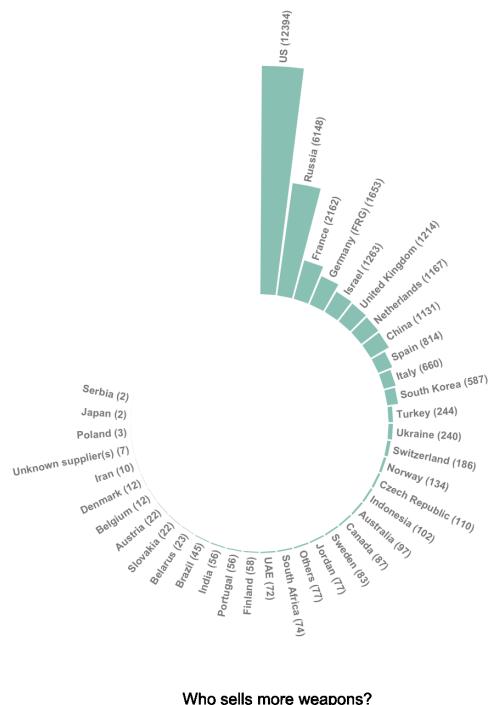


Figura 2.16: Gráfico de barras circular [48]

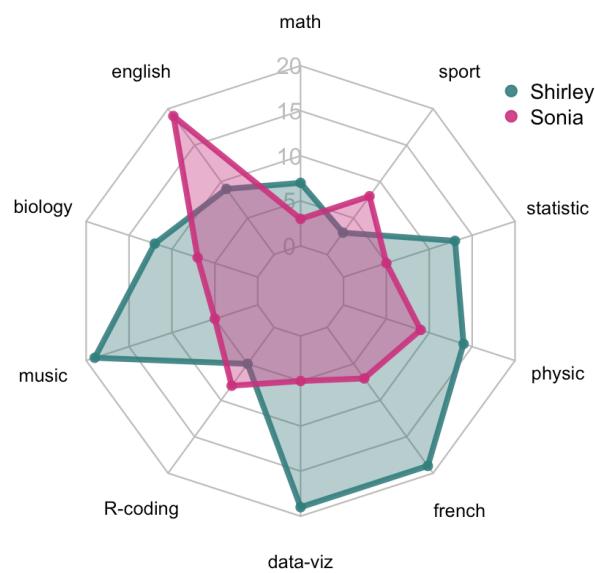


Figura 2.17: Gráfico radial [48]

variar según el orden de las categorías, a pesar de que los datos sean los mismos.

Una vez presentadas las técnicas utilizadas para ordenar los diferentes valores, en el siguiente punto se detallan las técnicas para conocer como los datos se proporcionan según el todo.

2.4.4. Técnicas de Parte de un Todo

Las técnicas de parte de un todo, como indica su nombre, muestran cómo se dividen los datos en partes proporcionales al todo. Son útiles para comprender la composición de un conjunto de datos y para visualizar la distribución de los valores en relación con el conjunto completo. Las visualizaciones de parte de un todo permiten identificar las contribuciones relativas de cada componente y compararlos entre sí. Dentro de este grupo se encuentran las técnicas que se enumeran a continuación:

- El gráfico de pastel
- El mapa de árbol
- El diagrama de sol

El gráfico de pastel, caracterizado por un círculo dividido en secciones que representan proporciones del total, se emplea comúnmente para visualizar porcentajes, donde la suma total alcanza el 100 %. A pesar de su popularidad, este tipo de representación resulta difícil de interpretar debido a la baja capacidad humana para percibir con precisión ángulos. Esta dificultad se evidencia al intentar determinar cuál de las secciones es la más grande en diferentes gráficos, como el mostrado en la Figura 2.18, seguido de la comparación con la Figura 2.19 que presenta los mismos datos pero en un formato de barras.

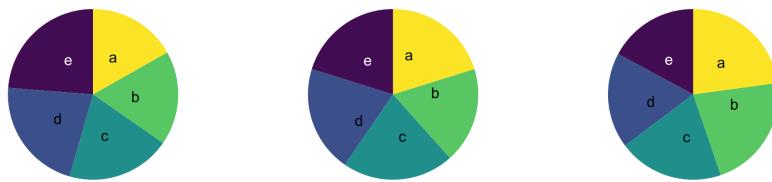


Figura 2.18: Gráfico de tarta [48]

De este ejemplo se deduce que las alternativas más efectivas son los gráficos de barras y los de lollipop explicados en el grupo anterior, los cuales pueden emplearse también en este contexto. Asimismo, los mapas de árbol constituyen otra alternativa viable.

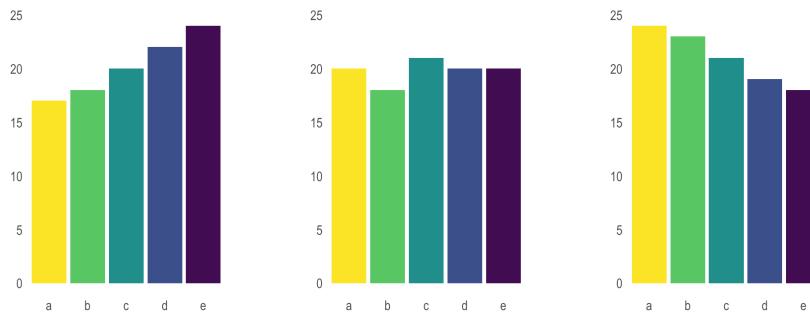


Figura 2.19: Gráfico de barras apiladas [48]

Los mapas de árbol muestran datos jerárquicos como un conjunto de rectángulos anidados. Cada grupo se representa mediante un rectángulo, cuya área es proporcional a su valor. Mediante esquemas de color o interactividad, es posible representar varias dimensiones. En la Figura 2.20 se puede observar un ejemplo de este tipo de diagramas.

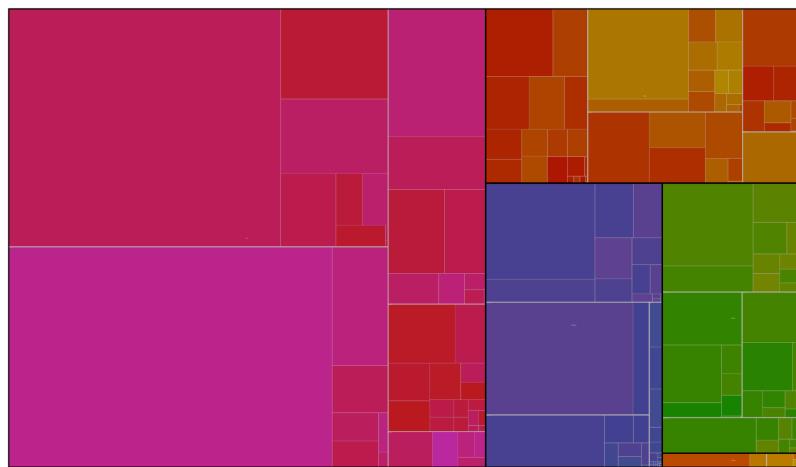


Figura 2.20: Mapa de árbol [48]

Por último, una técnica muy similar al mapa de árbol, pero con un diseño radial, es el diagrama de sol, tal y como se ilustra en la Figura 2.21. Este tipo de diagramas muestran una estructura jerárquica, siendo el origen de la organización el centro del círculo, y cada nivel es representado con un anillo adicional. El último nivel (hojas) se encuentra en la parte exterior extrema del círculo.

Una vez presentadas las técnicas utilizadas para conocer las proporciones de los datos, en el siguiente punto se detallan las técnicas que indican la evolución de los datos a lo largo del tiempo.



Figura 2.21: Diagrama de sol [48]

2.4.5. Técnicas de Evolución

Las técnicas de evolución muestran cómo cambian los datos a lo largo del tiempo o en relación con otra variable. Son esenciales para identificar tendencias, patrones estacionales, ciclos y cambios a largo plazo en los datos. Las visualizaciones de evolución permiten comprender la dinámica temporal de los fenómenos y tomar decisiones informadas basadas en estos cambios.

Dentro de este grupo se encuentran las técnicas que se enumeran a continuación:

- La gráfica de línea
- La gráfica de área
- La gráfica de área apilada

La gráfica de línea es una herramienta visual que representa la evolución de una o varias variables numéricas a lo largo del tiempo. En este tipo de gráfica los puntos de datos se disponen en orden según su valor en el eje X y se conectan mediante segmentos de línea recta, como se muestra en la Figura 2.22. Además, de representar la evolución temporal de una única variable, las gráficas de línea también pueden utilizarse para comparar la evolución de varias variables simultáneamente.

Es importante destacar que en este tipo de gráficas no se suelen señalar los datos. No obstante, es una buena práctica señalarlos con un punto cuando se trata de una muestra pequeña, lo que contribuye a mantener la claridad y la precisión en la representación visual de los datos, facilitando su interpretación por parte del lector.

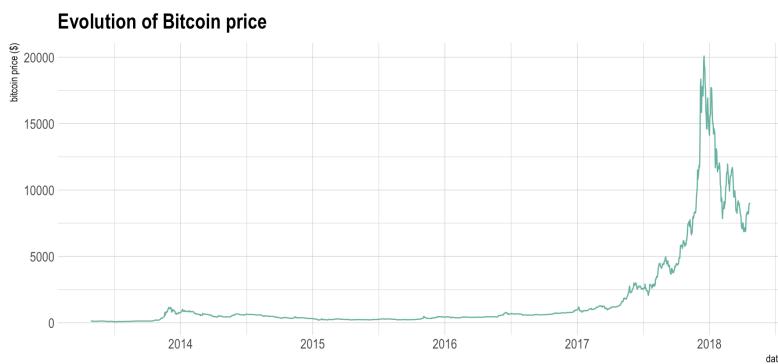


Figura 2.22: Gráfica de líneas [48]

En el caso que el área entre el eje X y la línea esté rellena de un color como se ilustra en la Figura 2.23 se trataría de una gráfica de área. Por otro lado, una extensión de este tipo es la gráfica de área apilada, que consiste en un gráfico de área que muestra la evolución de varios grupos en la misma gráfica. Los valores de cada grupo se muestran encima de cada uno, lo que

permite comprobar la evolución del total y la importancia de cada grupo. La Figura 2.24 muestra un ejemplo de este tipo de gráficas.

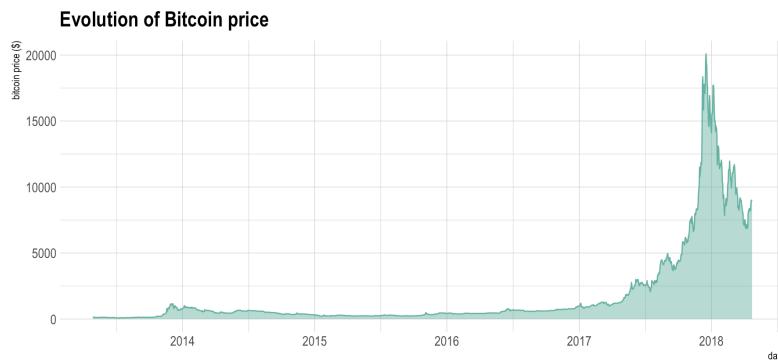


Figura 2.23: Gráfica de área [48]

Popularity of American names in the previous 30 years

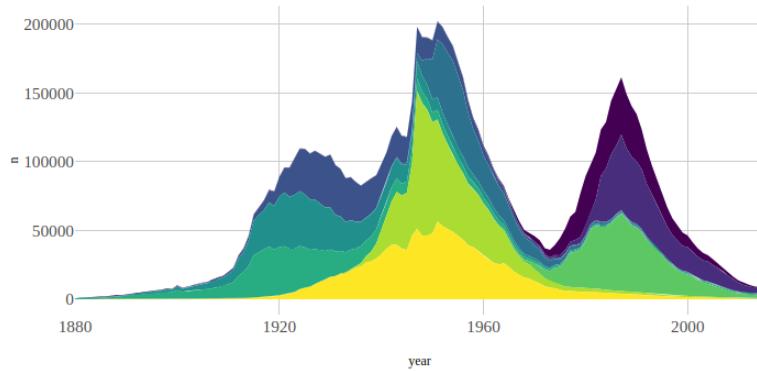


Figura 2.24: Gráfica de área apilada [48]

Finalmente, una vez presentadas las técnicas utilizadas para conocer la evolución de los datos, en el siguiente punto se detallan otras técnicas de visualización interesantes.

2.4.6. Otras Técnicas

Este grupo abarca diversas técnicas que no se ajustan directamente a las categorías anteriores debido a la gran variedad de enfoques disponibles, un ejemplo son las visualizaciones especializadas para representar datos geoespaciales, como el mapa ilustrado en la Figura 2.25.

Otro tipo de visualizaciones que entraría dentro de esta categoría son las visualizaciones de flujo, como el diagrama de cuerdas, que representa conexiones entre nodos. Cada nodo se representa mediante un fragmento en la parte exterior del diseño circular, y se trazan arcos entre cada par

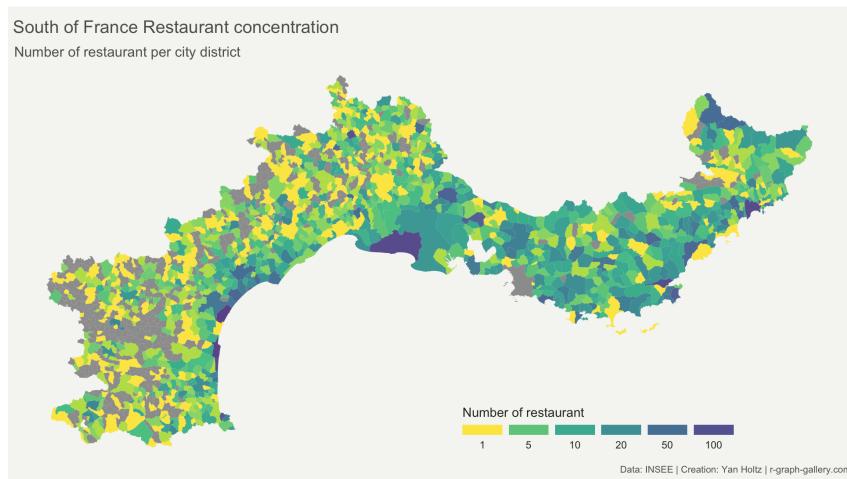


Figura 2.25: Mapa [48]

de entidades. El tamaño de cada arco es proporcional a la importancia del flujo. La Figura 2.26 muestra un ejemplo de este tipo de diagramas.

Por último, dentro de este grupo también se incluye la visualización de datos en su forma individual cuando solo se desea mostrar un único dato, así como en formato de tabla.

Una vez se han presentado las diferentes técnicas de visualización de datos que existen, es crucial conocer la disciplina de la **IPO**, concepto que se detalla mejor en el siguiente punto.

2.5. Interacción Persona-Ordenador

Por último, para el desarrollo de una aplicación Web enfocada en el lado del cliente es indispensable detenerse para hablar de la disciplina de la **IPO**, de la experiencia de usuario y de la usabilidad. A continuación, se detallan cada uno de estos conceptos.

2.5.1. Concepto de la IPO

La **IPO** es definida por **SIGCHI** como “la disciplina relacionada con el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para el uso de seres humanos, y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que está relacionado” [36].

Dentro de esta disciplina se pueden encontrar distintos aspectos, los cuales se pueden ver reflejados en la Figura 2.27. Por un lado, se observa una persona con sus características de procesamiento de la información, tanto las de comunicación como las físicas que interactúa con un ordenador. El cual también tiene sus propias características. Por otro lado, en medio se encuen-

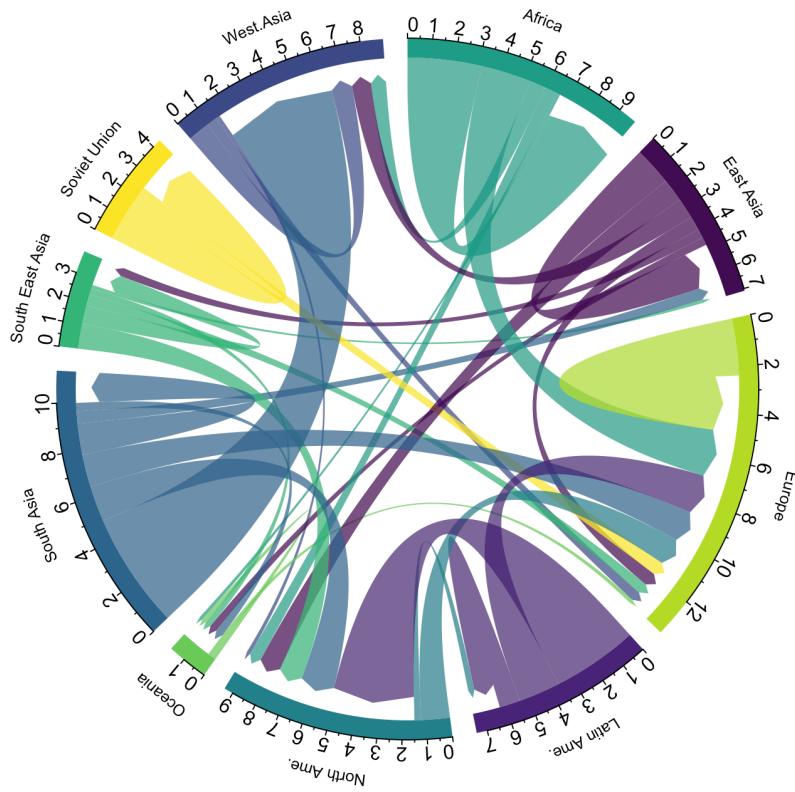


Figura 2.26: Diagrama de cuerdas [48]

tran los dispositivos de entrada y salida que relacionan a la persona con el ordenador, comunicándose mediante diferentes elementos de diseño.

Además, la Figura 2.27 muestra que la persona no está sola, sino que realiza el trabajo dentro de una organización social, siendo posible gracias a un proceso de desarrollo en el que cada uno de estos componentes debe ser abordado con igual grado de implicación y no caer en el error de obviar la parte humana, centrándose solamente en la parte tecnológica.

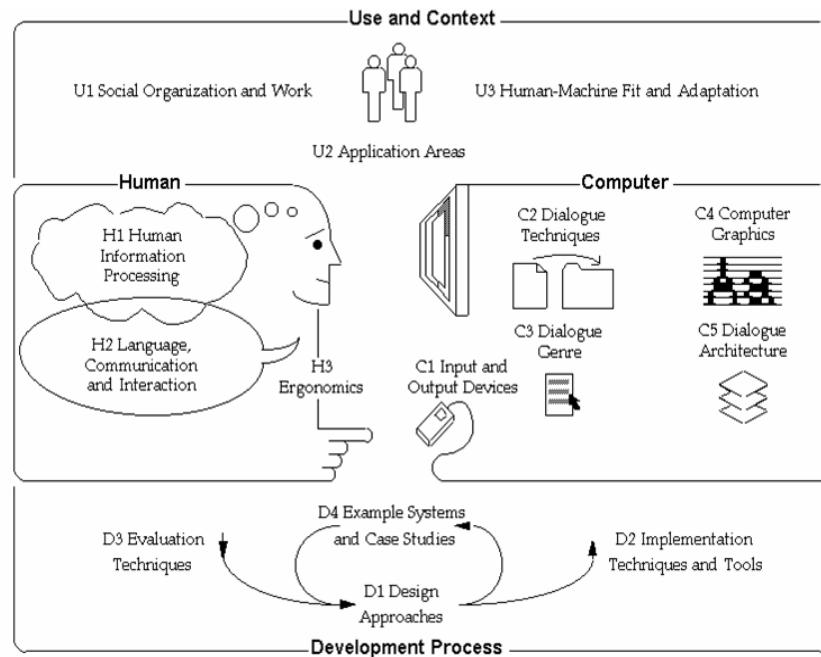


Figura 2.27: Flujo de la disciplina de la IPO [36]

A raíz de todo esto, se puede decir que la disciplina de la IPO es la encargada de estudiar la experiencia de usuario de la aplicación Web. Concepto que se detalla más en profundidad en el siguiente punto.

2.5.2. Experiencia de Usuario

El término de experiencia de usuario no tiene una definición consensuada, sin embargo, una de las más destacadas es la que propone el estándar ISO DIS 9241-210:2008 [51], definiendo este concepto como “las percepciones y respuestas de una persona que resultan del uso y/o uso anticipado de un producto, sistema o servicio”.

Además, la experiencia de usuario presenta diferentes facetas a considerar para el diseño o evaluación de un sistema interactivo. Sin embargo, nuevamente al igual que ocurre con su definición, todavía no están consensuadas ni por la comunidad científica ni por ningún organismo

de estandarización. A continuación, se mencionan diferentes facetas para diferentes autores:

- El autor Peter Morville [70] definió la colmena de la UX en la que se incluyen: usable, útil, deseable, valioso, creíble, encontrable y accesible como atributos a considerar para obtener una experiencia de usuario positiva.
- Autores como Hassenzahl y Tractinsky [43] proponen tres facetas: más allá de lo instrumental; experimental; y emociones y afectos.
- Otros referentes como Hassan Montero y Ortego Santamaría [42] señalan al usuario, contexto y contenido como los componentes más importantes dentro de la experiencia de usuario.

Para concluir, Granollers sugiere la siguiente definición [39] cubriendo los diferentes aspectos: “la experiencia de usuario atiende a todos los factores, tanto internos como externos del usuario y del sistema interactivo que causen alguna sensación a quien esté utilizando un sistema interactivo concreto en un determinado contexto de uso”. Entre estos factores se encuentra la usabilidad, la cual es explicada en el siguiente punto.

2.5.3. Usabilidad

El concepto de usabilidad fue introducido por J. Nielsen [78], quien concluyó que un sistema software tiene dos componentes: el aspecto funcional y la forma en que los usuarios pueden usar este aspecto, siendo este último el que es tratado para mejorar la usabilidad de una aplicación. Por consiguiente, los aspectos que se tienen en cuenta al hablar de usabilidad serían la facilidad de aprendizaje, la efectividad de uso y la satisfacción con las que las personas son capaces de realizar sus tareas.

Teniendo esto en cuenta, la usabilidad se puede definir coloquialmente como “fácil de usar o de utilizar y de aprender” [38]. Definición que se considera correcta, pero incompleta, ya que el concepto engloba muchos más aspectos. Es por ello que el organismo de estandarización ISO propone dos definiciones:

- “La medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado” propuesta por la ISO 9241-11 [50].
- “La capacidad que tiene un producto software para ser atractivo, entendido, aprendido, usado por el usuario cuando es utilizado bajo unas condiciones específicas” propuesta por la ISO/IEC 9126 [52].

Una vez se ha definido el concepto de usabilidad se debe saber que este tiene un gran conjunto de atributos, los cuales Granollers [38] los resumen en: facilidad de aprendizaje, sintetizabilidad,

familiaridad, consistencia, flexibilidad, robustez, recuperabilidad, tiempo de respuesta, adecuación de tareas y disminución de la carga cognitiva.

Al final, se puede concluir que para conseguir un buen grado de usabilidad en una aplicación se requiere pensar en el usuario, lo cual se consigue diseñando una interfaz centrada en el usuario. Esto implica conocer las particularidades de los usuarios para cada caso y reflejarlas en la interacción de la interfaz. Aunque un equipo de desarrollo pueda implementar sistemas similares, es crucial involucrar a los usuarios desde el inicio para lograr una familiaridad que proporcione seguridad y relajación durante la manipulación del sistema.

El objetivo es lograr una interfaz fácil de usar y aprender, lo cual requiere una estrecha colaboración con los usuarios a lo largo de todo el proceso de desarrollo. Implicar a los usuarios desde el principio es fundamental y no se debe confundir con simplemente diseñar pensando en el usuario sin su participación activa. Es crucial conocer la opinión de los usuarios de primera mano para garantizar la utilidad y la comodidad de la interfaz.

Además, los sistemas interactivos deben centrarse en todos los usuarios considerando las diferencias individuales, incluso teniendo en cuenta a aquellos con discapacidades. Ignorar a los usuarios o dejar su participación a la fase final del proyecto puede resultar en una interfaz que no cumple con sus necesidades y expectativas. En resumen, el diseño de sistemas interactivos implica hacer del usuario el foco principal desde el inicio del proceso hasta la implementación final, abarcando la diversidad de usuarios y sus características específicas.

A raíz de todo esto, se puede concluir que la usabilidad es un factor a tener muy en cuenta a la hora de desarrollar la aplicación Web deseada, tema que es abordado con mayor detalle en los próximos capítulos.

Capítulo 3

Propuesta de Solución

En este capítulo se presenta la propuesta de este trabajo junto con una explicación detallada de la metodología de desarrollo seleccionada y las herramientas empleadas a lo largo del proyecto.

3.1. Aplicación Web

Para llevar a cabo la solución al problema planteado en la introducción, se propone el desarrollo de una aplicación Web moderna y usable con el fin de brindar una buena experiencia de usuario. Para lograrlo se plantea la creación de una **SPA** siguiendo una arquitectura **MVC** y prestando especial atención a la usabilidad. A continuación, se profundiza en todos estos aspectos, así como el marco tecnológico que se sugiere utilizar.

3.1.1. Arquitectura MVC

Con una arquitectura **MVC**, tal y como explica Hernández [45], se consigue fortalecer la robustez y escalabilidad de la aplicación al dividir el código en tres componentes principales cada uno con responsabilidades específicas lo que facilita la organización, el mantenimiento y la expansión esenciales en una aplicación moderna. Estos tres componentes consisten en: Modelo, Vista y Controlador.

1. **Modelo:** Encargado de gestionar los datos y la lógica. En el contexto de la aplicación de diagnóstico de fibromialgia, el Modelo sería el responsable de la manipulación de datos relacionados con los pacientes, resultados de diagnóstico y cualquier información relevante para el proceso de evaluación médica.
2. **Vista:** Representa la interfaz de usuario y se encarga de la presentación de datos. La Vista en este caso sería el responsable de mostrar al usuario la información crucial de manera

clara y comprensible, teniendo un gran enfoque en la usabilidad.

3. Controlador: Gestiona la interacción del usuario y actúa como intermediario entre el Modelo y la Vista. El Controlador sería el responsable de procesar las acciones del usuario, actualizar el Modelo según sea necesario y coordinar la presentación actualizada a través de la Vista.

Esta división clara de responsabilidades, que se puede ver en la Figura 3.1, no solo facilita el desarrollo y la mantenibilidad del código, sino que también proporciona una base sólida para futuras expansiones y mejoras en la aplicación.

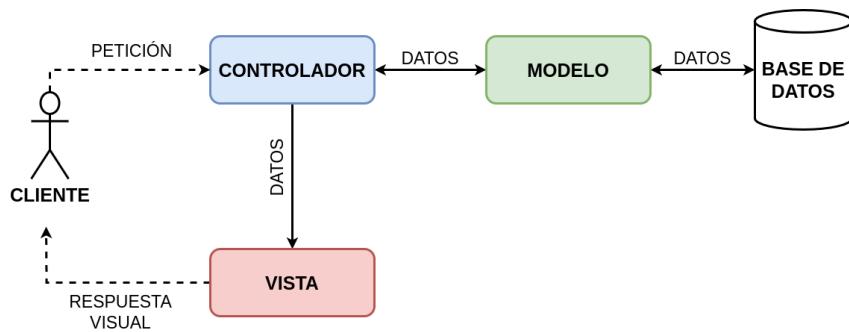


Figura 3.1: Arquitectura MVC

Una vez presentada la arquitectura, resulta fundamental explorar la tecnología de las **SPA**, la cual es detallada en el próximo punto.

3.1.2. Tecnología de Aplicaciones de una Sola Página

Las **SPA**, como se detalla en el capítulo anterior y señala BasuMallick [10], ofrecen la ventaja crucial de posibilitar la interacción del usuario sin tener que recargar la página. Esta característica contribuye de manera significativa a la reducción del tiempo de carga, lo que, a su vez, se traduce en una mejora sustancial en la velocidad de la aplicación. Al prescindir de la recarga de la página solo es necesario intercambiar datos, mientras que recursos fundamentales como **HTML** y **CSS** se cargan de manera única al inicio.

Además, las **SPA** pueden incorporar las funcionalidades de las **PWA**, permitiendo su uso incluso cuando no hay conexión a internet. Esto lo consiguen las **SPA** enviando una única petición al servidor para luego guardar y almacenar lo que recibe en el caché, permitiendo sincronizar los datos del servidor cuando la conexión lo permita.

Asimismo, las **SPA** permiten crear aplicaciones Web con una compatibilidad multiplataforma, teniendo la posibilidad de utilizar la aplicación en cualquier dispositivo, navegador y sistema operativo moderno.

Finalmente, es importante destacar que en una **SPA** se utiliza un enrutamiento en el lado del cliente, lo que implica que, aunque la **URL** pueda cambiar visualmente, en realidad no se está cambiando de página, sino que se está renderizando nuevo contenido en la misma página donde se encuentra el usuario. Esta dinámica proporciona un feedback al usuario al cambiar la **URL**.

En conclusión, con todas estas características, las **SPA** mejoran significativamente la experiencia del usuario gracias a la velocidad, la posibilidad de utilizarla offline y en cualquier dispositivo. Sin embargo, para mejorar aún más esta experiencia, es crucial centrarse en la usabilidad de la aplicación, un aspecto que se explora con más detalle en el próximo punto.

3.1.3. Usabilidad como Características Clave

Diseñar una interfaz intuitiva y usable que responda a las necesidades del usuario final, haciendo que sea tanto fácil de utilizar como de aprender, es esencial en una aplicación Web que quiera brindar una gran experiencia de usuario.

La creación de una interfaz intuitiva implica la adopción de elementos visuales y de diseño que reflejen la lógica y el flujo de trabajo esperado por el usuario. Se busca minimizar la curva de aprendizaje, permitiendo que tanto profesionales de la salud como pacientes puedan interactuar de manera natural con la aplicación desde el primer momento. La disposición lógica de los elementos, la claridad en las indicaciones y la consistencia en el diseño contribuirán a una experiencia de usuario sin complicaciones.

En paralelo, se plantea la implementación de un *diseño responsive*, como expone Mozilla [74], con el cual se consigue una adaptación fluida para los diversos tamaños de pantalla. Después de todo, la gran variabilidad de dispositivos que existen, como ordenadores, tablets y teléfonos móviles, requiere que la interfaz sea flexible y se ajuste de manera óptima a cada contexto. Esta adaptabilidad no solo mejora la accesibilidad, sino que también proporciona una experiencia consistente y agradable, independientemente del dispositivo utilizado.

En conclusión, la creación de una interfaz intuitiva y *responsive* es un elemento clave para ofrecer una experiencia de usuario positiva en la aplicación Web. Estos aspectos se integran dentro del marco tecnológico propuesto para la creación de la aplicación Web, el cual es detallado en el siguiente punto.

3.1.4. Marco Tecnológico

Dentro del marco tecnológico se distinguen diversas tecnologías agrupadas en dos categorías principales: *FrontEnd* y *BackEnd*.

- **FrontEnd**

- **Lenguaje de marcado:** HTML
- **Lenguaje de diseño gráfico:** CSS
- **Lenguaje de programación:** TypeScript [60]
- **Framework:** React [28]
- **Herramienta:** Vite [110]
- **Librería destacada:** ECharts [5]
- **Pruebas de componentes:** Cypress [19]

- **BackEnd**

- **Lenguaje de programación:** TypeScript [60]
- **Entorno de desarrollo:** Node.js [20]
- **Framework:** Express.js [80]
- **Base de datos:** MongoDB [66]
- **Librerías destacadas:** Zod [59]

Estas tecnologías han sido seleccionadas cuidadosamente con el objetivo de implementar el stack *MERN* utilizando *TypeScript* como lenguaje central. El propósito es lograr el desarrollo de una aplicación Web moderna y usable que abarque tanto el lado del cliente como el del servidor. A continuación, se detallan a fondo cada una de estas tecnologías.

Por un lado, en el *FrontEnd* se opta por tecnologías líderes en la industria como **HTML**, **CSS**, **TypeScript** y **React**. Estas elecciones proporcionan una estructura sólida para la creación de interfaces de usuario dinámicas y atractivas. Además, se utiliza *Vite* como herramienta de construcción ofreciendo un entorno de desarrollo rápido y liviano que contribuye a la eficiencia del proceso de desarrollo. Finalmente, en el lado del cliente, de entre todas las librerías utilizadas, se resalta la elección de *ECharts* utilizada para la visualización de datos y del *framework* *Cypress* para probar los diferentes componentes.

Por otro lado, en el *BackEnd* se repite la elección de *TypeScript* dentro del entorno de *Node.js*. Este último es respaldado por *Express.js* como *framework* proporcionando un entorno ágil y escalable para la gestión eficiente de las operaciones del servidor. El stack *MERN* se solidifica al optar por *MongoDB* como base de datos, destacándose por su capacidad de almacenamiento flexible y escalable. La interfaz con esta base de datos se simplifica mediante el uso de la librería *Zod*, que ofrece una manera eficiente de definir y validar los esquemas de datos en *TypeScript*, facilitando así el acceso y la manipulación de los datos de manera eficaz.

Todas estas tecnologías están interrelacionadas como se ilustra en la Figura 3.2. Esta figura no solo presenta la implementación de la arquitectura **MVC** previamente mencionada, sino que también muestra una clara división en tres secciones: Cliente, Servidor y Base de Datos.

- **Cliente:** En la sección del cliente se incorpora toda la tecnología presentada anteriormente en el *FrontEnd*. Además, esta sección representa la Vista en la arquitectura **MVC**.
- **Servidor:** En esta sección se observa la mayoría de la tecnología presentada en el *BackEnd*. Además, esta sección contiene tanto el Controlador, el cual es la **API REST** utilizando el *framework Express*, como el Modelo utilizando el cliente oficial de *MongoDB*. Los datos que son pasados del controlador al modelo se validan empleando la librería **Zod**.
- **Base de Datos:** Aquí se destaca el uso de la base de datos no relacional *MongoDB* empleando la herramienta *MongoDB Atlas*, que sirve como el componente clave para el almacenamiento de datos.

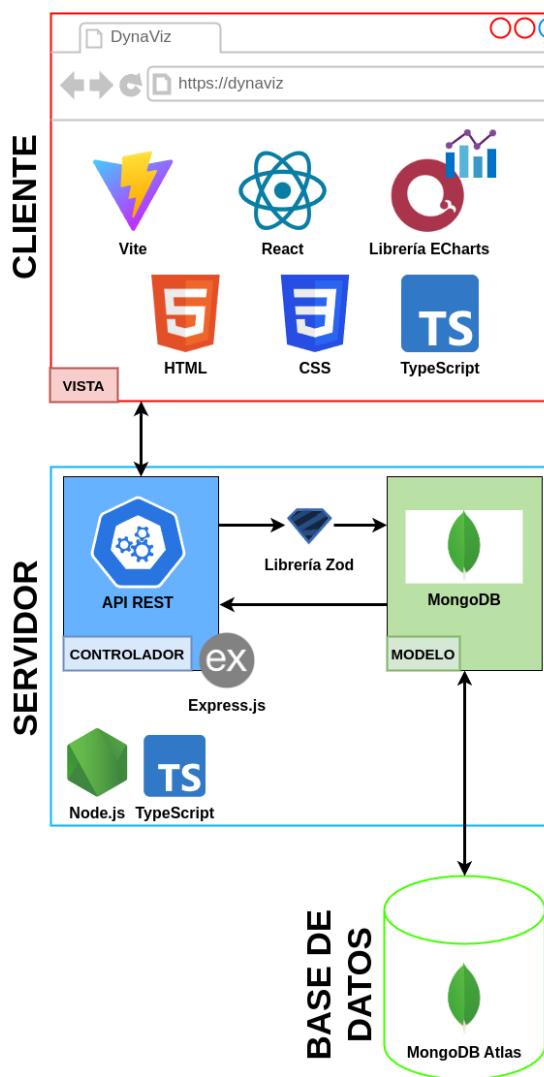


Figura 3.2: Arquitectura tecnológica

En resumen, la combinación de la tecnología presentada, respaldada por una arquitectura **MVC**, tecnología **SPA** y una interfaz usable, garantiza que la aplicación sea tanto moderna como eficiente.

te, brindando una experiencia positiva al usuario. Sin embargo, para lograr una implementación exitosa de dicha aplicación Web, es esencial seguir una metodología de desarrollo adecuada, la cual es detallada en el próximo punto.

3.2. Metodología de Desarrollo

En el contexto de la metodología de desarrollo a seguir, se ha optado por adoptar la metodología ágil, específicamente Scrum. En este punto, se presenta una justificación exhaustiva de la elección de Scrum como marco de trabajo. Además, se explora el flujo de trabajo característico de esta metodología y se detallan las adaptaciones específicas realizadas para asegurar la alineación con los objetivos y características particulares del proyecto.

3.2.1. Justificación

Para justificar la elección de la metodología de Scrum es esencial conocer en primer lugar la decisión de adoptar una metodología ágil para el desarrollo de la aplicación Web. Esta elección se fundamenta principalmente en tres razones: flexibilidad ante cambios, entregas continuas y una colaboración activa con el cliente. A continuación, se detallan cada una de estas razones.

1. **Flexibilidad ante cambios:** Los proyectos de desarrollo de aplicaciones Web a menudo enfrentan cambios en los requisitos del cliente. Las metodologías ágiles están diseñadas para adaptarse fácilmente a cambios, permitiendo una respuesta rápida y eficiente a las necesidades cambiantes a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
2. **Entregas iterativas y continuas:** Las metodologías ágiles promueven entregas iterativas y continuas de incrementos de software funcional. En el contexto de una aplicación Web, esto significa que se pueden entregar funcionalidades tangibles en intervalos cortos, lo que facilita la obtención de retroalimentación temprana y la posibilidad de ajustar el enfoque según las necesidades cambiantes del usuario.
3. **Colaboración activa con el cliente:** La interacción continua con el cliente es un pilar fundamental de las metodologías ágiles. En el desarrollo de aplicaciones Web donde la experiencia del usuario es crucial, la colaboración directa con el cliente asegura una comprensión precisa de sus expectativas y permite ajustes rápidos para garantizar la satisfacción del usuario final.

Sin embargo, como se ha mencionado previamente dentro de las metodologías ágiles, la elección específica ha sido Scrum. A continuación, se detallan las razones principales para elegir dicha metodología.

1. **Roles claros y definidos:** Scrum define roles específicos como el Scrum Master, Product Owner y Desarrolladores, proporcionando claridad en las responsabilidades y contribuyendo a una gestión eficaz del proyecto.
2. **Estructura de Sprints:** La división del proyecto en Sprints permite entregas incrementales regulares, lo cual es beneficioso en el desarrollo Web para mantener un ritmo constante de desarrollo y despliegue de funcionalidades.
3. **Foco en la colaboración:** Scrum promueve la colaboración continua entre los miembros del equipo y el cliente, facilitando la resolución rápida de problemas y la adaptación a los cambios de manera conjunta.
4. **Gestión efectiva de los requisitos:** La gestión del PB en Scrum permite la priorización y adaptación de los requisitos especialmente importantes en el desarrollo Web, donde la variedad de funcionalidades puede ser extensa.
5. **Mejora continua a través de la retroalimentación:** Los eventos de revisión y retroactiva en Scrum proporcionan oportunidades cruciales para la mejora continua, permitiendo ajustar enfoques y procesos según la retroalimentación del equipo y del cliente.

En conclusión, la elección de Scrum como metodología ágil para el desarrollo de la aplicación Web se fundamenta en sus principios sólidos, su enfoque estructurado y su capacidad para adaptarse a las complejidades del desarrollo de software en el entorno dinámico de la Web.

Una vez presentada la justificación de la elección de Scrum, es esencial conocer exactamente cómo es el flujo de dicha metodología, lo cual se explica en el siguiente punto.

3.2.2. Scrum

Scrum se destaca como una metodología ágil que brinda apoyo a individuos y equipos en la creación de soluciones adaptables para desafíos complejos. Su implementación eficaz demanda la colaboración de un equipo compacto típicamente compuesto por 10 personas o menos. Este equipo se distingue por su estructura no jerárquica, su versatilidad multifuncional y su capacidad de autogestión. En este contexto, Scrum define tres roles específicos, cada uno desempeñando una función crucial: Desarrolladores, Product Owner y Scrum Master.

1. **Desarrolladores:** Este grupo asume la responsabilidad de llevar a cabo el desarrollo del producto transformando elementos de la lista de requisitos en incrementos funcionales del software.
2. **Product Owner:** Representa a todas las partes interesadas del producto y se encarga de maximizar su valor para clientes, usuarios y demás involucrados. Su enfoque se centra en la toma de decisiones orientada a los objetivos.
3. **Scrum Master:** Juega un papel vital en garantizar el correcto funcionamiento de la meto-

dología Scrum. Facilita la comprensión de la teoría y práctica de Scrum tanto dentro del equipo como en toda la organización. Además, se esfuerza por eliminar obstáculos y fomentar un entorno favorable para la colaboración y mejora continua.

Esta estructura de roles en Scrum establece un equilibrio que promueve la eficiencia, la flexibilidad y la adaptabilidad, elementos clave para abordar la complejidad de los proyectos de desarrollo de software. No obstante, Scrum no se limita únicamente a roles específicos, sino que también incorpora una serie de eventos que tienen lugar en cada iteración, la cual es comúnmente llamada Sprint.

El **Sprint** funciona como un contenedor que abarca los distintos eventos con una duración preestablecida de un mes o menos. Tan pronto como concluye un Sprint, el siguiente comienza de inmediato. Dichos eventos están diseñados para fomentar la colaboración y la transparencia, y desempeñan un papel esencial en el éxito de la metodología Scrum. Los eventos clave en Scrum incluyen: Planificación del Sprint, Scrum Diario, Revisión del Sprint y Retrospectiva del Sprint.

1. **Planificación del Sprint:** En este evento el equipo define el trabajo a realizar durante el próximo Sprint. Se seleccionan elementos del **PB** para abordar en el Sprint y se establece un objetivo claro.
2. **Scrum Diario:** Este evento diario brinda la oportunidad a los miembros del equipo para sincronizar sus actividades, compartir actualizaciones sobre su progreso, identificar posibles obstáculos y ajustar la planificación según sea necesario.
3. **Revisión del Sprint:** Al final de cada Sprint, el equipo presenta el trabajo completado al Product Owner y a los interesados. Se obtiene retroalimentación y se ajustan las prioridades para el próximo Sprint.
4. **Retrospectiva del Sprint:** Después de la revisión del Sprint, el equipo reflexiona sobre su desempeño, identifica áreas de mejora y establece acciones para implementar en el próximo Sprint con el fin de mejorar la calidad y la eficacia.

Estos eventos proporcionan un marco temporal y oportunidades para la colaboración, asegurando que el equipo se adapte continuamente y entregue valor de manera consistente. La interacción entre los miembros del equipo y la participación activa en estos eventos son esenciales para un correcto flujo de trabajo en Scrum.

Finalmente, el equipo también interactúa con diferentes artefactos en el contexto de Scrum. Estos artefactos proporcionan transparencia y visibilidad sobre el trabajo realizado, el trabajo por hacer y el estado general del proyecto. Los principales artefactos en Scrum son: Product Backlog, Sprint Backlog, Incremento.

1. **Product Backlog:** Esta lista priorizada de elementos describe las funcionalidades, mejoras

y correcciones deseadas para el producto. Los desarrolladores, junto con la ayuda del Product Owner, son responsables de gestionar y priorizar este backlog, asegurándose de que siempre refleje las necesidades más importantes del cliente y del negocio.

2. **Sprint Backlog:** Durante la planificación del Sprint, el equipo selecciona elementos del PB para abordar en el Sprint. Estos elementos se trasladan al SB, que sirve como una lista detallada de las tareas que el equipo planea completar durante el Sprint.
3. **Incremento:** Este es el resultado del trabajo del equipo al final de cada Sprint. Es un producto potencialmente entregable que incluye todas las funcionalidades completadas durante el Sprint.

Estos artefactos proporcionan una representación clara de las metas y el progreso del equipo. La interacción efectiva con estos elementos asegura una comprensión compartida de las prioridades y una adaptabilidad continua durante el desarrollo del producto en el marco de Scrum.

La información presentada anteriormente se ha obtenido de “La Guía de Scrum” [98] por Schwaber y Sutherland. En conclusión, la interacción de todos estos elementos en la metodología Scrum se ilustra en la figura 3.3. Comienza con la reunión de planificación, en la que participan todos los roles, marcando así el inicio del Sprint. Este Sprint tiene una duración máxima de 4 semanas y se acompaña de reuniones diarias realizadas por el equipo de desarrollo. Durante el Sprint se llevan a cabo las tareas del SB seleccionadas previamente del PB y culminan en un incremento al final del Sprint. A continuación, se lleva a cabo la reunión de revisión y la retrospectiva, nuevamente con la participación de todo el equipo Scrum.

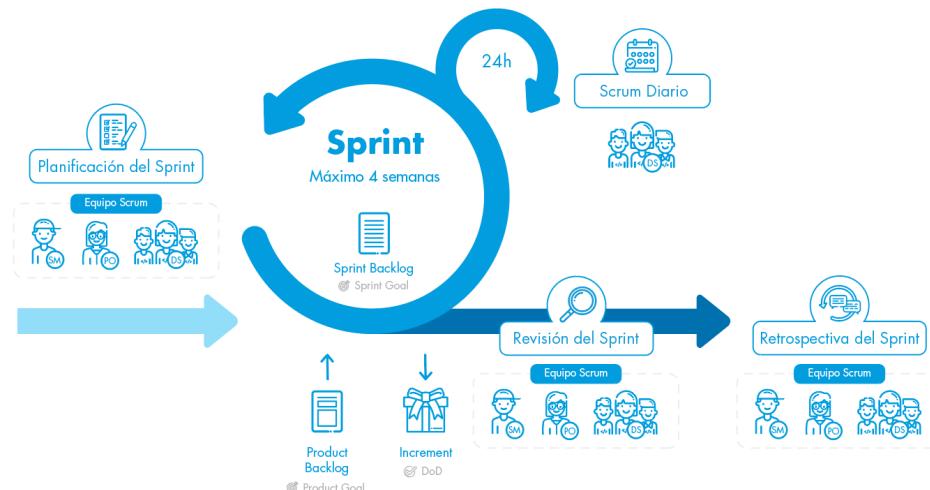


Figura 3.3: Flujo de la metodología Scrum [93]

No obstante, para la ejecución de este proyecto ha sido esencial realizar adaptaciones específicas.

cas de la metodología, las cuales se detallan en el siguiente punto.

3.2.3. Adaptación

Como se ha expuesto anteriormente, Scrum proporciona una estructura bien definida con roles específicos, eventos y artefactos. No obstante, su flexibilidad permite adaptaciones según las particularidades de cada proyecto. En el caso de este proyecto, se enfrenta a limitaciones y condiciones específicas que han influido en la configuración tradicional de Scrum.

Por un lado, una consideración clave radica en la **reducida composición del equipo** conformado exclusivamente por el autor del proyecto y los dos tutores. Ante esta restricción se han realizado ajustes en la asignación de roles:

- El equipo de desarrollo está compuesto únicamente por un desarrollador, en este caso el propio autor del proyecto.
- Los roles de Scrum Master y Product Owner se han asignado a ambos tutores, quienes desempeñan estas funciones de manera colaborativa.

Por otro lado, otra consideración del proyecto es la **limitación de disponibilidad diaria**, la cual impide la realización de las reuniones diarias. Sin embargo, a pesar de esta baja disponibilidad, las reuniones de planificación, revisión y retrospectiva sí han sido realizadas, llevándose a cabo en el mismo día.

Estas adaptaciones han sido cuidadosamente diseñadas para mantener la integridad del marco de trabajo Scrum mientras se ajusta a las circunstancias particulares del proyecto. Aunque las modificaciones se han realizado por necesidad, se busca preservar los principios fundamentales de Scrum, como la transparencia, la inspección y la adaptación para lograr un desarrollo efectivo y un producto final de alta calidad.

Una vez presentada la metodología que guía el desarrollo del proyecto, resulta esencial conocer las herramientas que serán utilizadas durante el mismo. Estas herramientas son expuestas en el siguiente punto.

3.3. Herramientas

Existe una amplia variedad de herramientas disponibles para facilitar el desarrollo de un proyecto. A continuación, se detallan las distintas herramientas que se emplean en este proyecto, organizadas en tres categorías principales: gestión de proyectos, documentación y desarrollo.

3.3.1. Gestión de Proyecto

En el ámbito de la gestión de proyectos, se han seleccionado las siguientes herramientas:

- **Planificación del proyecto:** GitHub Projects [31] y Excel [62]
- **Comunicación y reuniones:** Outlook [65], Microsoft Teams [63] y OneDrive [64]
- **Control de versiones:** Git [103] y GitHub [86]

Para la planificación detallada del proyecto se implementa *GitHub Projects*, una herramienta que simplifica la creación de tableros adaptados al flujo de trabajo de la metodología Scrum detallada previamente. Esta plataforma es complementada con el uso de *Excel*, aplicación de hojas de cálculo proporcionada por *Microsoft*, la cual es utilizada para la creación de los diferentes BC destinados a evaluar el trabajo realizado en cada Sprint.

Especificamente, se utiliza la plantilla diseñada siguiendo los pasos expuestos por Swam [101]. La representación visual de esta plantilla se muestra en la Figura 3.4, la cual consiste en una tabla que incluye fechas, el peso planificado de las HU a realizar cada día, el peso real de las HU completadas diariamente y el peso “quemado” en relación con el peso total del Sprint.

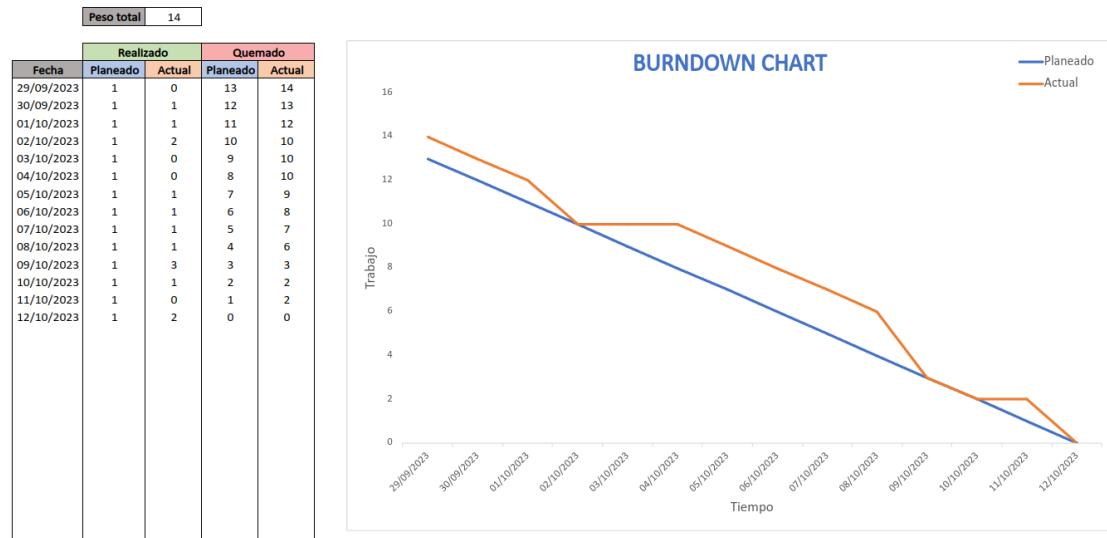


Figura 3.4: Plantilla utilizada para la creación del BC

En términos de comunicación y reuniones entre los miembros del equipo, se aprovecha el entorno proporcionado por *Microsoft*. Esto incluye el uso de *Outlook* para el envío de correos electrónicos, *Microsoft Teams* para facilitar reuniones virtuales y *OneDrive* para la compartición de archivos.

Finalmente, para gestionar el control de versiones tanto de la documentación como de la aplicación Web, se emplea *Git* junto con *GitHub*. En esta última, se ha creado una organización, la cual

está configurada con los distintos miembros del equipo, permitiendo la gestión de repositorios, así como del proyecto, a través de la herramienta *GitHub Projects* mencionada anteriormente.

En conjunto, todas estas herramientas permiten tener una gestión del proyecto adecuada desde la fase de planificación hasta el despliegue. No obstante, el éxito en el desarrollo de un proyecto no solo depende del uso adecuado de herramientas para gestionarlo, sino también de la correcta documentación. A continuación, en el siguiente punto se detallan las herramientas específicas utilizadas para documentar de manera efectiva cada aspecto del proyecto.

3.3.2. Documentación

En lo que respecta a las herramientas destinadas a la documentación del proyecto, se han seleccionado las siguientes:

- **Lenguaje de marcado:** Markdown [40]
- **Editor de texto:** Typora [6]
- **Generación de documento:** Plantilla Trabajo Final de Grado de Félix Albertos [2]
- **Diagramas:** Diagrams.net [3] y PlantUML [94]
- **Diseño de prototipos:** Excalidraw [27] y Figma [29]
- **Creación de cuestionarios:** Google Forms [34]

Por un lado, la documentación se redacta utilizando el lenguaje de marcado *Markdown*, que simplifica la aplicación de formato a un texto plano mediante caracteres especiales. Para esta tarea, se utiliza el editor *Typora*, elegido por su experiencia de escritura sin distracciones y su fácil manejo. En cuanto a la generación del documento con el formato adecuado, se emplea la plantilla proporcionada por el tutor Félix Albertos. Esta plantilla, diseñada específicamente para la elaboración del *TFG*, elimina las posibles preocupaciones de formato al utilizar *Markdown* como entrada.

Por otro lado, en el caso de necesitar desarrollar diagramas, se recurre a *Diagrams.net* y a la sintaxis de *PlantUML*. Además, para el diseño de los prototipos a implementar se utiliza *Excalidraw* para los no interactivos y *Figma* para los más avanzados e interactivos.

Finalmente, se opta por utilizar *Google Forms* en el caso de necesitar crear algún formulario, en especial a la hora de evaluar la aplicación Web.

Con la combinación de todas estas herramientas se consigue crear un flujo de trabajo documental eficiente y versátil, optimizando la redacción, formato, generación del documento y diseño de interfaces en el proyecto. Sin embargo, una vez se han presentado las herramientas destinadas a la documentación, es esencial pasar a detallar las distintas herramientas específicas utilizadas en el desarrollo del proyecto.

3.3.3. Desarrollo

Finalmente, dentro de las herramientas de desarrollo se contemplan las que se enumeran a continuación:

- **Editor de código:** Visual Studio Code [61]
- **Extensión destacada:** Rest Client [56]
- **Herramienta de despliegue:** Render [90]
- **Gestión de bases de datos:** MongoDB Compass [68] y MongoDB Atlas [67]
- **Gestor de paquetes:** pnpm [85]
- **Diseño de logotipo:** Canva [84]

Se destaca la elección de *Visual Studio Code* como editor de código, una decisión respaldada por su extraordinaria popularidad, su extensibilidad y sus potentes características que impulsan la productividad del desarrollador. Además, para facilitar el desarrollo de la aplicación Web se hace uso de varias extensiones, destacando especialmente la extensión *REST Client*, que permite probar los distintos endpoints de la [API](#).

Por otro lado, para desplegar la aplicación Web se utiliza la herramienta *Render*, la cual consiste en una nube unificada para crear y ejecutar aplicaciones y sitios Web con certificados [TLS](#) gratuitos.

En cuanto a la gestión de la base de datos de *MongoDB*, se emplea *MongoDB Compass* para administrar los datos en local y *MongoDB Atlas* para gestionarlos en la nube aprovechando los 512 MB gratuitos que proporciona.

Además, se opta por *pnpm* como gestor de paquetes. La elección de pnpm se fundamenta en su capacidad para mejorar la eficiencia en la gestión de dependencias, posibilitando una instalación y actualización más rápida y coherente de bibliotecas y herramientas.

Finalmente, se utiliza *Canva* para el diseño del logotipo de la aplicación Web.

La integración de todas estas herramientas contribuye a facilitar el desarrollo de la aplicación Web, estableciendo así una base sólida y eficiente que respalda el logro exitoso de los objetivos del proyecto.

Una vez presentada la propuesta, en el próximo capítulo se aborda el resultado final de la aplicación Web.

Capítulo 4

DynaViz

En este capítulo se presenta un detallado análisis de la aplicación Web *DynaViz* desarrollada durante el proyecto, acompañado de diversos diagramas y capturas de pantalla que ilustran su funcionamiento. Se explican en detalle las funcionalidades y la arquitectura del sistema implementado. También, se ofrece una guía completa para su instalación y uso. Además, se detalla la compatibilidad del sistema con los diferentes dispositivos.

4.1. Funcionalidades del Sistema

Antes de pasar a explicar el resultado final de la aplicación Web es fundamental detallar las diferentes funcionalidades que se han implementado. Para ello, es muy importante tener en cuenta que la aplicación Web tiene como objetivo el diagnóstico de la fibromialgia a través del movimiento. No obstante, este proyecto se concentra en la parte visual del lado del cliente, es decir, en la representación de los datos recopilados, los cuales se analizan para comprender mejor el problema de la fibromialgia.

Para que este sistema pueda lograr dicho objetivo, es esencial que cumpla con los diferentes casos de uso que muestra la Figura 4.1. Los cuales son repartidos en dos roles: administradores y médicos.

Por un lado, los administradores deben poder iniciar sesión y tener la capacidad de consultar, añadir, editar y eliminar a otros administradores y médicos.

Por otro lado, los médicos deben poder iniciar sesión en la aplicación y tener la capacidad de consultar, añadir, editar y eliminar tanto médicos como pacientes. También deben tener la capacidad de añadir, gestionar y consultar las pruebas realizadas a los pacientes, además de poder revisar la evolución del paciente según los resultados de estas pruebas. Finalmente, es importante

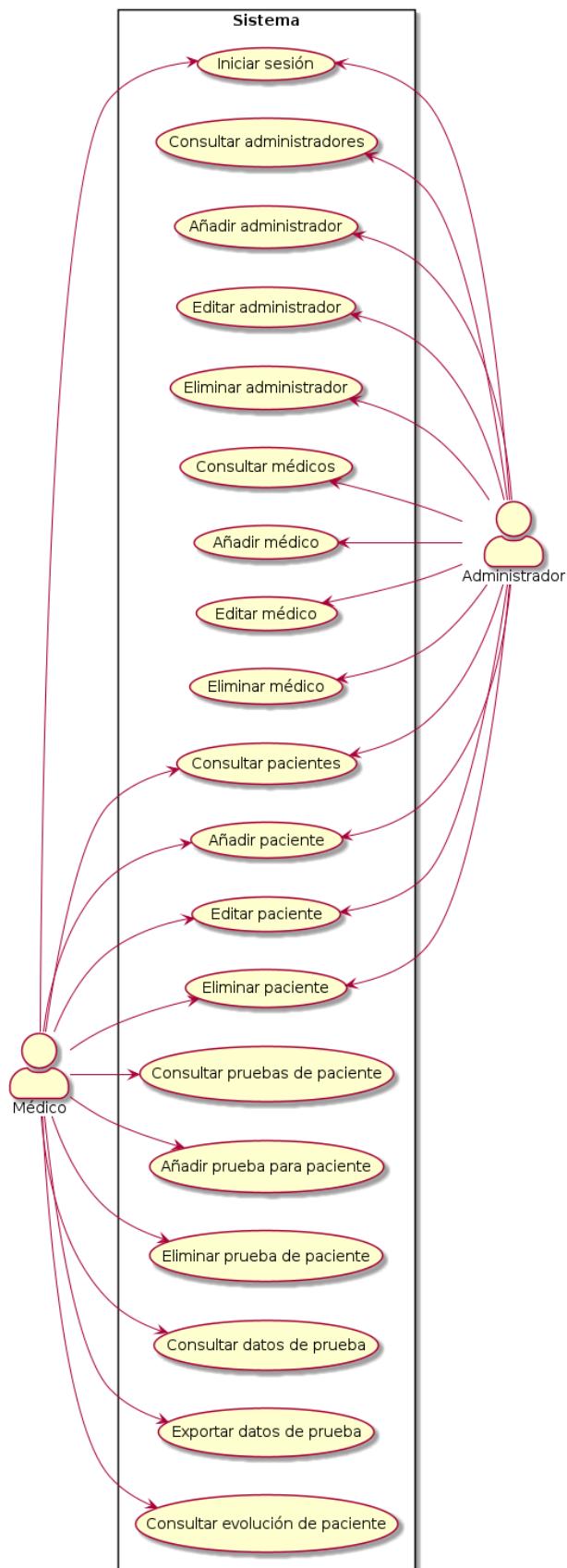


Figura 4.1: Diagrama de casos de uso

destacar que la visualización de los datos será crucial en la consulta de las diferentes pruebas.

Una vez que se comprenden las diversas funcionalidades del sistema, es esencial pasar a conocer su arquitectura, la cual se detalla en el siguiente punto.

4.2. Arquitectura del Sistema

Como se explicó en el capítulo anterior, la aplicación Web ha sido implementada empleando una arquitectura **MVC**, la cual se ilustra en la Figura 4.2 como un diagrama de clases. Es importante destacar que la aplicación ha sido desarrollada utilizando *TypeScript*, un lenguaje que permite el paradigma orientado a objetos, lo que facilita la estructuración del código y la implementación de dicha arquitectura **MVC**.

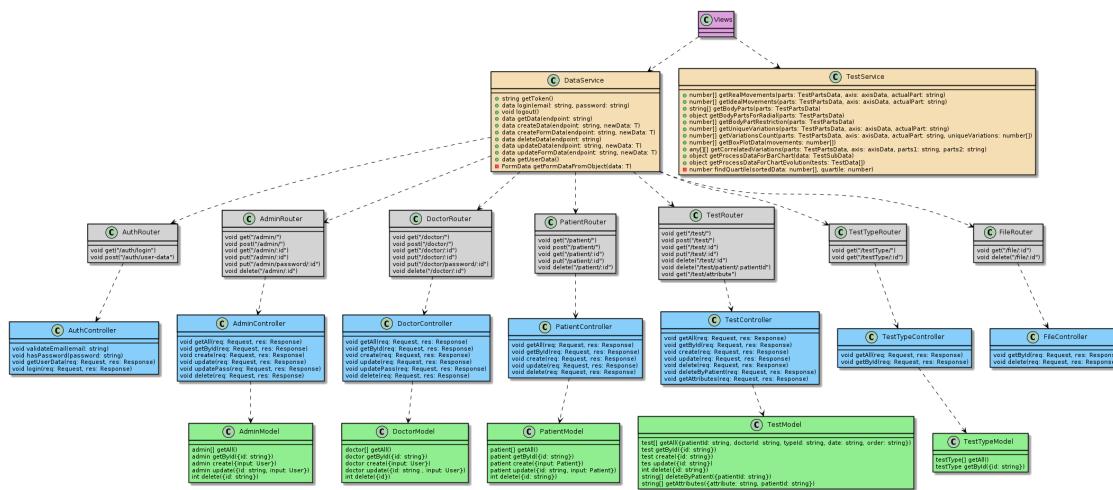


Figura 4.2: Diagrama de clases ilustrando una arquitectura

En el diagrama se pueden observar las diferentes clases distribuidas de arriba hacia abajo, divididas en cinco grupos, cada uno marcado con un color distinto. Estos grupos se detallan a continuación:

- **Vistas:** Representan las distintas páginas y ventanas modales de la aplicación Web. Utilizan la clase *DataService* para acceder a los recursos de la base de datos.
- **Servicios:** Formado por dos clases que apoyan a las Vistas.
 - **TestService:** Esta clase del lado del cliente es utilizada por las diferentes gráficas para obtener los datos.
 - **DataService:** Esta clase del lado del cliente se encarga de solicitar los diferentes recursos a la **API** a través de las rutas.
- **Rutas:** Son fundamentales para el desarrollo de la **API** de la aplicación Web. Cuando se

solicita un recurso asignado a ellas, invocan al controlador correspondiente.

- **Controladores:** Utilizan los diferentes modelos para responder a las diversas solicitudes.
- **Modelos:** Estas clases acceden a la base de datos.

Además de emplear la arquitectura **MVC**, la aplicación Web se trata de una **SPA**. Como se explicó en capítulos anteriores, esto implica un enrutado en el lado del cliente, lo que hace que la aplicación Web simule el movimiento entre páginas a pesar de que en realidad sea una única página.

Por último, el Anexo C contiene información complementaria que muestra diagramas diseñados durante el desarrollo del sistema, profundizando más en la arquitectura del mismo.

Una vez presentada la arquitectura de la aplicación Web desarrollada, en el siguiente punto se presenta la guía para su instalación y uso.

4.3. Guía de Instalación y Uso

Una vez presentada la arquitectura de la aplicación *DynaViz*, en este punto se detalla la guía de instalación y uso tanto con el rol del administrador como de médico.

4.3.1. Prerrequisitos e Instalación

Para utilizar *DynaViz* de manera local es necesario contar con la instalación previa del gestor de paquetes *pnpm* y el gestor de base de datos *MongoDB Compass*.

Una vez completada la instalación de la tecnología requerida, se pueden seguir los siguientes pasos para desplegar la aplicación:

1. Iniciar la aplicación Web con `pnpm install`, seguido de `pnpm run dev`.
2. Generar los datos aleatorios con `pnpm run generate`.
3. Iniciar sesión con el correo del administrador o médico (el cual se puede ver en la **BD** de *MongoDB Compass*) y usando la contraseña “admin” o “doctor” según el rol con el que se este iniciando sesión.

Finalmente, en el siguiente puntos se muestran los diferentes menús tanto para el rol de administrador como para el rol de médico.

4.3.2. Rol de Administrador

Por un lado, como administrador se puede administrar los tres tipos de identidades: administradores, médicos y pacientes.

Antes de poder usar *DynaViz*, el administrador debe iniciar sesión desde la ventana mostrada en la Figura 4.3, la cual se encuentra en <http://localhost:5173/>. Una vez completado el inicio de sesión, el usuario es dirigido a la ventana de la Figura 4.4, donde puede elegir entre consultar administradores, médicos o pacientes.

Dado que la administración de los tres tipos de identidades es similar, se detalla únicamente la administración de médicos. Por lo tanto, al seleccionar la opción de consultar médicos, el administrador es dirigido a la ventana de lista de médicos mostrada en la Figura 4.5.

En esta ventana el administrador puede añadir un nuevo médico o seleccionar un médico existente, lo que abre una ventana modal (Figura 4.6) en la que se pueden consultar los detalles, editar o eliminar el médico seleccionado.

Las ventanas modales para crear y editar son similares. En la Figura 4.7 se muestra la ventana modal de creación, donde se destaca que la imagen es el único campo no obligatorio. Además, el campo de contraseña no se solicita al editar un médico, permitiendo que solo el usuario pueda cambiar su propia contraseña.

Finalmente, el administrador puede consultar y administrar los datos de su cuenta seleccionando el ícono en la cabecera de la aplicación Web, lo que abre la ventana modal mostrada en la Figura 4.8. En dicho menú, el usuario puede editar sus datos como se observa en las Figuras 4.9 y 4.10.

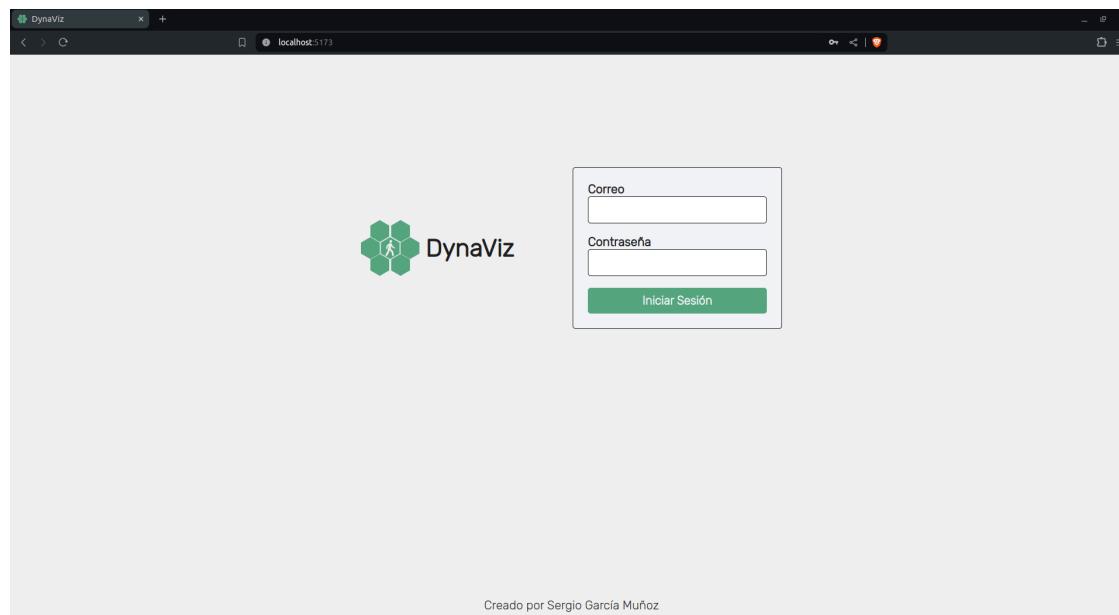


Figura 4.3: Ventana de inicio de sesión

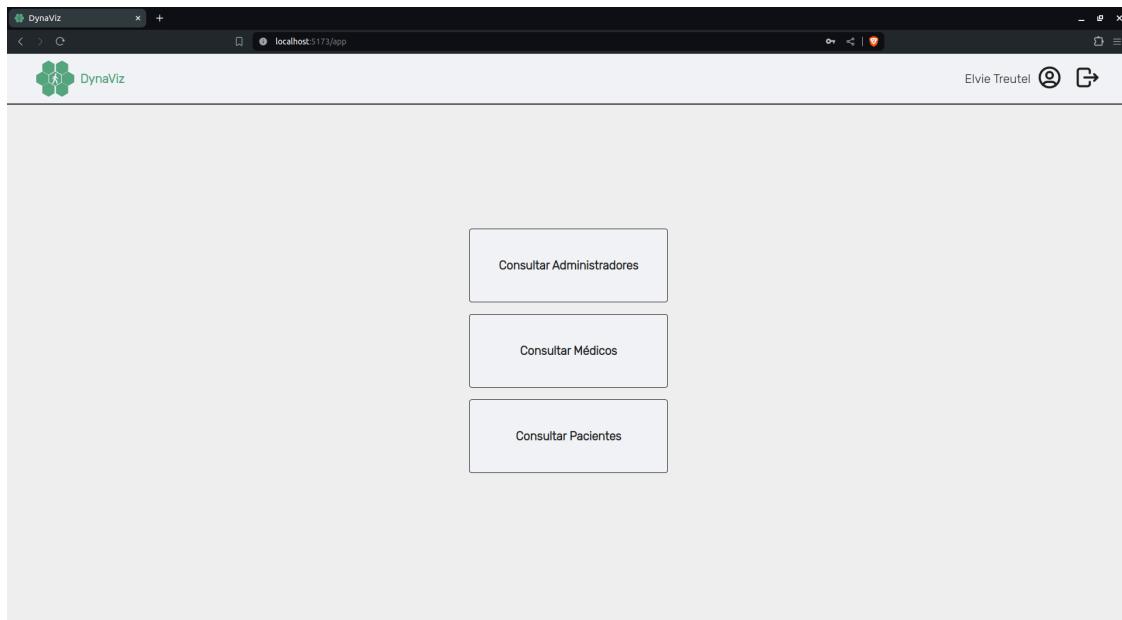


Figura 4.4: Ventana de inicio como administrador

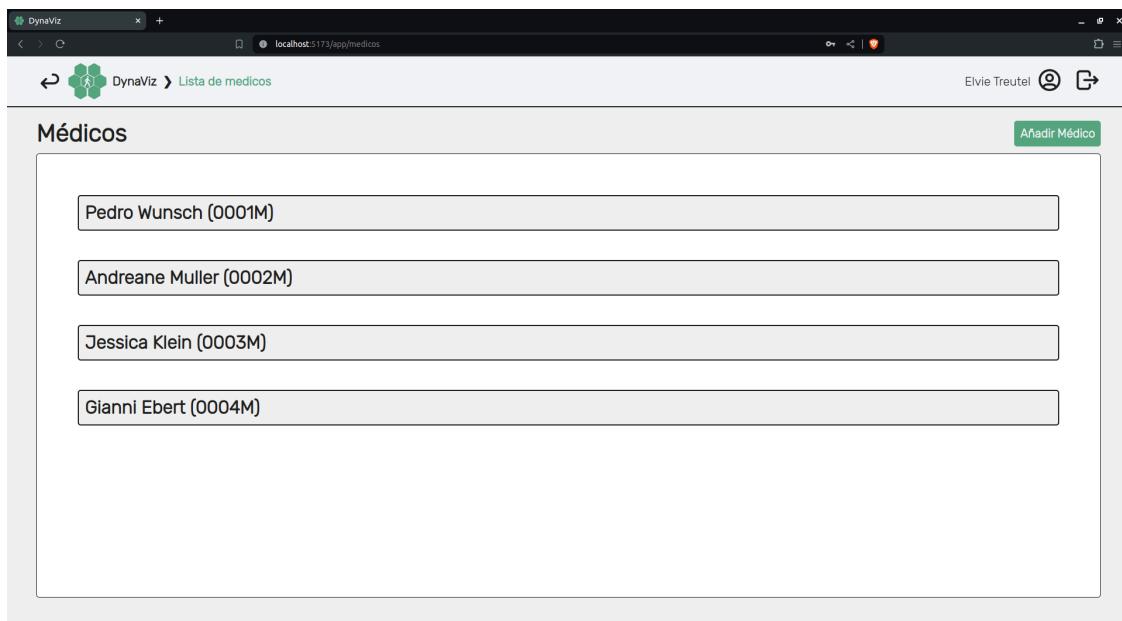


Figura 4.5: Ventana de lista de médicos

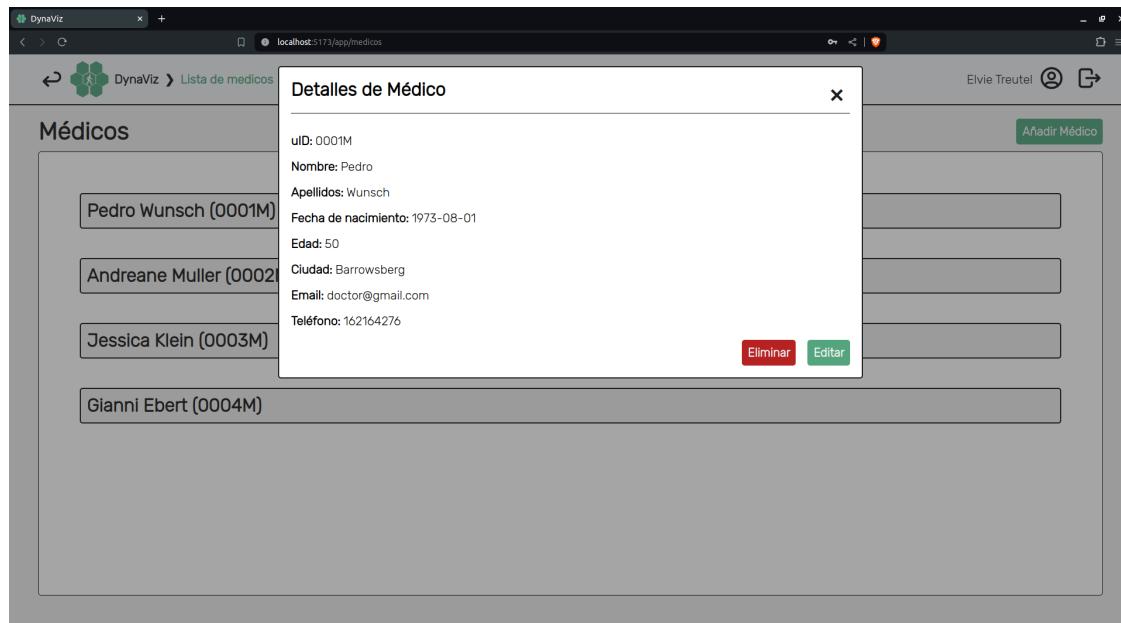


Figura 4.6: Ventana modal de detallas de médico

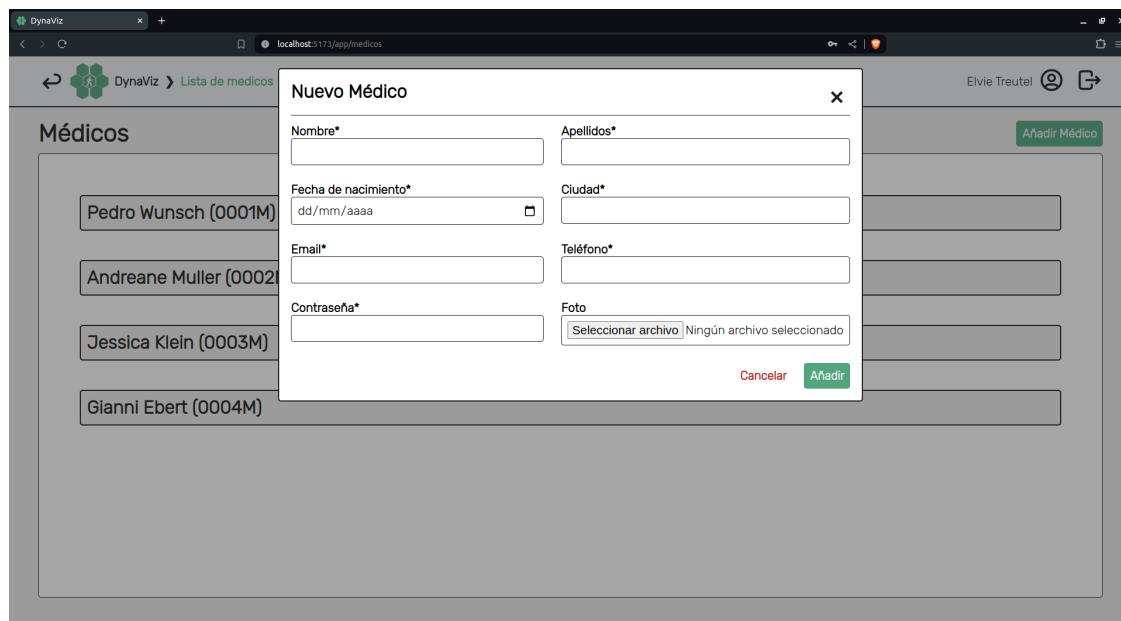


Figura 4.7: Ventana modal de nuevo médico

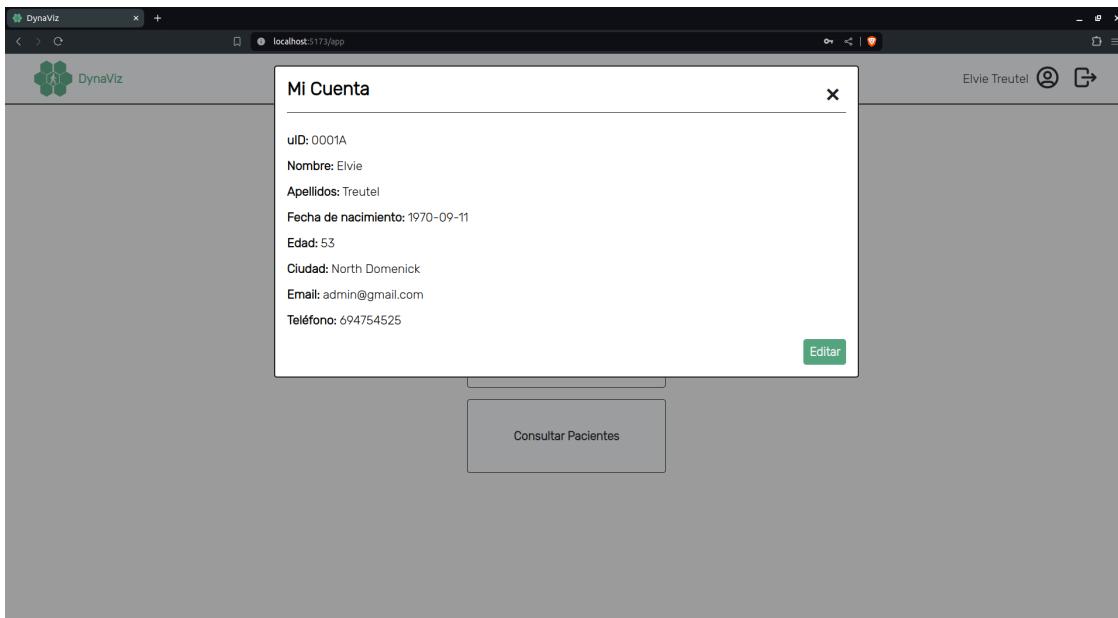


Figura 4.8: Ventana modal de “Mi cuenta”

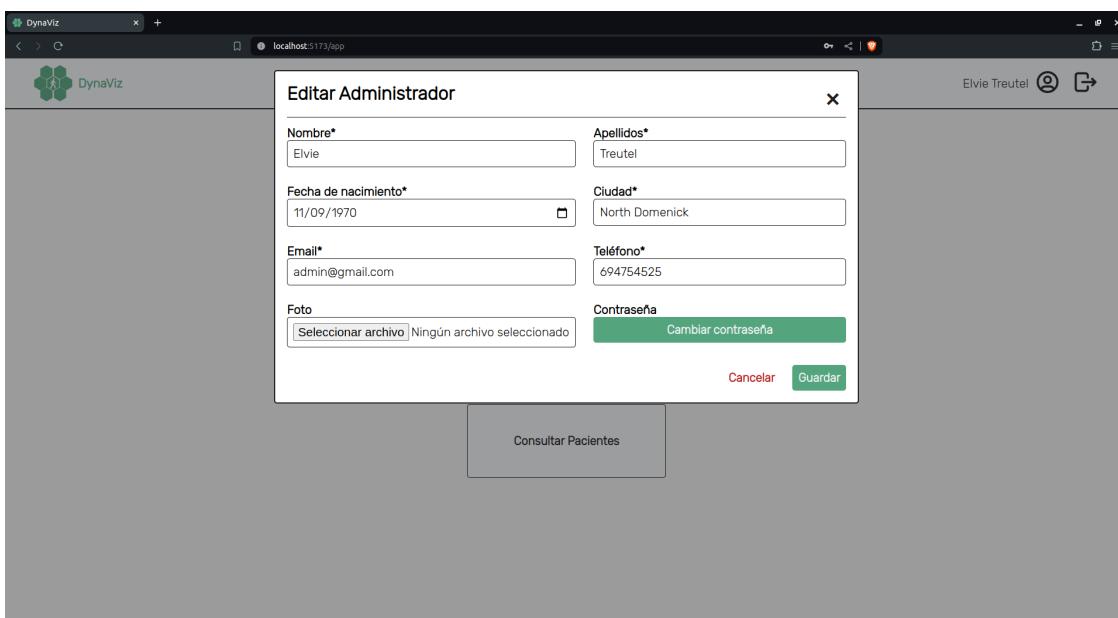


Figura 4.9: Ventana modal de edición de datos de cuenta

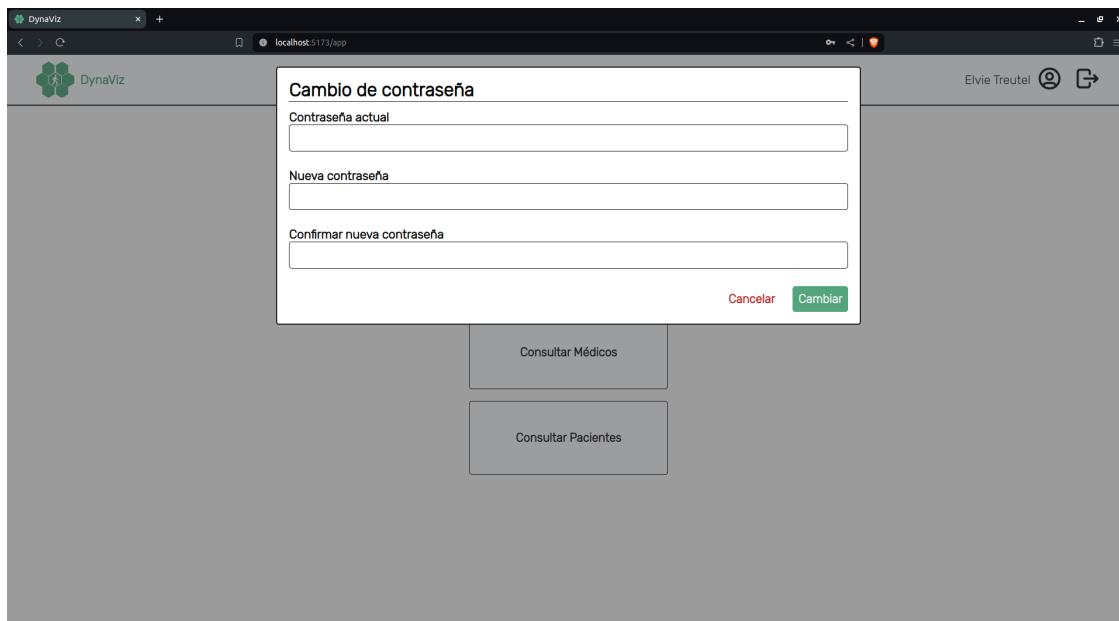


Figura 4.10: Ventana modal de edición de contraseña

4.3.3. Rol de Médico

Por otro lado, como médico se puede administrar únicamente pacientes, pero de una manera más avanzada que los administradores, teniendo la posibilidad de gestionar las pruebas de dichos pacientes.

Al igual que los administradores, el médico debe iniciar sesión para usar *DynaViz* desde la ventana de la Figura 4.3, la cual se encuentra en <http://localhost:5173/>. Una vez iniciada la sesión, el médico es dirigido directamente a la ventana de lista de pacientes que muestra la Figura 4.11, donde solo se listan los pacientes asignados al médico que ha iniciado sesión.

En esta ventana, el médico puede añadir un nuevo paciente desde la ventana modal mostrada en la Figura 4.12 o consultar los detalles de uno existente. Similar al rol de administrador, en la ventana modal de los detalles del paciente, se puede editar o eliminar al paciente. Sin embargo, al iniciar sesión como médico, existe un tercer botón para consultar las pruebas del paciente, tal como se muestra en la Figura 4.13.

En la ventana de la lista de pruebas mostrada en la Figura 4.14, el médico puede elegir entre añadir una nueva prueba, consultar una prueba existente o consultar la evolución del paciente.

Por un lado, si el médico decide añadir una nueva prueba, aparece la ventana modal de la Figura 4.15, donde puede o bien usar un vídeo grabado previamente o bien grabar un vídeo desde *DynaViz*, tal como se muestra en la Figura 4.16.

Por otro lado, si el médico decide consultar una prueba existente, es dirigido a una nueva ventana para analizar la prueba (Figura 4.20). En dicha ventana, el médico puede consultar los detalles de la prueba, donde, como se muestra en la Figura 4.17, se puede eliminar la prueba; exportar los datos a un documento PDF como se muestra en las Figuras 4.18 y 4.19; y elegir entre las diferentes gráficas para visualizar los datos. A continuación, se listan todas las gráficas que existen en *DynaViz*:

- Gráfico de líneas mostrado en la Figura 4.20
- Gráfico de barras mostrado en la Figura 4.21
- Gráfico radial mostrado en la Figura 4.22
- Gráfico de pastel mostrado en la Figura 4.23
- Mapa de árbol mostrado en la Figura 4.24
- Histograma mostrado en la Figura 4.25
- Diagrama de cajas y bigotes mostrado en las Figuras 4.26 y Figura 4.27
- Gráfico de burbujas mostrado en la Figura 4.28
- Mapa de calor mostrado en la Figura 4.29

Por último, en el caso de consultar la evolución, el médico es dirigido a la ventana de la Figura 4.30, donde, como se puede observar, el médico puede filtrar el análisis de la evolución tanto por el tipo de prueba como por la parte del cuerpo específica. A continuación, se listan los tres tipos de gráficas de evolución que existen en *DynaViz*:

- Gráfico de líneas mostrado en la Figura 4.31
- Gráfico de barras mostrado en la Figura 4.32
- Gráfico radial mostrado en la Figura 4.33

Además, cabe destacar que cada una de las gráficas viene acompañada de un botón de ayuda, el cual hace aparecer una ventana modal similar a la Figura 4.34.

Finalmente, al igual que el rol de administrador, el médico puede consultar y administrar los datos de su cuenta en las mismas ventanas modales mostradas en las Figuras 4.8, 4.9 y 4.10.

Una vez presentada la guía de utilización, en los siguientes puntos se detallan las pruebas unitarias realizadas durante el desarrollo, así como la compatibilidad de *DynaViz*.

4.4. Pruebas Unitarias

Durante el desarrollo de *DynaViz* se realizaron varias pruebas unitarias con el objetivo de probar los diferentes componentes de *React*. Al final de los 55 componentes implementados, se han probado 20 de ellos utilizando la herramienta *Cypress* [19]. A continuación se listan los compo-

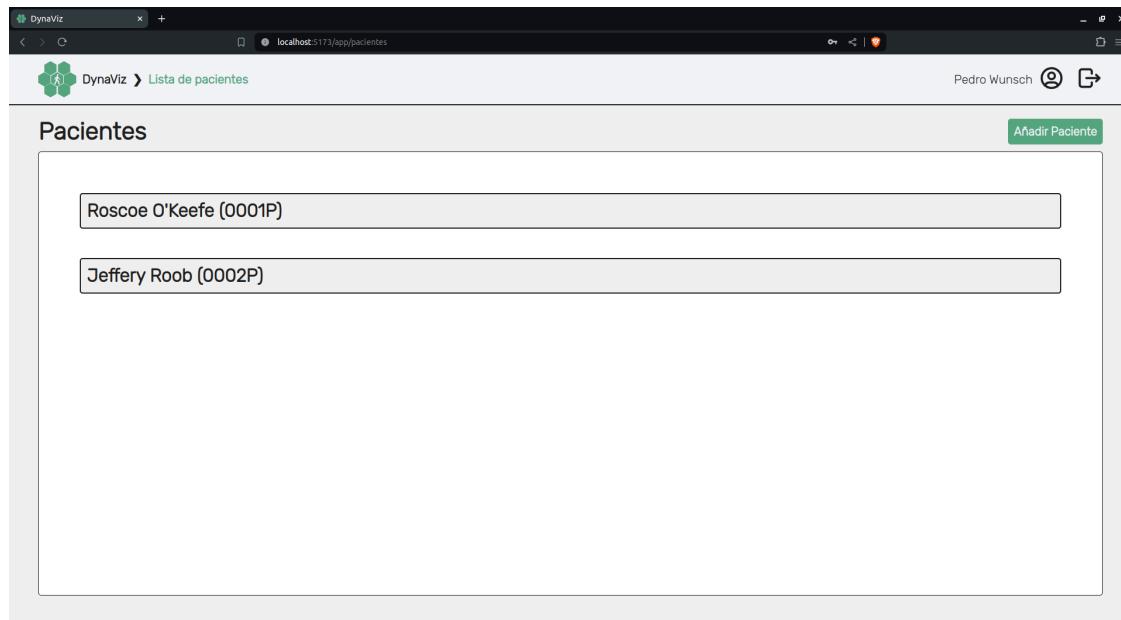


Figura 4.11: Ventana de lista de pacientes como médico

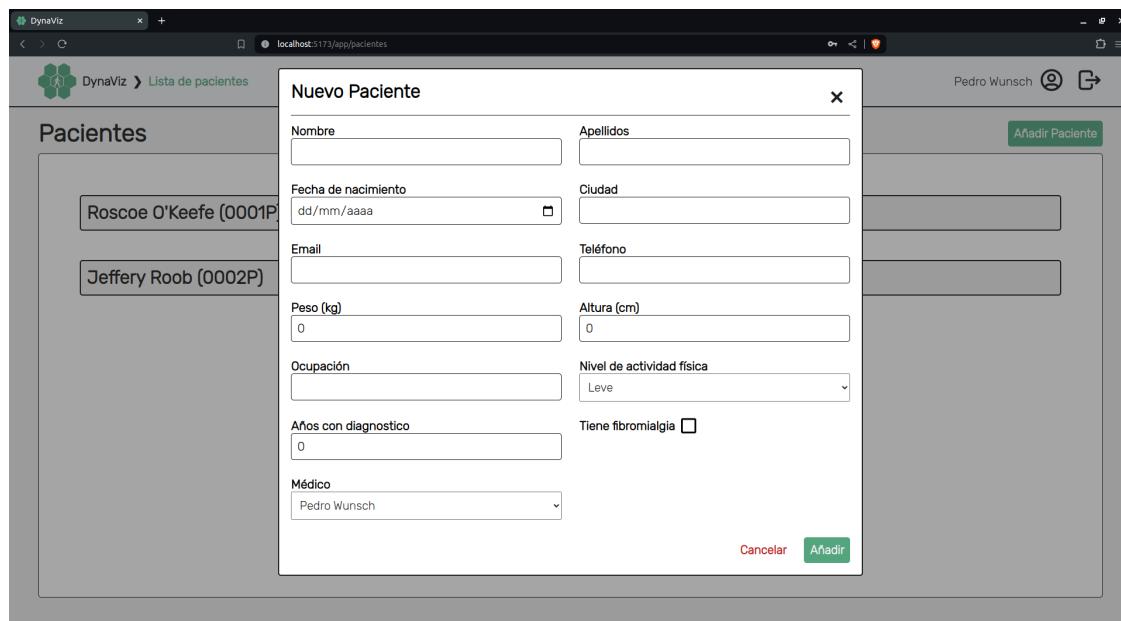


Figura 4.12: Ventana modal de nuevo paciente

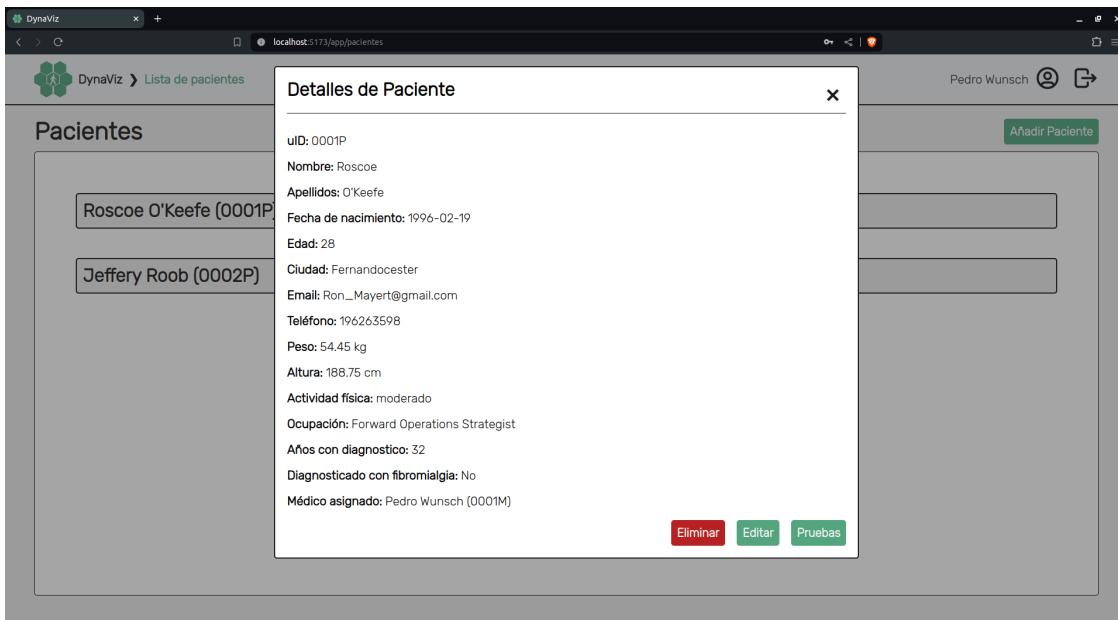


Figura 4.13: Ventana modal de detalles de paciente

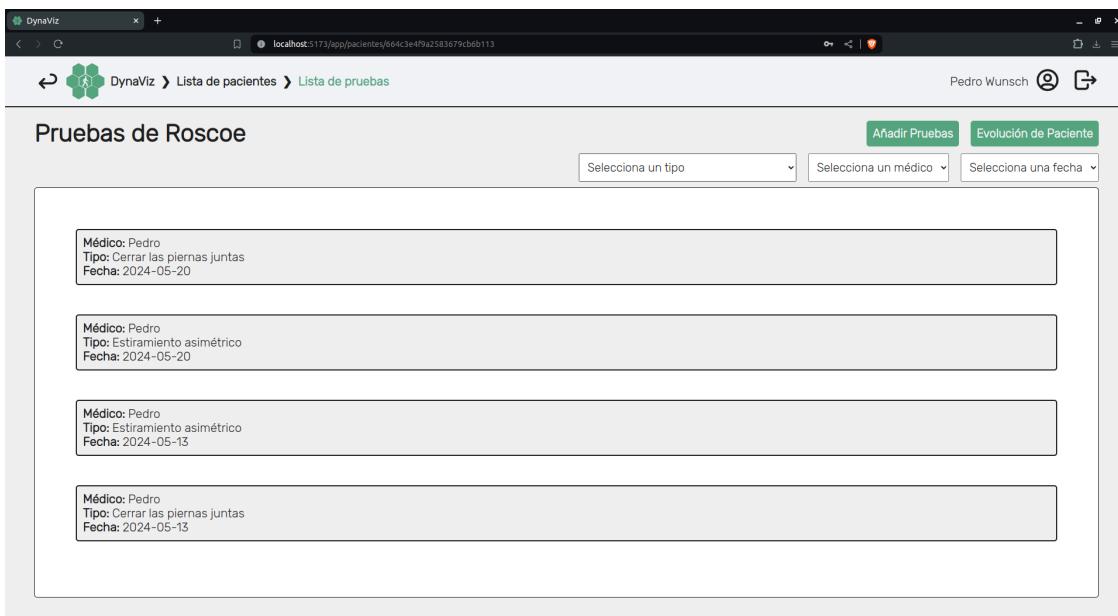


Figura 4.14: Ventana de lista de pruebas

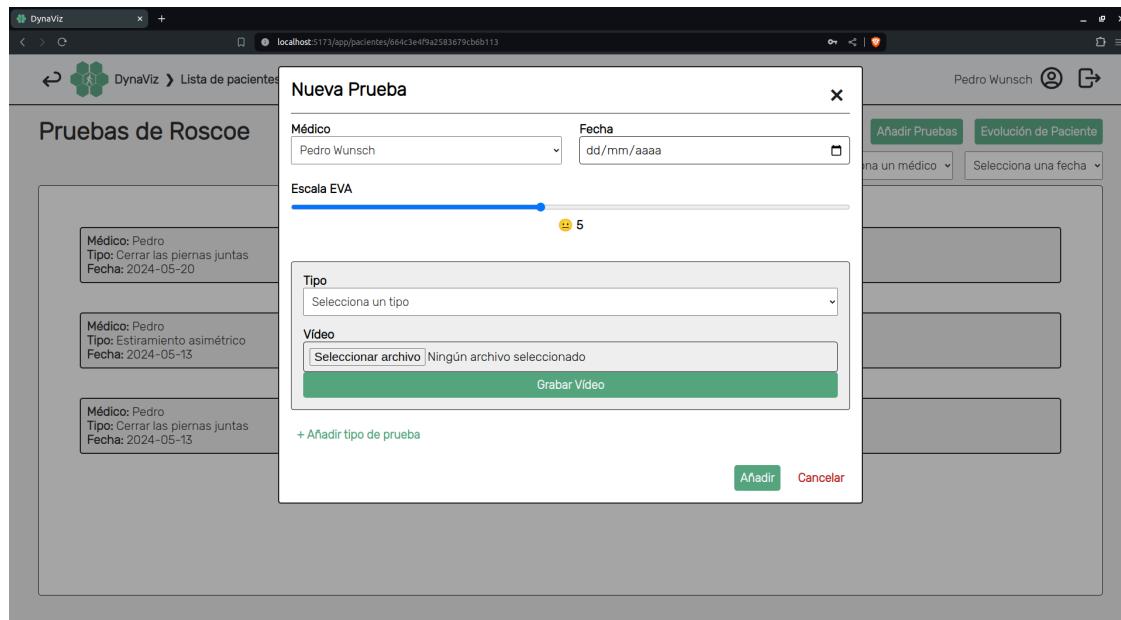


Figura 4.15: Ventana modal de nueva prueba

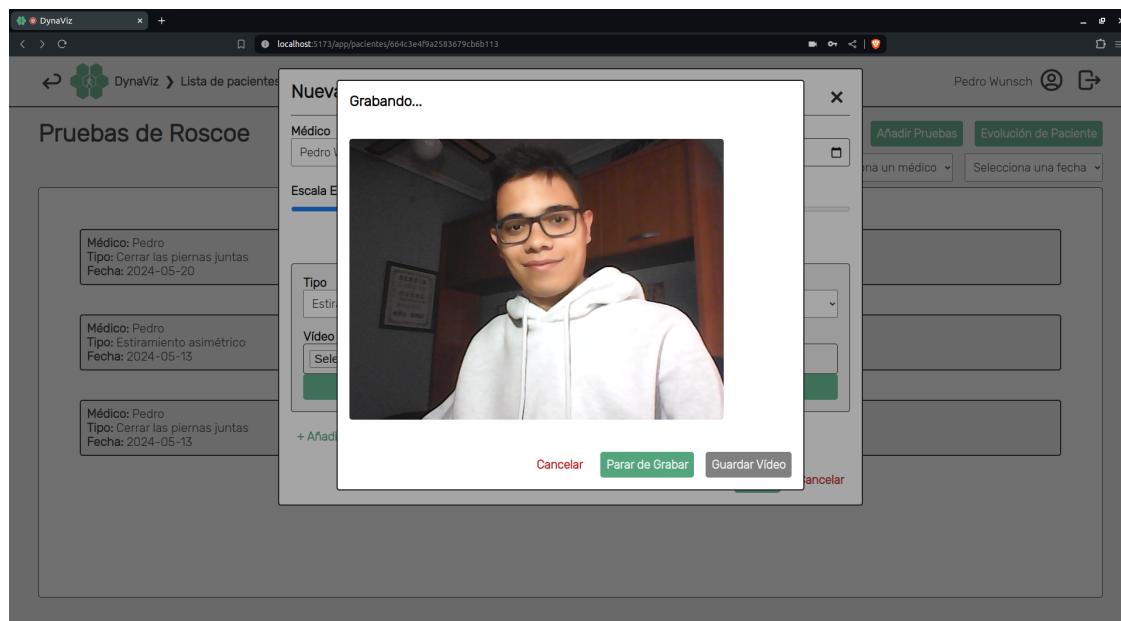


Figura 4.16: Venatana modal grabando vídeo de prueba

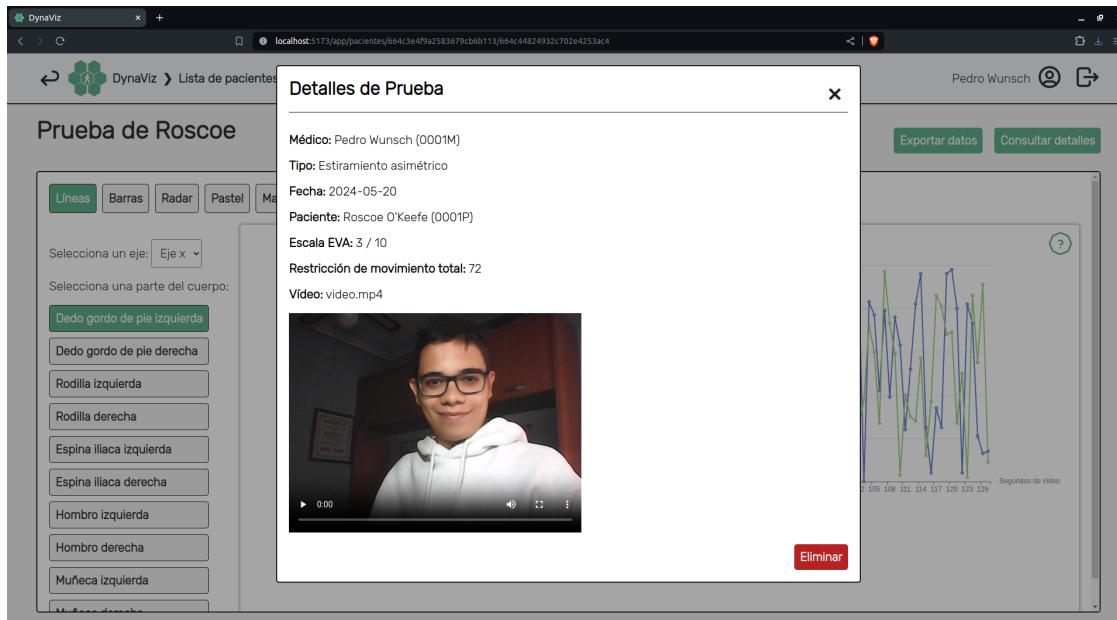


Figura 4.17: Ventana modal de detalles de prueba

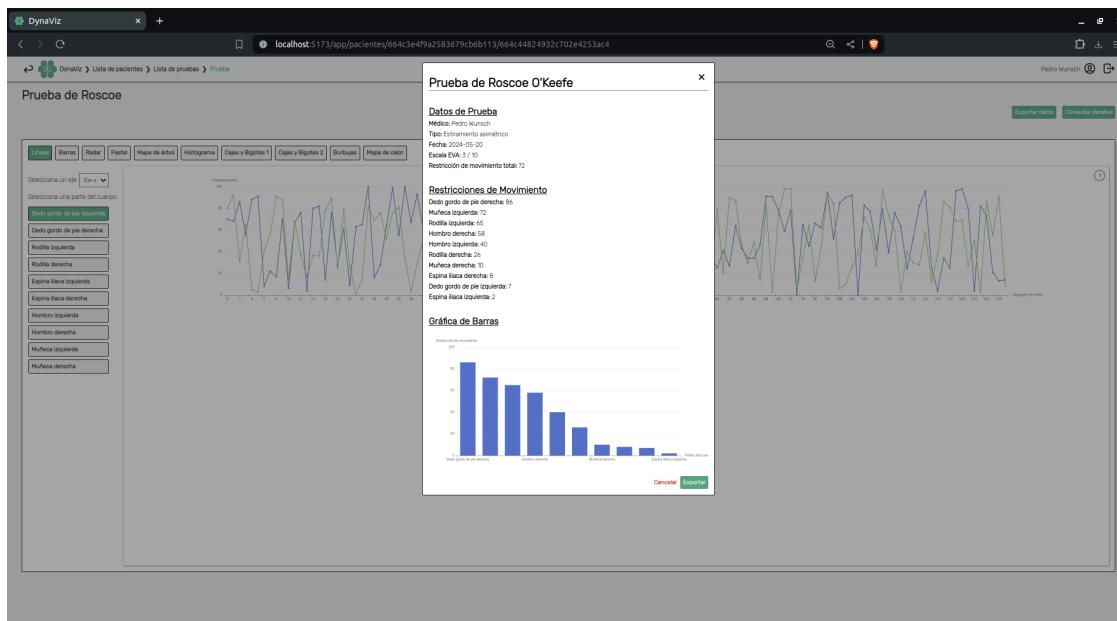


Figura 4.18: Venatana modal para exportar datos de prueba

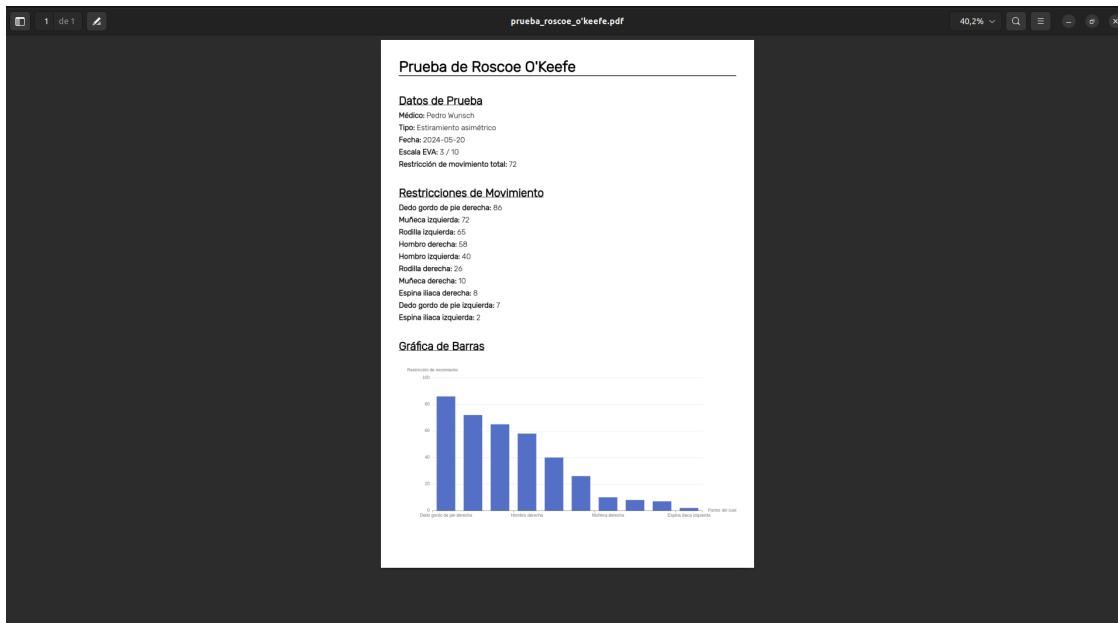


Figura 4.19: Documento PDF generado al exportar datos de prueba

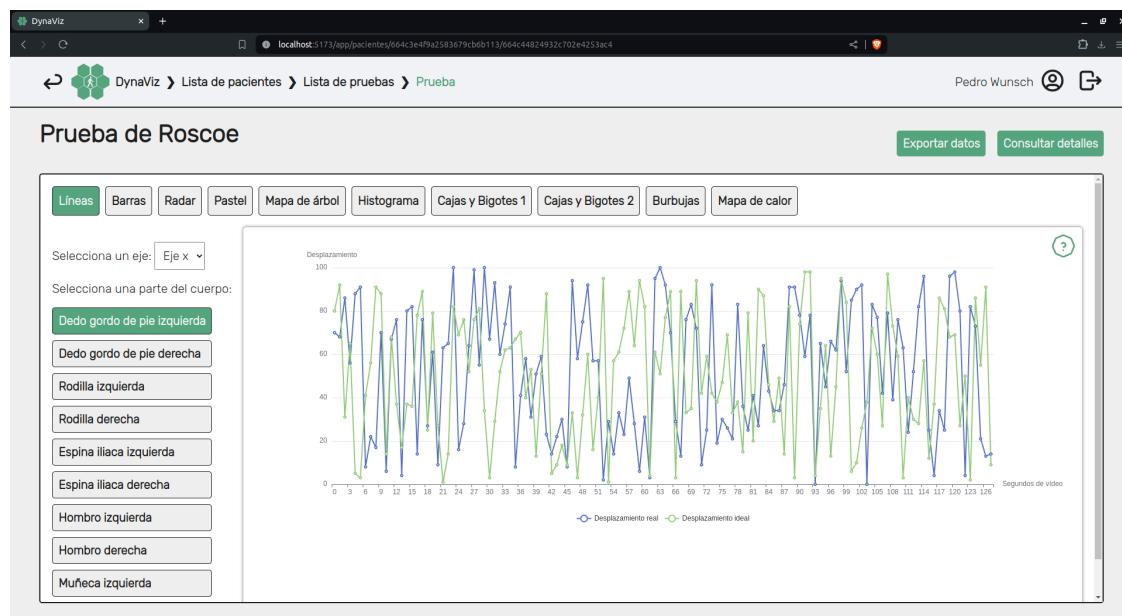


Figura 4.20: Gráfico de líneas

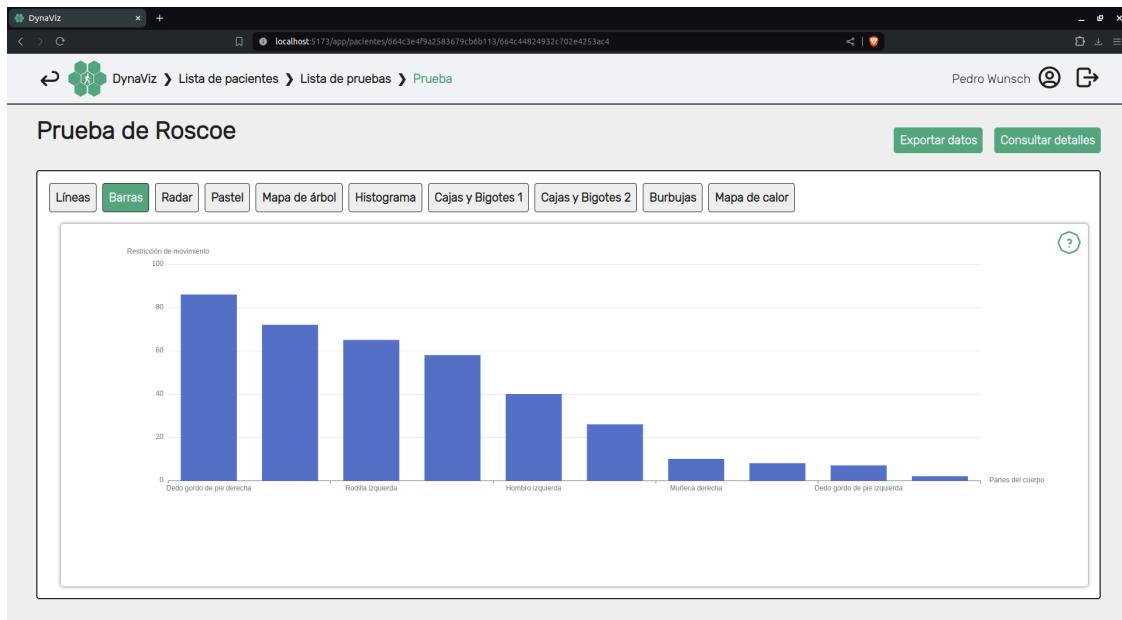


Figura 4.21: Gráfico de barras

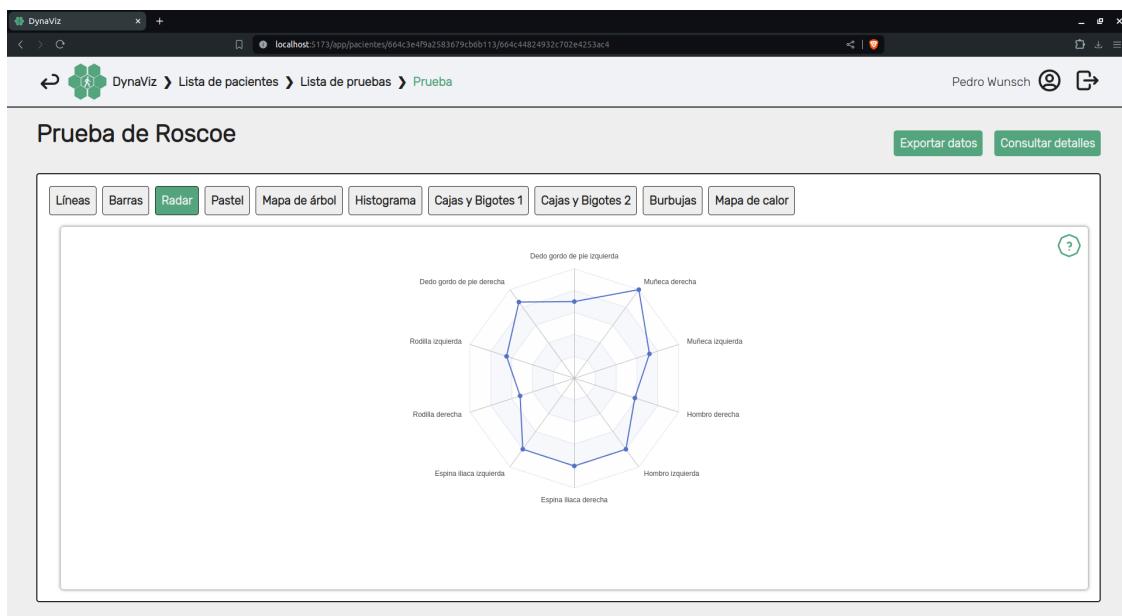


Figura 4.22: Gráfico radial

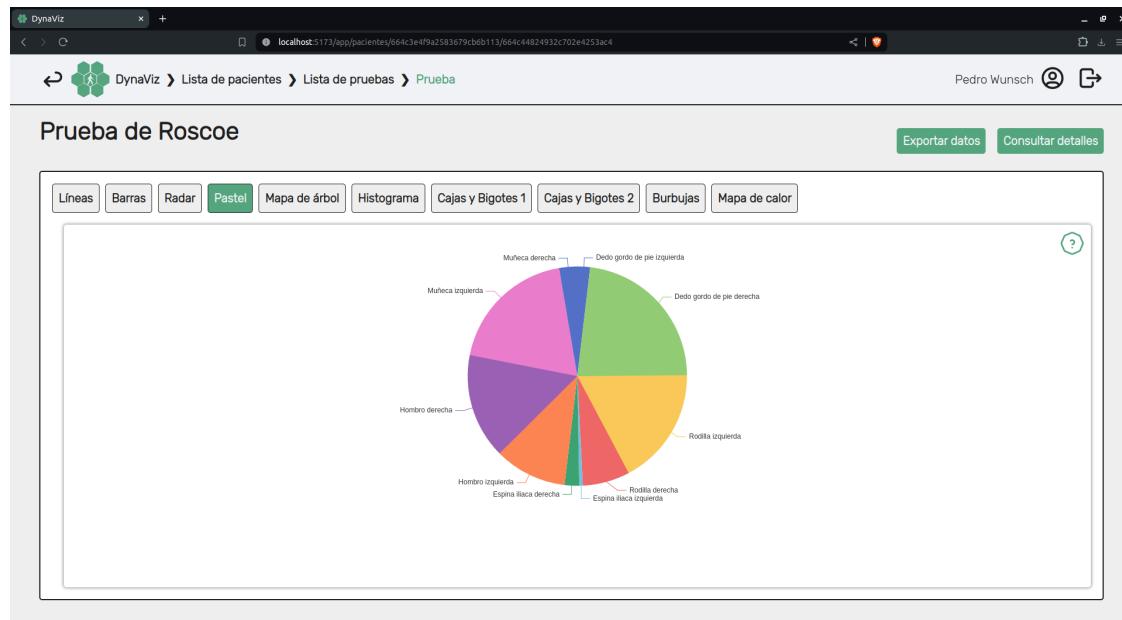


Figura 4.23: Gráfico de pastel

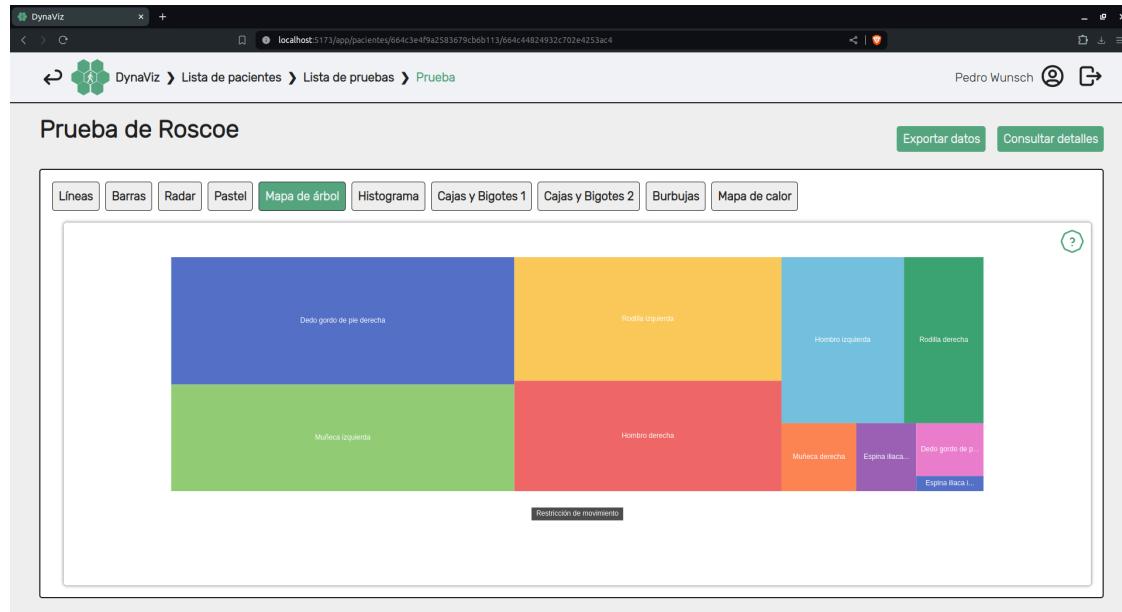


Figura 4.24: Mapa de árbol

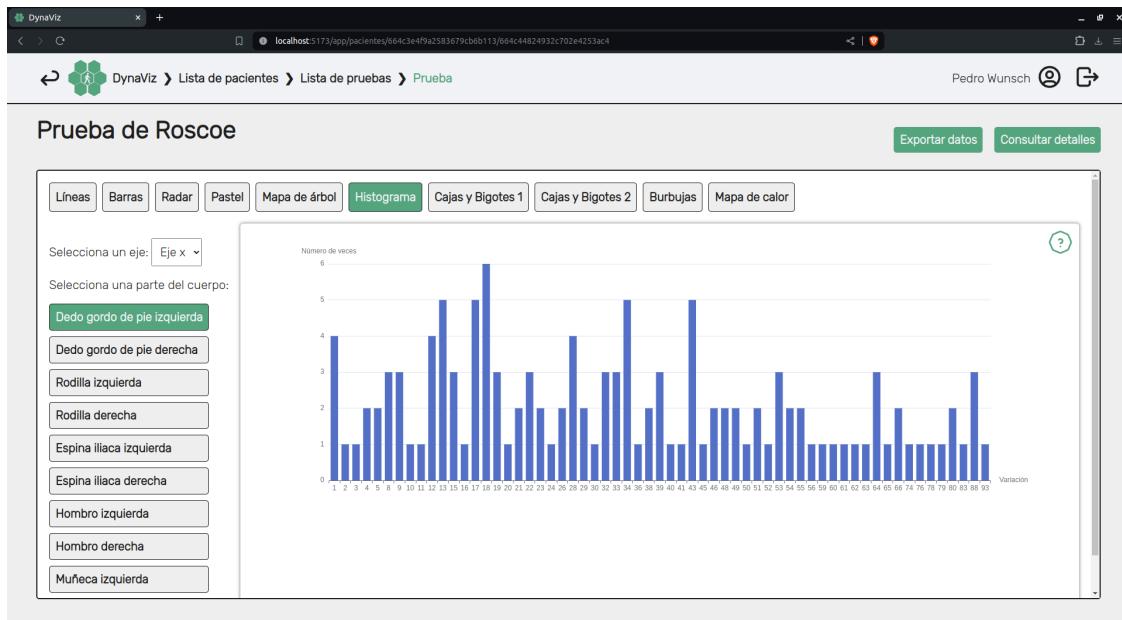


Figura 4.25: Histograma

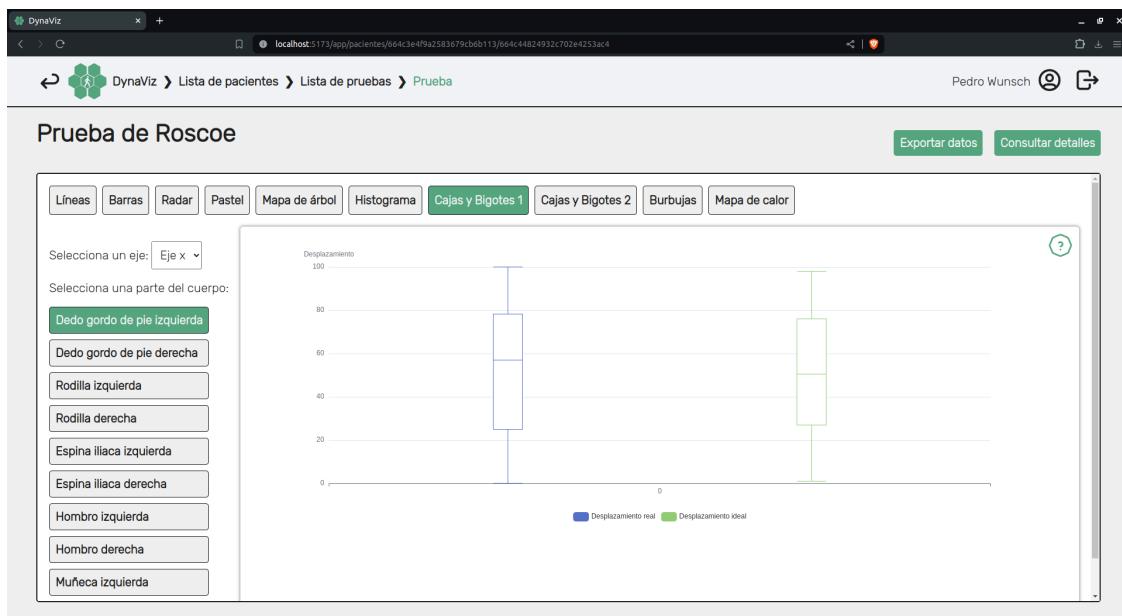


Figura 4.26: Diagrama de cajas y bigotes de desplazamientos

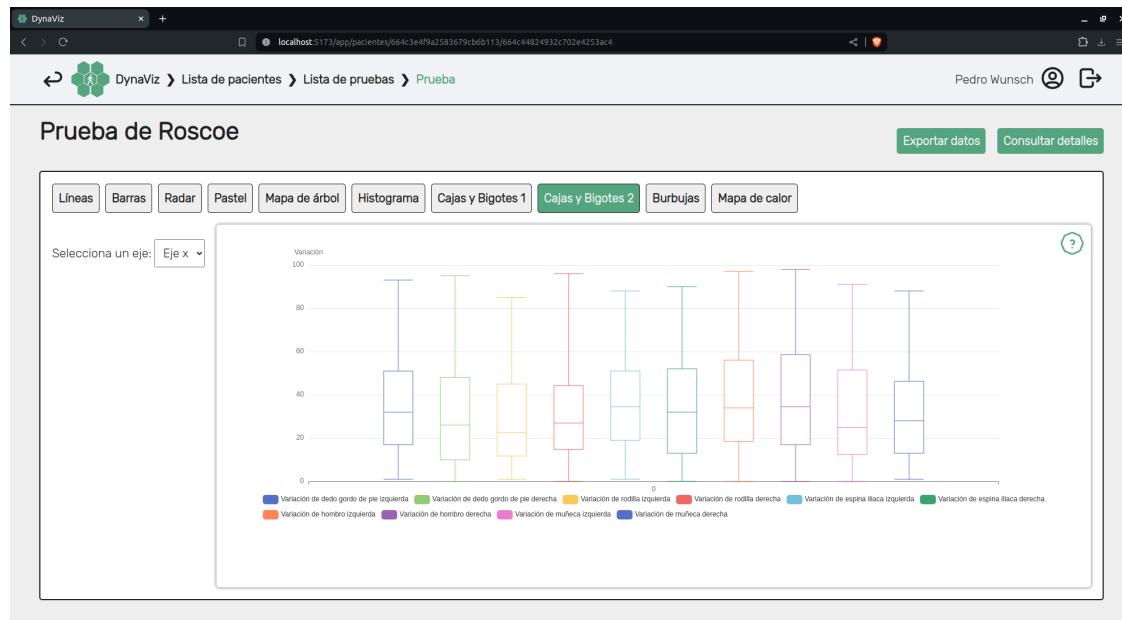


Figura 4.27: Diagrama de cajas y bigotes de variaciones

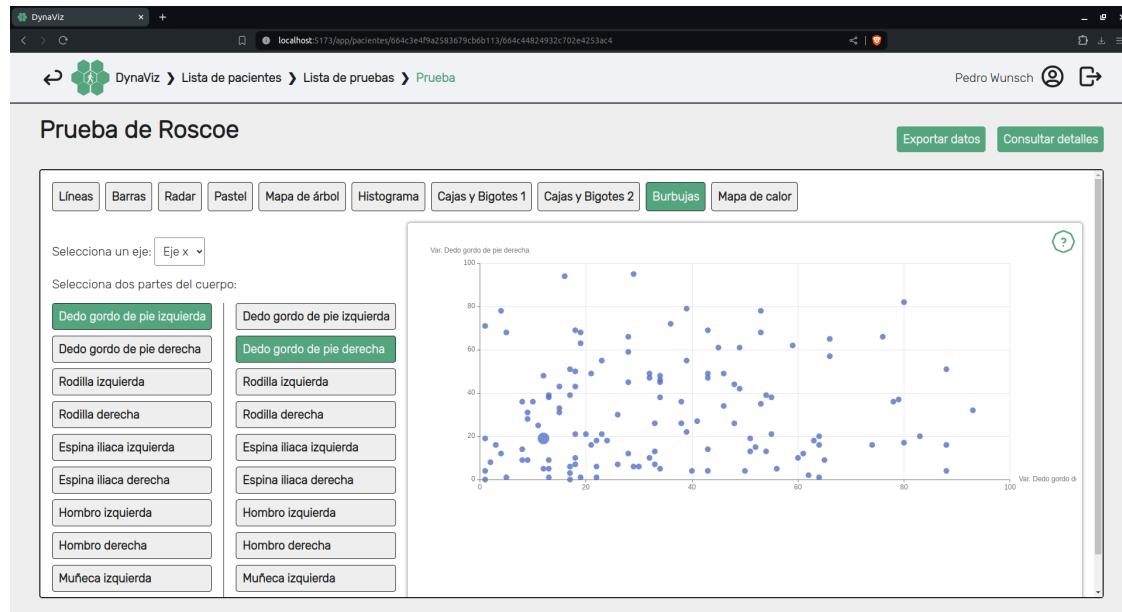


Figura 4.28: Gráfico de burbujas

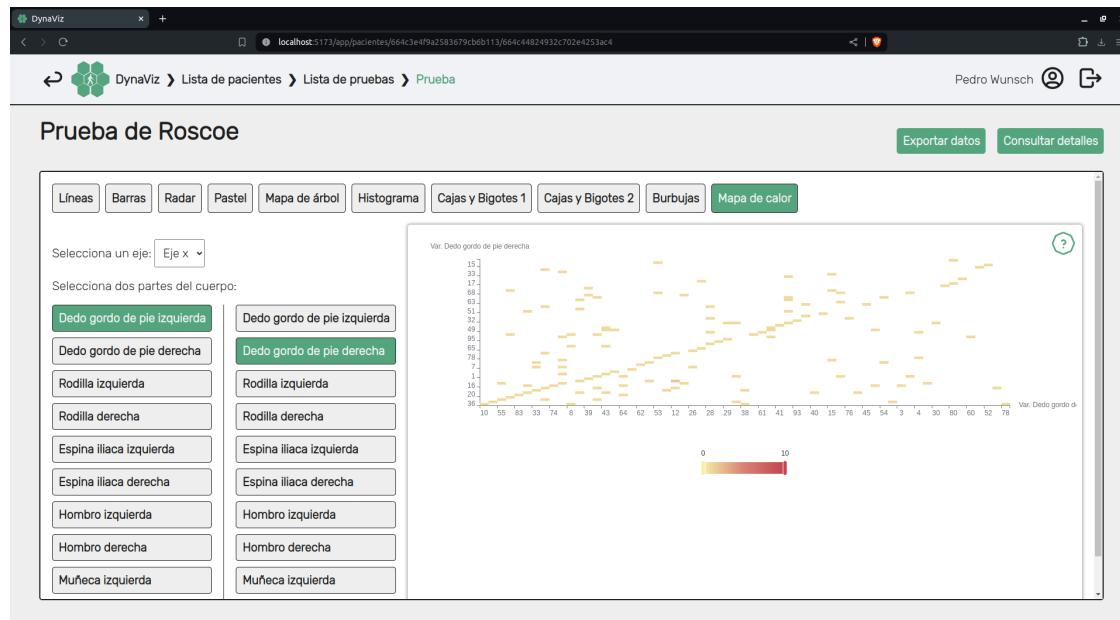


Figura 4.29: Mapa de calor

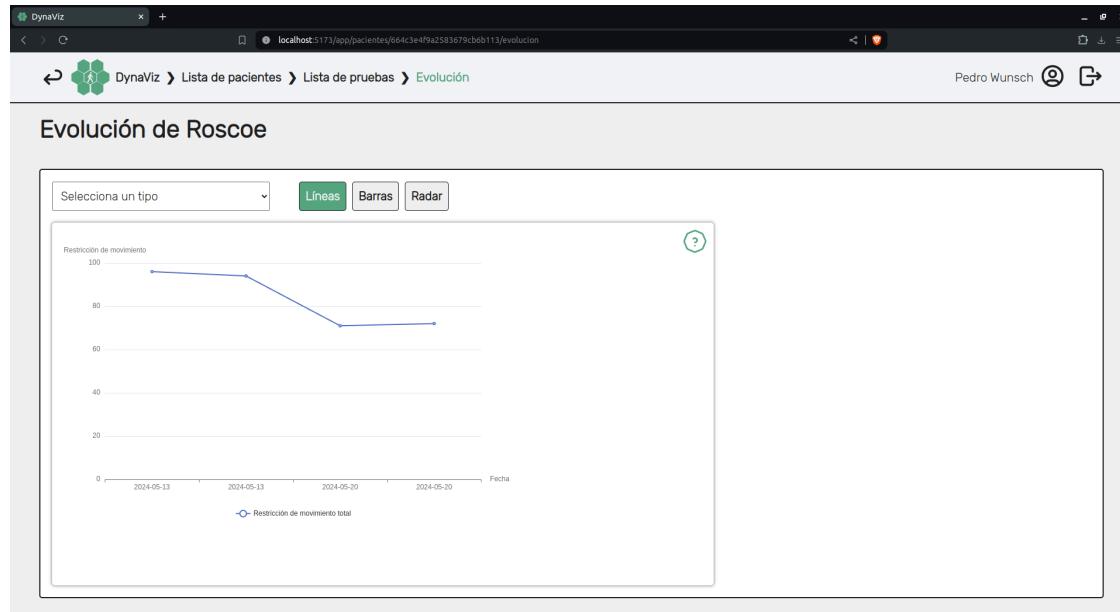


Figura 4.30: Ventana de análisis de evolución

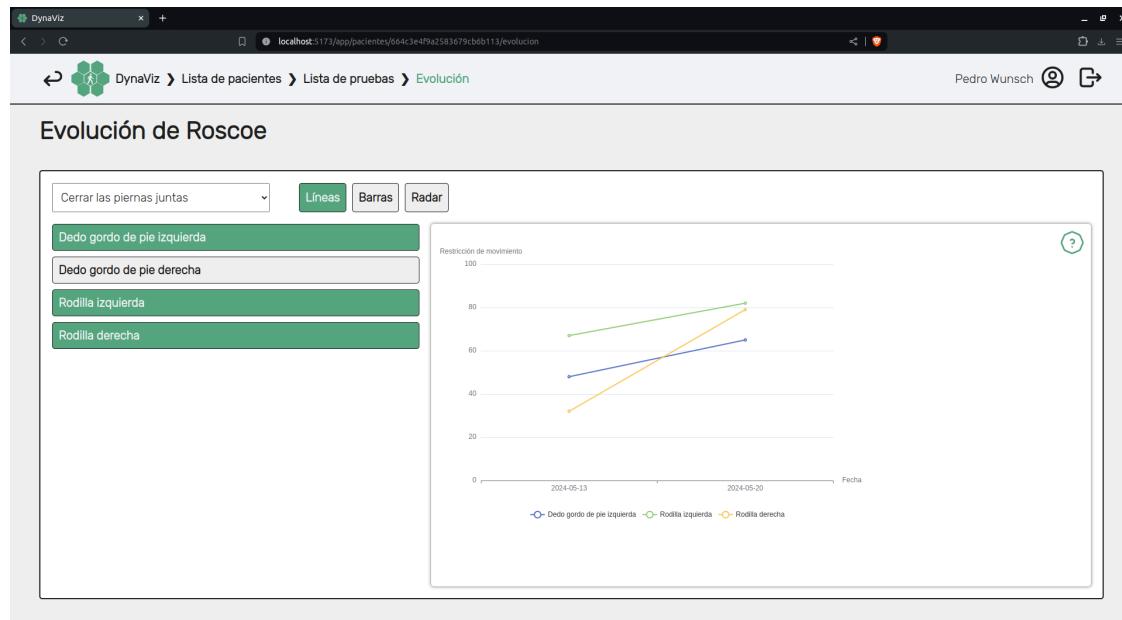


Figura 4.31: Gráfico de líneas de evolución

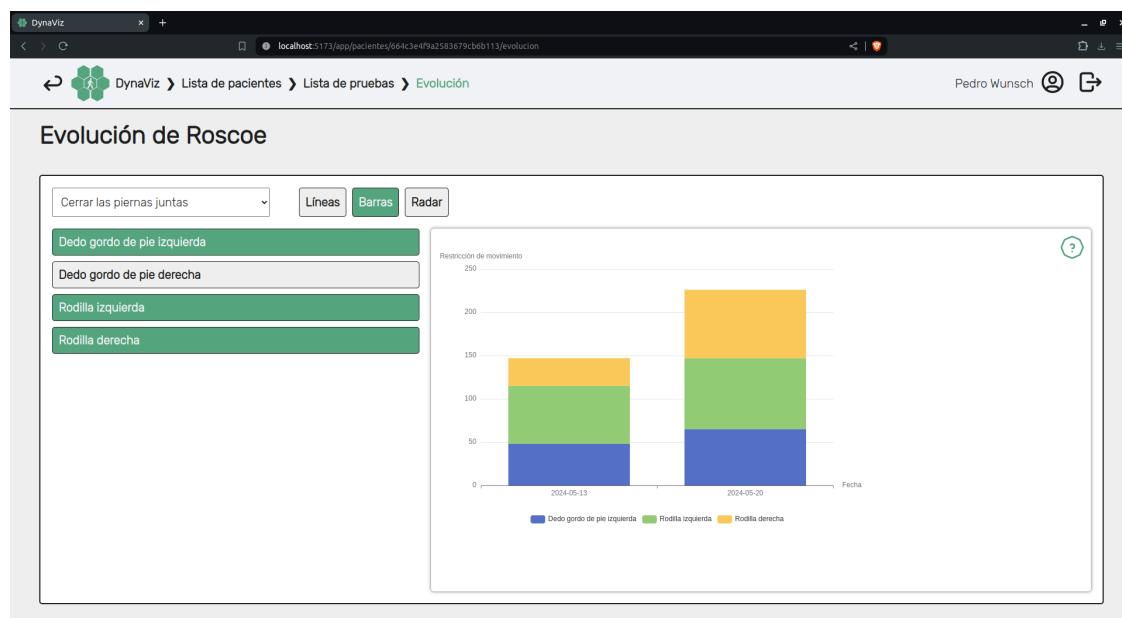


Figura 4.32: Gráfico de barras de evolución

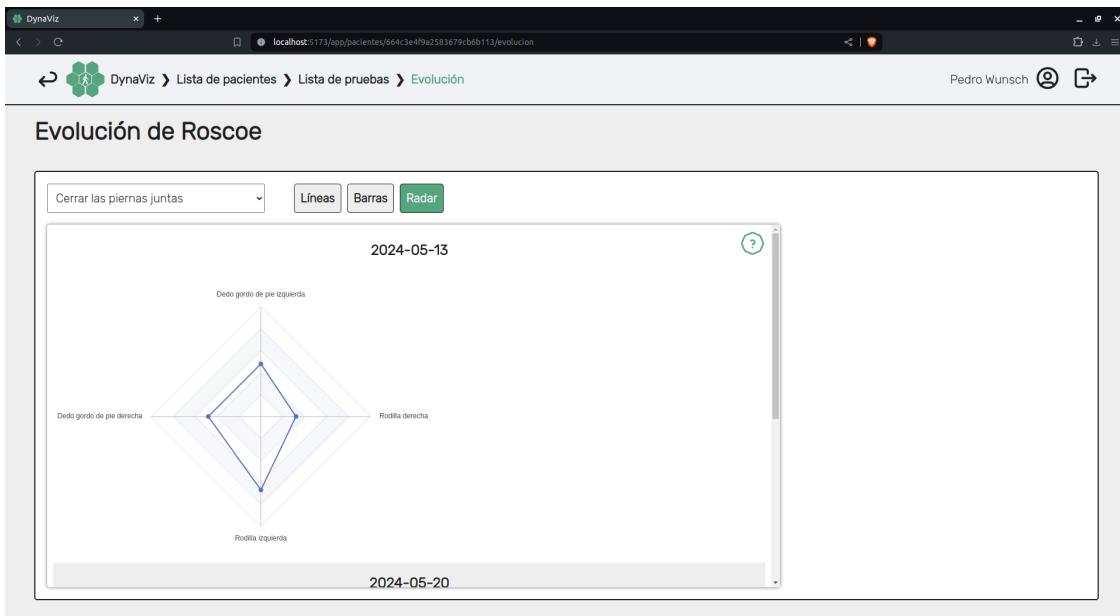


Figura 4.33: Gráfico radial de evolución

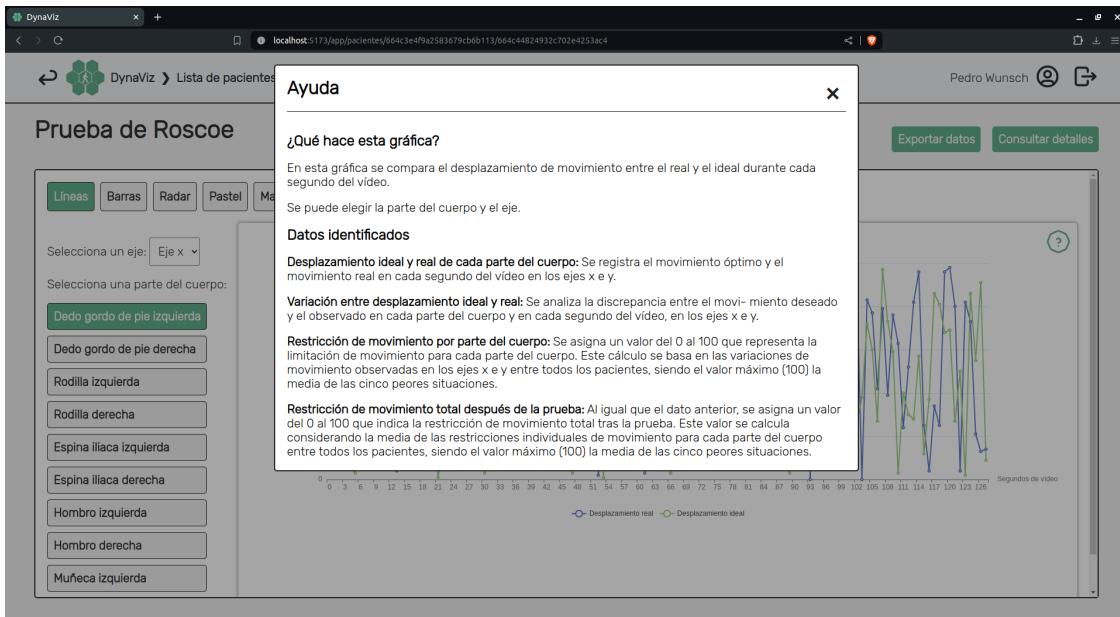


Figura 4.34: Ventana modal de ayuda

nentes probados:

- CrossButton
- DeleteUserButton
- EvolutionButtons
- TestButtons
- UserCard
- PatientDataElement
- TestDataElement
- UserDataElement
- PatientForm
- UserForm
- UsersList
- DeleteMenu
- Inform
- SimpleComponents
- SelectDate
- SelectDoctor
- SelectType

4.5. Compatibilidad del Sistema

Finalmente, *DynaViz* ha sido probado en los navegadores *Google Chrome v125.0.6422.112*, *Firefox v126.0*, y *Brave v1.66.113*, obteniendo un funcionamiento correcto en todos ellos. Al tratarse de una aplicación Web, se espera que también sea compatible con otros navegadores modernos como *Edge* y *Safari*.

Además, la aplicación es *responsive*, lo que significa que se adapta a las pantallas de dispositivos móviles. Esto se puede apreciar en la Figura 4.35 que muestra la ventana de lista de pacientes, la ventana modal de detalles del paciente y la gráfica de líneas, respectivamente. Estas tres ventanas corresponden a las Figuras 4.11, 4.13 y 4.20 mostradas anteriormente.

Una vez se ha presentado la aplicación Web implementada, en el siguiente capítulo se detalla la evaluación de dicho sistema.

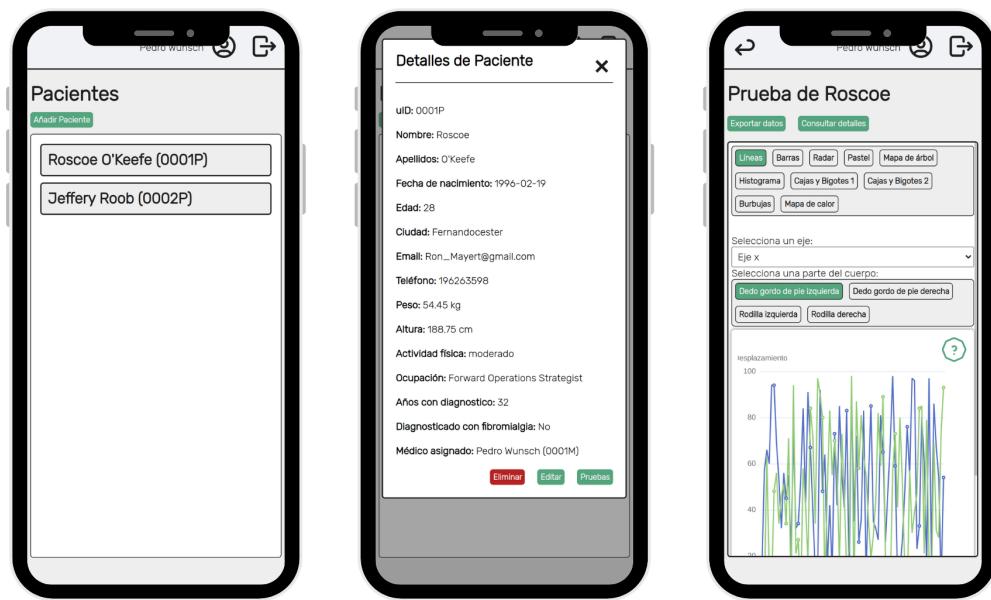


Figura 4.35: Diseño responsive

Capítulo 5

Evaluación del Sistema

En este capítulo se presentan las distintas evaluaciones llevadas a cabo durante el desarrollo del proyecto, detallando los participantes involucrados, el contexto de uso, las tareas realizadas, el diseño experimental empleado, las métricas de usabilidad aplicadas y los resultados obtenidos en cada una de ellas. Como referencia se ha seguido el estándar internacional ISO/IEC 25062 [53] para evaluar la calidad en el uso del sistema, complementado con el uso del cuestionario **SUS**, tal y como expone Sauro [97]. Este cuestionario consta de diez preguntas diseñadas para evaluar la experiencia del usuario con el sistema, las cuales deben responderse indicando el grado de acuerdo o desacuerdo en una escala de cinco puntos.

5.1. Evaluación de la Usabilidad

La primera evaluación se realizó el 15 de abril de 2024 con el objetivo de recopilar las impresiones iniciales de usuarios reales y evaluar su satisfacción al utilizar la aplicación Web. A continuación se detallan los participantes, el contexto de uso, las tareas asignadas, el diseño experimental empleado, las métricas de usabilidad aplicadas y los resultados obtenidos en esta prueba de evaluación.

5.1.1. Participantes

La evaluación se llevó a cabo con la participación de dos fisioterapeutas especializados. Aunque el número de participantes pueda parecer reducido, el objetivo principal era asegurar la aceptación del sistema por parte de expertos en el campo. Además, al finalizar la prueba de evaluación, los participantes pudieron proporcionar un feedback muy relevante gracias a su experiencia y conocimiento especializado. Los datos de los participantes se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Participantes de la primera prueba de evaluación

ID	Edad	Profesión	Conocimiento tecnológico	SO	Navegador
P1	48	Fisioterapeuta	Bajo	Windows	Edge
P2	31	Fisioterapeuta	Medio	Mac OS	Chrome

Una vez presentados los participantes, en el siguiente punto se describe el contexto de uso de la prueba de evaluación.

5.1.2. Contexto de Uso

La evaluación se llevó a cabo mediante videoconferencia con la aplicación *Microsoft Teams* [63], lo que permitió que cada participante utilizara su propio hardware, como se observa en la Tabla 5.1.

Es importante destacar que la aplicación Web se desplegó en *Render* [90] y la base de datos en *MongoDB Atlas* [67]. Dado que ambas plataformas fueron utilizadas en una versión gratuita, se presentaron algunas limitaciones, siendo la principal la imposibilidad de finalizar la creación de una prueba y desconexiones temporales del servidor en algunos casos.

Al finalizar la evaluación, los participantes completaron el cuestionario **SUS** para proporcionar retroalimentación sobre su experiencia. Este cuestionario fue realizado utilizando un formulario de *Google Forms* [34].

Una vez presentado el contexto de uso, en el siguiente punto se describen las diferentes tareas realizadas por los participantes.

5.1.3. Tareas

Las tareas realizadas por los participantes durante la evaluación fueron las siguientes:

- **Tarea 1:** Añadir un nuevo paciente. Editar la edad de dicho nuevo paciente. Eliminar el paciente recién creado.
- **Tarea 2:** Consultar pruebas del primer paciente. Filtrar por fecha la lista de pruebas. Analizar la gráfica de línea, pastel y burbuja de una de las pruebas. De esa misma prueba consultar los detalles.
- **Tarea 3:** Consultar la evolución del primer paciente. Filtrar gráfica de evolución por un tipo de prueba y observar la evolución de dos partes del cuerpo específicas.
- **Tarea 4:** Hacer uso del menú de añadir prueba (pero sin acabar de añadir la prueba).

Una vez presentadas las tareas, en el siguiente punto se describe el diseño experimental de la prueba de evaluación.

5.1.4. Diseño Experimental

El proceso de evaluación siguió los siguientes pasos:

1. **Explicación previa:** Antes de comenzar la evaluación, se proporcionó a cada participante un documento que detallaba las tareas a realizar y el proceso para iniciar sesión en la aplicación Web.
2. **Realización de tareas:** Se asignó a cada participante una lista de tareas específicas que debían completar. Durante este proceso se implementó la técnica de *pensamiento en voz alta*, permitiendo a los participantes expresar sus opiniones mientras interactuaban con la aplicación. También se utilizó la técnica de *observación* para analizar cómo los participantes se desenvolvían durante la prueba.
3. **Test de evaluación:** Una vez completadas las tareas, cada participante completó el cuestionario **SUS**. El objetivo de este paso era recopilar más información y opiniones sobre la aplicación desde la perspectiva de los usuarios.

Una vez presentado el diseño experimental, en el siguiente punto se describen las métricas de evaluación.

5.1.5. Métricas de Usabilidad

La principal métrica de usabilidad utilizada en esta evaluación fue la satisfacción del usuario. Esta métrica se midió mediante el cuestionario **SUS** que todos los participantes completaron al finalizar las tareas asignadas. El cuestionario constaba de diez declaraciones diseñadas para evaluar varios aspectos relacionados con la usabilidad de la aplicación, brindando así una comprensión más completa de la experiencia del usuario.

Finalmente, en el siguiente punto se describen los resultados obtenidos tras completar la prueba de evaluación.

5.1.6. Resultados

Tras la primera prueba de evaluación, se recibió un valioso feedback por parte de ambos fisioterapeutas.

Mediante las técnicas de *pensamiento en voz alta* y *observación* durante la realización de las tareas, se confirmó que la aplicación Web es fácil de utilizar. Sin embargo, se observó que el

entendimiento de las gráficas que muestran los datos de las pruebas puede resultar confuso para algunos usuarios, lo que puede requerir la asistencia de un profesional para su interpretación.

Por otro lado, en la Figura 5.1 se presentan los resultados del cuestionario SUS de cada participante, los cuales muestran una evaluación muy positiva de la aplicación. Después de todo, según Sauro [97] la media de resultados SUS de 500 estudios es de 68, representada en la Figura 5.1 con una línea verde.

Además, Sauro proporciona la gráfica que se muestra en la Figura 5.2 donde se asocian los rangos percentiles con las puntuaciones del SUS y las calificaciones con letras. Esta gráfica revela que los resultados de ambos participantes se encuentran en el rango A, ya que superan los 80,3 puntos.

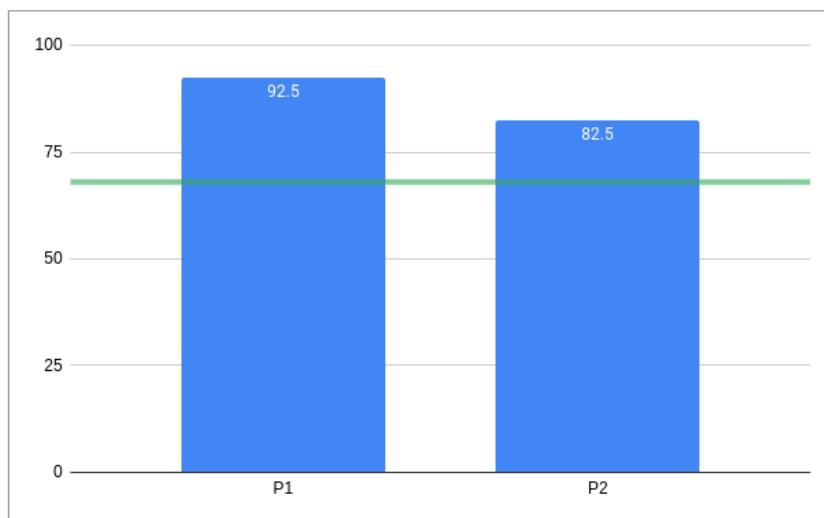


Figura 5.1: Resultados SUS

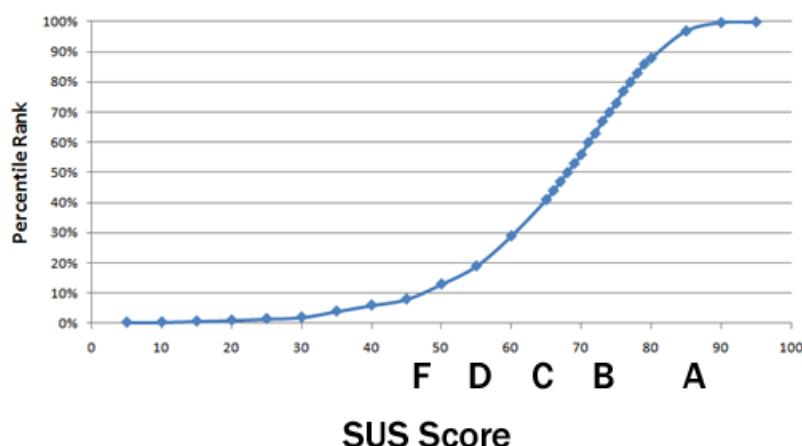


Figura 5.2: Asociación entre rangos percentiles con puntuaciones SUS

5.2. Evaluación de Recorrido Cognitivo

Tras la primera evaluación, se llevó a cabo una segunda adaptando el método de *recorrido cognitivo*, tal y como expone Salazar [96]. En esta fase, los mismos stakeholders probaron la aplicación *DynaViz* durante una semana sin asignar tareas específicas con el objetivo principal de identificar nuevas funcionalidades que pudieran ser útiles para los usuarios.

Durante esta evaluación se solicitó una única funcionalidad adicional: permitir a los médicos exportar los datos de una prueba a formato PDF, lo que les permitiría proporcionar al paciente un documento de la misma.

Una vez presentadas ambas evaluaciones, en el siguiente punto se exponen las conclusiones derivadas de las mismas.

5.3. Conclusiones

Tras las dos pruebas de evaluación, se puede concluir que la aplicación *DynaViz* es tanto fácil de usar como de aprender, respaldado por los resultados obtenidos en la primera evaluación.

Además, la segunda prueba permitió comprobar si los stakeholders echaban en falta alguna funcionalidad. En la cual solo se identificó una carencia y que fue implementada posteriormente, confirmando de esta manera que la aplicación cumple con las expectativas de los usuarios.

Capítulo 6

Conclusiones

En este capítulo se revisa el cumplimiento de los distintos objetivos y las competencias adquiridas durante el desarrollo del proyecto. Además, se detalla el trabajo futuro que aún queda por hacer.

6.1. Revisión de los Objetivos

Una vez finalizado el proyecto, se confirma el alcance del objetivo principal que consistía en la implementación de una aplicación Web y el desarrollo de técnicas de visualización para la gestión y el diagnóstico de patologías.

Para lograr esto se fueron cumpliendo los distintos objetivos propuestos al inicio del documento. En el capítulo del estado del arte se completaron tanto el O1 como el O2 que consistían en el estudio de las tecnologías Web y de las técnicas de visualización. Además, también se abordó parte del O5 al examinar la usabilidad en la Web.

Posteriormente, en las entrevistas realizadas tanto en el Sprint 7 como en el Sprint 9, se logró el O3 al obtener las diferentes necesidades de los stakeholders del sistema.

Por otro lado, el alcance del O4 se logró desde el Sprint 7 al Sprint 14, donde se desarrolló la aplicación Web de soporte. Durante el desarrollo de esta aplicación se implementaron las técnicas de visualización propuestas y estudiadas en el Anexo 5 durante el Sprint 8, alcanzando así el O5.

Finalmente, los objetivos O6 y O7 se alcanzaron en las pruebas de evaluación del Sprint 11 y Sprint 13, validando la aplicación y evaluando las técnicas de visualización.

Por todo ello, la realización del proyecto ha permitido adquirir distintos conocimientos en varias áreas de la Ingeniería Informática, así como aprender a utilizar nuevas tecnologías como TypeS-

cript, Zod, ECharts y *Cypress*, además de mejorar habilidades previamente conocidas como el stack *MERN* y la metodología Scrum.

Una vez revisados los diferentes objetivos alcanzados durante el desarrollo del proyecto, a continuación se detallan las competencias adquiridas.

6.2. Competencias Adquiridas

Al finalizar el proyecto, también se ha logrado adquirir las competencias previstas en el capítulo de la introducción. Estas competencias corresponden a BA5, CO8, C013 y C016 de la intensificación de “Ingeniería Informática de Sistemas de Información” según lo indicado en la memoria oficial del grado [105].

Por último, en el siguiente punto se presenta el trabajo futuro del proyecto.

6.3. Trabajo Futuro

Para la implementación de la aplicación *DynaViz* se han recorrido diversas fases del ciclo de vida del desarrollo de software, desde la obtención de requisitos y el diseño de prototipos hasta el desarrollo y las pruebas unitarias y de evaluación. No obstante, la aplicación aún no ha sido desplegada a producción en un entorno real, como se detalla en el Anexo G, donde se estudian los costos asociados a esta etapa.

Además, en el futuro la aplicación final deberá integrarse con una inteligencia artificial capaz de analizar el vídeo y procesar los diferentes datos. Esto permitirá presentar la información utilizando las diversas técnicas de visualización estudiadas durante el proyecto. Es importante destacar que dicha inteligencia artificial es otro **TFG** en desarrollo, el cual también es parte del proyecto *DIPAMIA* y ha enviado un artículo para su publicación.

Finalmente, la aplicación Web podrá expandirse para diagnosticar más patologías y no solo la fibromialgia.

Bibliografía

- [1] Adaptable *The easiest way to deploy and scale your App*. <https://adaptable.io/> (Último acceso: 21-04-2024).
- [2] Albertos, F. *Template for the Bachelor's Final Project (TFG)*. https://www.felixalbertos.com/resources/downloads/tfg_template.html (Último acceso: 17-02-2024).
- [3] Alder, G. *Diagrams.net*. <https://app.diagrams.net/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [4] Alona, O. Software Development Life Cycle: An Ultimate Guide. <https://qarea.com/blog/software-development-life-cycle-guide> (Último acceso: 17-02-2024).
- [5] Apache ECharts. <https://echarts.apache.org/en/index.html> (Último acceso: 17-02-2024).
- [6] Appmakes Typora. <https://typora.io/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [7] Balkhi, S. How to Choose the Best Domain Registrar in 2024 (Compared). <https://www.wpbeginner.com/beginners-guide/how-to-choose-the-best-domain-registrar/> (Último acceso: 8-05-2024).
- [8] Baryshevskiy, A. The Latest Trends in Web App Development for 2023: What to Expect from the Industry. <https://themindstudios.com/blog/web-app-development-trends/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [9] Basterrechea, B. Escala de EVA: ¿Qué es y cómo se emplea? <https://www.fundacionrenequinton.org/blog/escala-eva-que-es-y-como-se-emplea/> (Último acceso: 15-03-2024).
- [10] BasuMallick, C. What Is a Single-Page Application? Architecture, Benefits, and Challenges. <https://www.spiceworks.com/tech/devops/articles/what-is-single-page-application/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [11] Batschinski, G. The best free Heroku alternatives in 2024. <https://blog.back4app.com/heroku-alternatives/> (Último acceso: 21-04-2024).

- [12] Bostock, M. *D3.js*. <https://d3js.org/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [13] Cabello, R. *Three.js*. <https://threejs.org/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [14] Campana, N. Tech Stack: Overview Of The Top Technologies of 2022. <https://www.freelancermap.com/blog/tech-stack/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [15] Chai, W. What is PaaS? Platform as a service definition and guide. <https://www.techtarget.com/searchcloudcomputing/definition/Platform-as-a-Service-PaaS> (Último acceso: 21-04-2024).
- [16] Chart.js Getting Started. <https://www.chartjs.org/docs/latest/getting-started/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [17] Cherni, B. 2019. *Programming TypeScript making your JavaScript applications scale*. O'Reilly.
- [18] Clark, H. The Software Development Life Cycle (SDLC): 7 Phases and 5 Models. <https://theproductmanager.com/topics/software-development-life-cycle/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [19] Cypress Cypress. <https://www.cypress.io/> (Último acceso: 17-05-2024).
- [20] Dahl, R. *Node.js*. <https://nodejs.org/en> (Último acceso: 17-02-2024).
- [21] Django Software Foundation *Django*. <https://www.djangoproject.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [22] Docker Use containers to Build, Share and Run your applications. <https://www.docker.com/resources/what-container/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [23] domcomp Cheapest .com Domain Prices. <https://www.domcomp.com/tld/com> (Último acceso: 08-05-2024).
- [24] Downie, N. *Chart.js*. <https://www.chartjs.org/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [25] Dynadot dynadot. <https://www.dynadot.com/> (Último acceso: 08-05-2024).
- [26] Espírito, D. Top 5 main Agile methodologies: advantages and disadvantages. <https://www.xpand-it.com/blog/top-5-agile-methodologies/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [27] Excalidraw *PlantUML at a Glance*. <https://plantuml.com/> (Último acceso: 17-02-2024).

- [28] Facebook *React*. <https://es.react.dev/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [29] Figma, Inc. *Figma*. <https://www.figma.com/> (Último acceso: 11-03-2024).
- [30] Fly.io *Fly.io*. <https://fly.io/> (Último acceso: 21-04-2024).
- [31] GitHub *GitHub Projects*. <https://docs.github.com/en/issues/planning-and-tracking-with-projects/learning-about-projects/about-projects> (Último acceso: 07-06-2024).
- [32] Google About hosting providers. <https://support.google.com/domains/answer/3288265?hl=en> (Último acceso: 21-04-2024).
- [33] Google *Angular*. <https://angular.io/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [34] Google *Google Forms*. <https://docs.google.com/forms/> (Último acceso: 22-04-2024).
- [35] Google *Kubernetes*. <https://kubernetes.io/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [36] Granollers, T. La Interacción Persona-Ordenador. <https://mpiua.invid.udl.cat/la-interaccion-persona-ordenador/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [37] Granollers, T. Métodos evaluación usabilidad. <https://mpiua.invid.udl.cat/fases-mpiua/evaluacion/metodos-evaluacion-usabilidad/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [38] Granollers, T. Usabilidad. <https://mpiua.invid.udl.cat/usabilidad/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [39] Granollers, T. User eXperience (UX). <https://mpiua.invid.udl.cat/user-experience/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [40] Gruber, J.; Swartz, A. *Markdown*. <https://markdown.es/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [41] Harris, R. *Svelte*. <https://svelte.dev/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [42] Hassan-Montero, S., Y.; Ortega-Santamaría 2009. *Informe APEI sobre usabilidad*. APEI, Asociación Profesional de Especialistas en Información.
- [43] Hassenzahl, N., M.; Tractinsky 2006. User experience - a research agenda [editorial]. *Behavior & Information Technology*. 25, 2 (2006), 91–97.
- [44] Heinemeier, D. *Ruby on Rails*. <https://rubyonrails.org/> (Último acceso: 17-02-2024).

- [45] Hernández, U. MVC (Model, View, Controller) explicado. <https://codigofacilito.com/articulos/mvc-model-view-controller-explicado> (Último acceso: 17-02-2024).
- [46] Highsoft AS *Highcharts*. <https://www.highcharts.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [47] Holmes, B. Understanding single page apps & client-side routing. <https://bholmes.dev/blog/spas-clientside-routing/> (Último acceso: 07-03-2024).
- [48] Holtz, Y.; Healy, C. From Data to Viz. <https://www.data-to-viz.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [49] Hykes S. *Docker*. <https://www.docker.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [50] International Organization for Standardization 1998. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)-part 11: Guidance on usability.
- [51] International Organization for Standardization 2008. Ergonomics of human system interaction – part 210: Human-centred design for interactive systems (formerly known as 13407).
- [52] International Organization for Standardization 1991. Software engineering-product quality.
- [53] International Organization for Standardization 2006. Software product quality requirements and evaluation (SQuaRE).
- [54] Lean Sigma Corporation Box Plot with Minitab. <https://leansigmacorporation.com/box-plot-with-minitab/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [55] Majorek, J. 19 Best JavaScript Data Visualization Libraries. <https://www.monterail.com/blog/javascript-libraries-data-visualization> (Último acceso: 17-02-2024).
- [56] Mao, H. *REST Client*. <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=humao.rest-client> (Último acceso: 17-02-2024).
- [57] Matsumoto, Y. *Ruby*. <https://www.ruby-lang.org/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [58] MayoClinic Fibromialgia. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/fibromyalgia/symptoms-causes/syc-20354780> (Último acceso: 15-03-2024).
- [59] McDonnell, C. *Zod*. <https://zod.dev/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [60] Microsoft *TypeScript*. <https://www.typescriptlang.org/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [61] Microsoft *Visual Studio Code*. <https://code.visualstudio.com/> (Último acceso: 17-02-2024).

- [62] Microsoft *Excel*. <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/excel%0Ahttps://www.microsoft.com/es-es/microsoft-teams/log-in> (Último acceso: 17-02-2024).
- [63] Microsoft *Microsoft Teams*. <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-teams/log-in> (Último acceso: 17-02-2024).
- [64] Microsoft *OneDrive*. <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/onedrive/online-cloud-storage> (Último acceso: 17-02-2024).
- [65] Microsoft *Outlook*. <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/outlook/email-and-calendar-software-microsoft-outlook> (Último acceso: 17-02-2024).
- [66] MongoDB, Inc. *MongoDB*. <https://www.mongodb.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [67] MongoDB, Inc. *MongoDB Atlas*. <https://www.mongodb.com/es/atlas/database> (Último acceso: 17-02-2024).
- [68] MongoDB, Inc. *MongoDB Compass*. <https://www.mongodb.com/products/tools/compass> (Último acceso: 17-02-2024).
- [69] MongoDB, Inc. *MongoDB Pricing*. <https://www.mongodb.com/pricing> (Último acceso: 08-05-2024).
- [70] Morville, P. 2005. Experience design unplugged. *ACM SIGGRAPH 2005 web program (SIGGRAPH '05)* (New York, USA, 2005), Article 10.
- [71] Mozilla *Ajax*. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/AJAX> (Último acceso: 28-02-2024).
- [72] Mozilla *CSS*. <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/CSS> (Último acceso: 17-02-2024).
- [73] Mozilla *HTML*. <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML> (Último acceso: 17-02-2024).
- [74] Mozilla *Responsive design*. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/CSS/CSS_layout/Responsive_Design#see_also (Último acceso: 17-02-2024).
- [75] Mozilla *Uso de Fetch*. https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/API/Fetch_API/Using_Fetch (Último acceso: 28-02-2024).
- [76] Namecheap namecheap. <https://www.namecheap.com/> (Último acceso: 08-05-2024).
- [77] Neo4j *Neo4j*. <https://neo4j.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [78] Nielsen, J. 1993 (Último acceso: 17-02-2024). *Usability Engineering*.

- [79] O. Wilke, C. Fundamentals of Data Visualization. <https://clauswilke.com/dataviz/index.html> (Último acceso: 17-02-2024).
- [80] OpenJS Foundation *Express.js*. <https://expressjs.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [81] Oracle Corporation *MySQL*. <https://www.mysql.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [82] Osadchuk, S. Top Backend Technologies in 2023: choose the right one for your solution. <https://doit.software/blog/backend-technologies#screen5> (Último acceso: 17-02-2024).
- [83] Otwell, T. *Laravel*. <https://laravel.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [84] Perkins M.; Obrecht C.; Adams C. *Canva*. <https://www.canva.com/> (Último acceso: 22-04-2024).
- [85] pnpm *pnpm*. <https://pnpm.io/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [86] Preston-Werner, T.; Wanstrath, C.; Hyett, P. *GitHub*. <https://github.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [87] Railway *Railway*. <https://railway.app/> (Último acceso: 21-04-2024).
- [88] Ramotion The Role of Database in Web Application Development. <https://www.ramotion.com/blog/database-in-web-app-development/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [89] RedHat API REST. <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-is-a-rest-api> (Último acceso: 07-03-2024).
- [90] Render *Render*. <https://render.com/> (Último acceso: 11-04-2024).
- [91] Render Render Pricing. <https://render.com/pricing> (Último acceso: 08-05-2024).
- [92] Rivera, J. React Router and Client-Side Routing. <https://betterprogramming.pub/react-router-and-client-side-routing-2e483452fbfb> (Último acceso: 07-03-2024).
- [93] Rodríguez, M. Scrum: el pasado y el futuro. <https://netmind.net/es/scrum-el-pasado-y-el-futuro/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [94] Roques, A. *Diagrams.net*. <https://app.diagrams.net/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [95] Rosssum, G. *Python*. <https://www.python.org/> (Último acceso: 17-02-2024).

- [96] Salazar, K. Evaluate Interface Learnability with Cognitive Walkthroughs. <https://www.nngroup.com/articles/cognitive-walkthroughs/> (Último acceso: 20-05-2024).
- [97] Sauro, J. Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS). <https://measuringu.com/sus/> (Último acceso: 16-04-2024).
- [98] Schwaber, K.; Sutherland, J. The 2020 Scrum Guide. <https://scrumguides.org/scrum-guide.html#end-note> (Último acceso: 17-02-2024).
- [99] Spaceship spaceship. <https://www.spaceship.com/> (Último acceso: 08-05-2024).
- [100] Spilotro, C. Dynamic vs. Static Websites: What's the Difference? . <https://www.zesty.io/minishare/marketing-technology/dynamic-vs-static-websites/> (Último acceso: 21-04-2024).
- [101] Swan, G. How to Create a Burndown Chart in Excel? (With Templates). <https://clickup.com/blog/burndown-chart-excel/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [102] Three.js Creating a Scene. <https://threejs.org/docs/index.html#manual/en/introduction/Creating-a-scene> (Último acceso: 17-02-2024).
- [103] Torvalds, L. *Git*. <https://git-scm.com/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [104] Uber Technologies, Inc. *React Vis*. <https://uber.github.io/react-vis/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [105] UCLM Memoria Oficial del Grado de Ingeniería Informática. <https://www.uclm.es/-/media/Files/A01-Asistencia-Direccion/A01-124-Vicerrectorado-Docencia/grados/ingenieria-informatica/documentos-oficiales/Ing-Informtica-julio-2019.ashx> (Último acceso: 17-02-2024).
- [106] VandeHei, J. *Axios*. <https://axios-http.com/> (Último acceso: 28-02-2024).
- [107] Wise B. *Heroku*. <https://www.heroku.com/> (Último acceso: 21-04-2024).
- [108] Wise, B. Heroku's Next Chapter. <https://blog.heroku.com/next-chapter#:~:text=Starting%20October%202026%2C%202022%2C%20we,free%20dynos%20and%20data%20service> (Último acceso: 20-05-2024).
- [109] Yi, M.; Restori, M. How to Choose the Right Data Visualization. <https://chartio.com/learn/charts/how-to-choose-data-visualization/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [110] You, E. *Vite*. <https://vitejs.dev/> (Último acceso: 17-02-2024).
- [111] You, E. *Vue.js*. <https://vuejs.org/> (Último acceso: 17-02-2024).

[112] z.com z.com. <https://web.z.com/> (Último acceso: 08-05-2024).

Anexo A. Desarrollo del Sistema

En este anexo se presenta un registro detallado de los diferentes Sprints realizados a lo largo del proyecto. Cada Sprint comienza con una reunión de planificación en la que se definen las **HU** que se abordan durante ese período. Además, durante esa misma reunión se llevan a cabo las reuniones de revisión y retrospectiva del Sprint anterior.

Es importante destacar que la fecha de inicio de cada Sprint se considera automáticamente como la fecha de finalización del Sprint anterior, garantizando así una continuidad temporal en el desarrollo de las iteraciones del proyecto.

Antes de detallar cada uno de los Sprints realizados, se identifican a continuación los principales stakeholders del sistema.

A.1. Stakeholders Identificados

Los principales stakeholders identificados en este sistema son:

- **Sergio García Muñoz:** Autor del proyecto, completamente involucrado en su desarrollo. Se encarga de implementar la aplicación Web y participa en todas las reuniones de los Sprints.
- **Félix Alberto Marco (FAM) y Juan Enrique Garrido Navarro (JEGN):** Tutores del autor del proyecto, involucrados en su desarrollo. Participan activamente en las reuniones de planificación, revisión y retrospectiva.
- **Cristina Bravo Navarro y Manuel Trinidad Fernández:** Fisioterapeutas encargados de la elaboración y diseño del proyecto, así como de la recopilación de datos y la redacción de resultados.
- **Médicos:** Usuarios finales de la aplicación Web en desarrollo. Se benefician de ella para ayudar en el diagnóstico temprano y el manejo de la fibromialgia.
- **Pacientes con síntomas de fibromialgia:** Usuarios finales que experimentan los síntomas y se someterán a la evaluación a través de la aplicación Web para obtener información

sobre su condición y un diagnóstico más preciso.

Una vez identificados los diferentes stakeholders, a continuación se explica brevemente la fase inicial que tuvo lugar antes del comienzo del primer Sprint.

A.2. Fase Inicial

Antes del comienzo del proyecto, tuvo lugar una “fase inicial” en la que se realizaron varias reuniones con el fin de conseguir una línea base para realizar el proyecto. Las diferentes reuniones que tuvieron lugar se detallan a continuación.

A.2.1. Primera reunión

Esta reunión realizada el **12 de septiembre de 2023**, al tratarse de la primera de todas, tenía como objetivo simplemente de ponerse en contacto con el tutor del trabajo FAM. Además, se plantearon diferentes ideas para el proyecto, llegando a la conclusión de que el proyecto se trataría de una aplicación Web relacionada con el campo de la medicina.

A.2.2. Segunda reunión

Tras la primera reunión, el tutor se puso en contacto con Cristina Bravo con el fin de alinear el trabajo con un proyecto real. Teniendo en cuenta esto, el objetivo principal de esta segunda reunión realizada el **15 de septiembre de 2023**, fue tomar la decisión final de lo que trataría el proyecto, el cual consistiría en una aplicación Web para diagnosticar la depresión a través de inteligencia artificial.

A.2.3. Tercera reunión

Por último, el **20 de septiembre de 2023** tuvo lugar esta tercera reunión, en la cual los diferentes integrantes y personas de interés del proyecto *DIPAMIA* se pusieron en contacto con el fin de alinear los diferentes objetivos del proyecto.

A partir de esta misma reunión da comienzo el proyecto, lo que significa que la siguiente se trata de la primera reunión de planificación, y por consiguiente del primer Sprint. El cual es detallado en el siguiente punto.

A.3. Sprint 1

Este Sprint tiene comienzo el **29 de septiembre de 2023** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era la obtención de conocimiento sobre el lenguaje *TypeScript* para familiarizarse con este mismo. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.3.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se tomó la decisión de que el proyecto tendría un mayor enfoque en el lado del *FrontEnd*, abstrayéndose del lado del servidor y la parte de la inteligencia artificial. Finalmente, teniendo en cuenta esto, se estableció un título tentativo para el proyecto, así como un primer esbozo de los diferentes objetivos principales.

A continuación, en la Tabla A.1 se detallan las diferentes **HU** incluidas en el **PB**. Por otro lado, en la Tabla A.2 se presentan las **HU** trasladadas al **SB**, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.1: **PB** del Sprint 1

ID	Tarea	Peso
TSGM-1	Tener primer contacto con el lenguaje <i>TypeScript</i>	3

Tabla A.2: **SB** del Sprint 1

ID	Tarea	Peso
TSGM-1	Tener primer contacto con el lenguaje <i>TypeScript</i>	3

A.3.2. Desarrollo del Sprint

Durante este Sprint se tuvo el primer contacto con el lenguaje de programación *TypeScript*. Para ello, se leyó el primer capítulo del libro recomendado por el tutor: *Programming TypeScript. Making Your JavaScript Applications Scale* [17].

A.3.3. Revisión del Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual se habló con el tutor FAM de lo aprendido sobre el lenguaje *TypeScript* y las diferencias que tiene con el lenguaje *JavaScript*.

A.3.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.1, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido por detrás del planificado inicialmente. Sin embargo, a pesar de esta variación, se logra completar el trabajo dentro del plazo establecido.

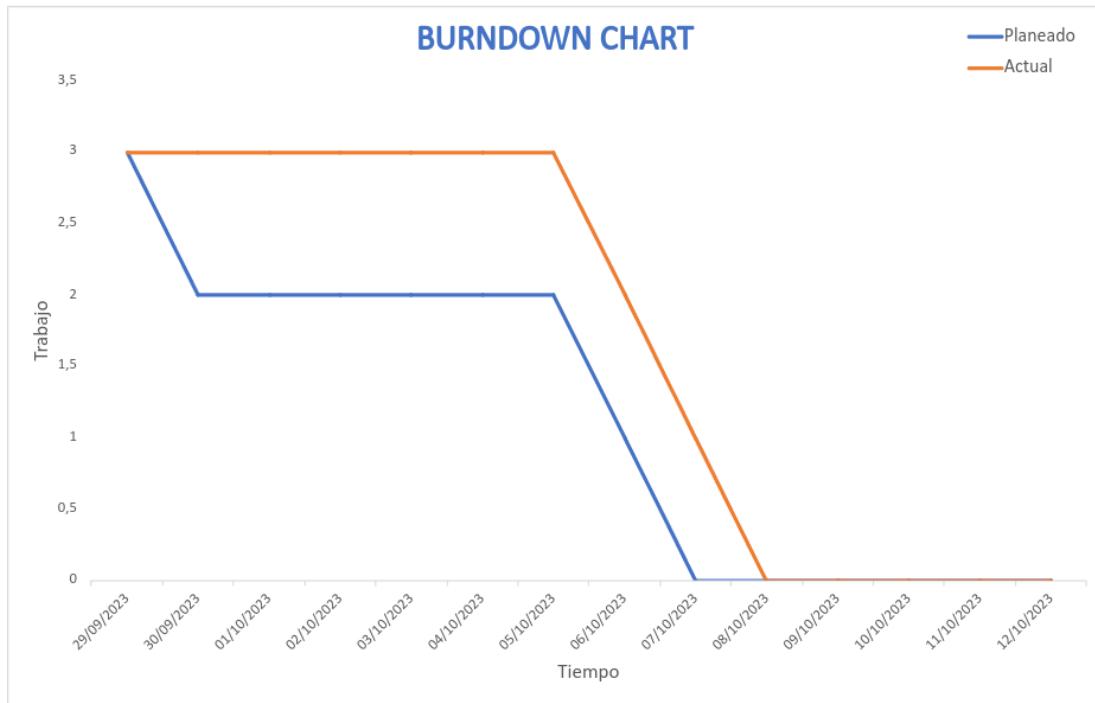


Figura A.1: BC del Sprint 1

A.4. Sprint 2

Este Sprint tiene comienzo el **13 de octubre de 2023** con una duración de 3 semanas. Su objetivo principal era familiarizarse con las diferentes librerías de visualización de datos. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.4.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se concretó mejor el título del proyecto, así como de los diferentes objetivos principales. Además, se tomó la decisión final de realizar el documento en español.

A continuación, en la Tabla A.3 se detallan las diferentes HU incluidas en el PB. Por otro lado, en la Tabla A.4 se presentan las HU trasladadas al SB, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.3: PB del Sprint 2

ID	Tarea	Peso
TSGM-2	Seguir aprendiendo sobre el lenguaje <i>TypeScript</i>	3
TSGM-3	Usar librerías Web como <i>Three.js</i> y <i>Chart.js</i>	3

Tabla A.4: SB del Sprint 2

ID	Tarea	Peso
TSGM-2	Seguir aprendiendo sobre el lenguaje <i>TypeScript</i>	3
TSGM-3	Usar librerías Web como <i>Three.js</i> y <i>Chart.js</i>	3

A.4.2. Desarrollo del Sprint

Durante el Sprint se continuó la lectura de los capítulos 2, 3 y 4 del libro de *TypeScript* [17]. Además, se tuvo el primer contacto con las diferentes librerías Web como *Three.js* para visualizaciones en 3D y *Chart.js* para visualizar datos en forma de gráficas. Se llegó a realizar una pequeña demo para comprender mejor el funcionamiento de estas mismas librerías empleando las guías oficiales [102] y [16].

A.4.3. Revisión del Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual se compartió con el tutor FAM la demo realizada en el Sprint, así como los diferentes aprendizajes obtenidos. Además, se hizo una recapitulación de los distintos Sprints realizados hasta ese momento.

A.4.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.2, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha coincidido con la planificación inicial.

A.5. Sprint 3

Este Sprint tiene comienzo el **3 de noviembre de 2023** con una duración de 4 semanas. Su objetivo principal era empezar el documento realizando el primer capítulo de la misma. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

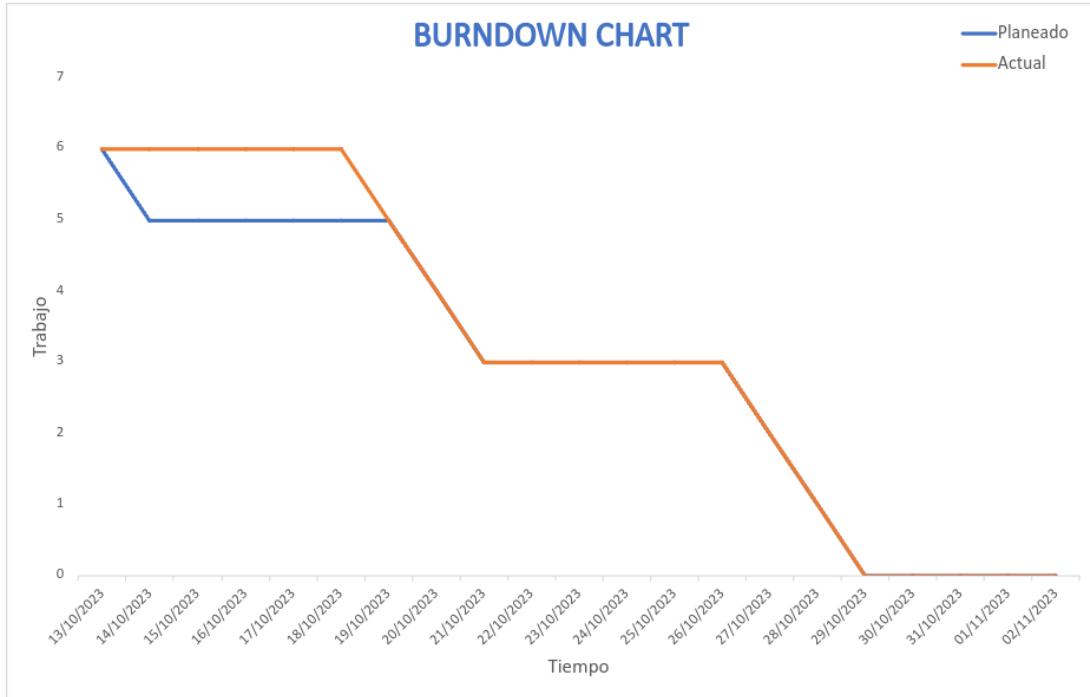


Figura A.2: BC del Sprint 2

A.5.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se realizó el anteproyecto. Además, se dio un repaso a los distintos capítulos que debería tener el documento del proyecto.

A continuación, en la Tabla A.5 se detallan las diferentes HU incluidas en el PB. Por otro lado, en la Tabla A.6 se presentan las HU trasladadas al SB, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.5: PB del Sprint 3

ID	Tarea	Peso
TSGM-4	Empezar anexo 1 sobre Sprints	3
TSGM-5	Realizar capítulo de introducción	5
TSGM-6	Realizar capítulo de estado de arte	7
TSGM-7	Realizar capítulo de propuesta de solución	7
TSGM-8	Empezar capítulo de resultados	3
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5

Tabla A.6: **SB** del Sprint 3

ID	Tarea	Peso
TSGM-4	Empezar anexo 1 sobre Sprints	3
TSGM-5	Realizar capítulo de introducción	5

A.5.2. Desarrollo del Sprint

Durante el Sprint se empezó y finalizó el capítulo 1 del documento. Además, también se comenzó a realizar el primer anexo, el cual consiste en el resumen de los diferentes Sprints que tuvieron lugar durante la realización del proyecto.

A.5.3. Revisión del Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual se conoció al segundo tutor del proyecto JEGN y, por lo tanto, se hizo la recapitulación de todo el trabajo realizado para que estuviera al día.

A.5.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el **BC** en la Figura A.3, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha coincidido con la planificación inicial con algunas variaciones de tiempo.

A.6. Sprint 4

Este Sprint tiene comienzo el **1 de diciembre de 2023** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era seguir progresando con el documento, realizando el segundo capítulo de la misma. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.6.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se pusieron las nuevas tareas para el siguiente Sprint, las cuales tratan principalmente de realizar el capítulo 2 del documento y la adicción del siguiente Sprint al anexo. También, se habló sobre la importancia del concepto de usabilidad, el cual tiene que estar presente en todo momento durante el proyecto, lo que supone hablar sobre él en el capítulo 2 del estado de arte. Además, se tomó la decisión que el Sprint duraría tan solo dos semanas para no

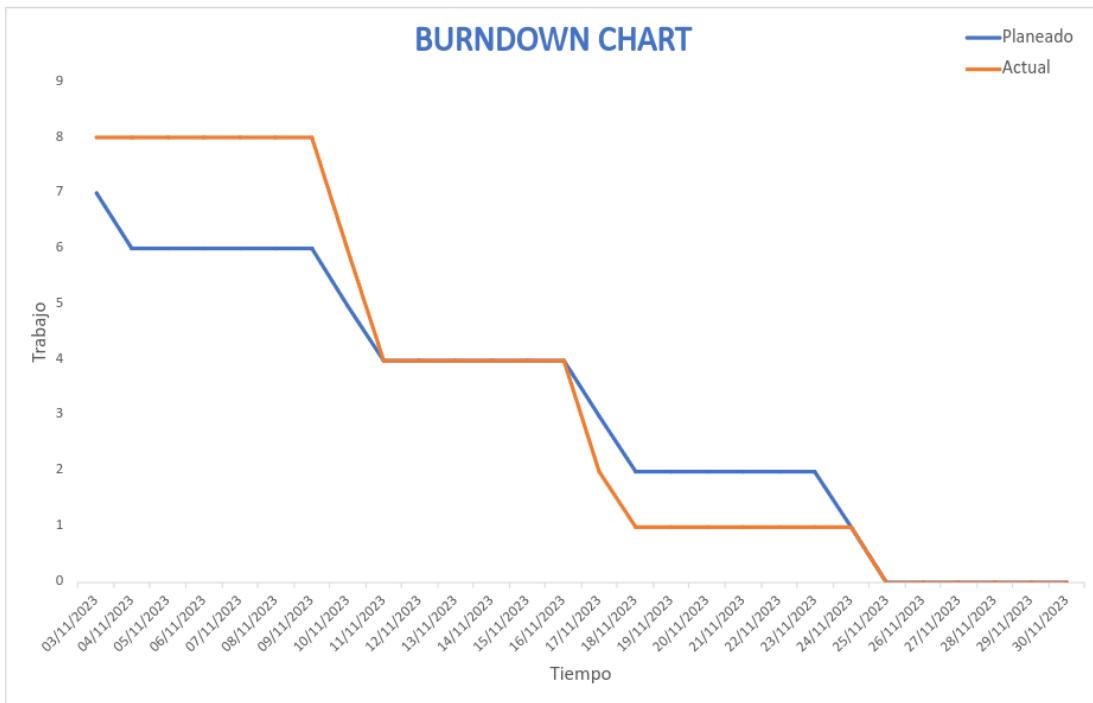


Figura A.3: BC del Sprint 3

posponer la siguiente reunión después de fiestas, lo que supondría un Sprint de más de un mes de duración.

A continuación, en la Tabla A.7 se detallan las diferentes HU incluidas en el PB. Por otro lado, en la Tabla A.8 se presentan las HU trasladadas al SB, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.7: PB del Sprint 4

ID	Tarea	Peso
TSGM-6	Realizar capítulo de estado de arte	7
TSGM-7	Realizar capítulo de propuesta de solución	7
TSGM-8	Empezar capítulo de resultados	3
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-11	Completar información de Sprints previos	3
TSGM-12	Añadir siguiente Sprint en anexo	1
TSGM-13	Compartir trabajo realizado a tutores	1
TSGM-14	Crear organización en GitHub	1

ID	Tarea	Peso
TSGM-15	Configurar <i>GitHub Project</i> para la gestión de Sprints	1

Tabla A.8: **SB** del Sprint 4

ID	Tarea	Peso
TSGM-6	Realizar capítulo del estado del arte	7
TSGM-11	Completar información de Sprints previos	3
TSGM-12	Añadir siguiente Sprint en anexo	1
TSGM-13	Compartir trabajo realizado a tutores	1
TSGM-14	Crear organización en <i>GitHub</i>	1
TSGM-15	Configurar <i>GitHub Project</i> para la gestión de Sprints	1

A.6.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se fueron realizando las diferentes tareas. Se decidió primero crear la organización en la plataforma *GitHub*, en la cual son creados los repositorios donde se guarda el código fuente del proyecto. También, se empezó a usar la herramienta de *GitHub Projects* de la misma plataforma para gestionar mejor la metodología de Scrum. Sin embargo, se tuvieron problemas para hacer esto último, ya que no se encontraba la manera de crear el **BC**, por lo que se decidió posponer la tarea para el siguiente Sprint y de esta forma poner más foco en progresar el documento.

A parte de lo mencionado y de compartir el documento a los tutores para que pudieran ver el progreso de esta misma. Se empezó a realizar el capítulo 2 del documento, el cual trata sobre el estado del arte. Por último, también se siguió completando el anexo de los Sprints.

A.6.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual el tutor FAM dio el consejo de realizar el documento en tercera persona, además de buscar ser más literario a la hora de explicar los diferentes puntos.

Por otro lado, también se discutió la manera correcta de organizar el anexo de los Sprints, en el cual de cada Sprint se debe detallar por separado cada una de sus fases: planificación, desarrollo, revisión y retrospectiva. Además, se puso gran énfasis en la manera correcta de describir las

diferentes **HU**. Las cuales deben tener un determinado identificador, peso y un nombre que implique acción.

A.6.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el **BC** en la Figura A.4, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido por delante del planificado inicialmente. Además, se puede observar que no se llegó a quemar todo el peso de las **HU** debido al problema con la configuración del **BC**.

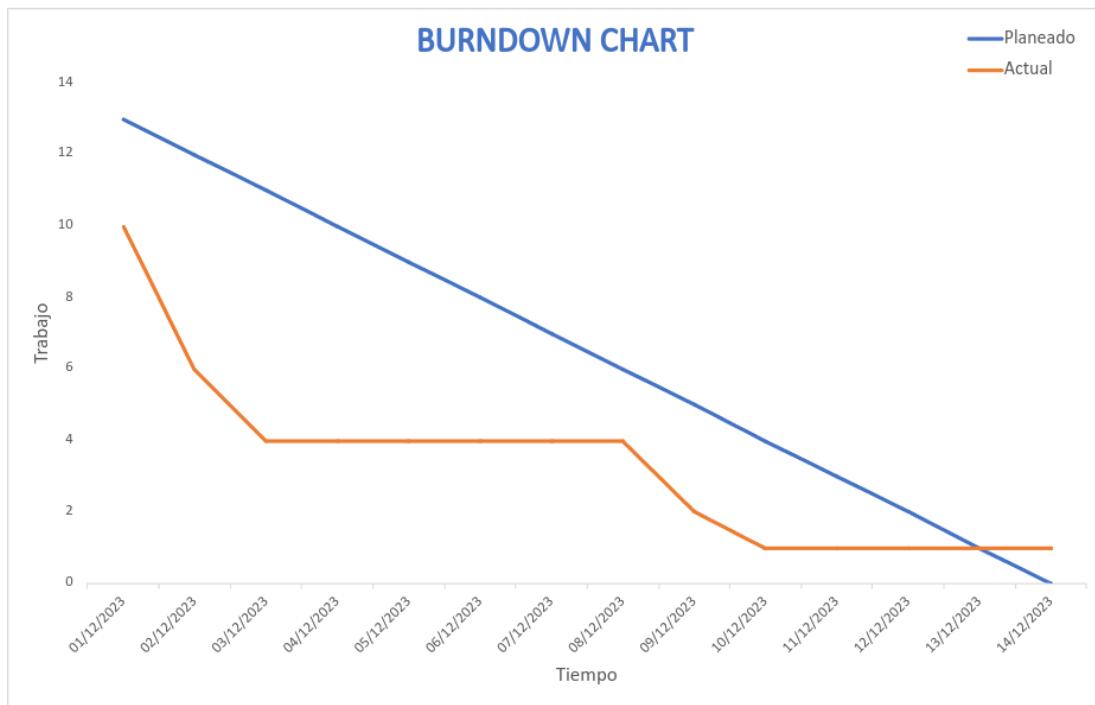


Figura A.4: BC del Sprint 4

A.7. Sprint 5

Este Sprint tiene comienzo el **15 de diciembre de 2023** con una duración de 5 semanas. Su objetivo principal era finalizar el segundo capítulo del documento. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.7.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se decidió que en el siguiente Sprint se terminaría de refinar tanto el capítulo 2 como el anexo de los Sprints, este último teniendo en cuenta lo hablado durante la reunión de revisión del anterior Sprint. Además, se empezó a discutir que en la siguiente reunión se podría realizar la primera entrevista con los stakeholders del proyecto.

A continuación, en la Tabla A.9 se detallan las diferentes **HU** incluidas en el **PB**. Por otro lado, en la Tabla A.10 se presentan las **HU** trasladadas al **SB**, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.9: **PB** del Sprint 5

ID	Tarea	Peso
TSGM-7	Realizar capítulo de propuesta de solución	7
TSGM-8	Empezar capítulo de resultado	3
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-15	Configurar <i>GitHub Project</i> para la gestión de Sprints	1
TSGM-16	Refinar anexo Sprints	3
TSGM-17	Usar plantilla <i>markdown</i>	3
TSGM-18	Finalizar capítulo de estado de arte	3
TSGM-19	Añadir siguiente Sprint en anexo	1

Tabla A.10: **SB** del Sprint 5

ID	Tarea	Peso
TSGM-16	Refinar anexo Sprints	3
TSGM-17	Usar plantilla <i>markdown</i>	3
TSGM-18	Finalizar capítulo de estado de arte	5
TSGM-19	Añadir siguiente Sprint en anexo	1

A.7.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se realizaron las diferentes tareas planteadas en la reunión de planificación. Es decir, se acabó el capítulo del estado del arte y se mejoró el anexo de los Sprints. Además, se empezó a usar la plantilla de *markdown* proporcionada por el tutor FAM.

Durante el uso de dicha plantilla apareció un problema, el cual consistía en que no se encontraba el makefile correspondiente al ejecutar el comando `sudo make docker`. Esto se consiguió solucionarlo cambiando “PWD” a “shell pwd” en la línea 24 del *makefile*. El archivo *makefile* previo al cambio se puede ver en el Listado A.1, mientras que en el Listado A.2 se puede ver el cambio realizado.

Listado A.1: Archivo makefile antes del cambio

```

20 tfg: deleteContainer
21     @echo "*****"
22     @echo "Compilando Trabajo Final de Grado"
23     @echo "*****"
24     -docker run -v "$(shell pwd)/templateAPP":/home/tfgii/templateAPP --name
25         ↘ tfgii felix.albertos/tfgii
26 deleteContainer:
27     @echo "*****"
28     @echo "Borrando contenedor"
29     @echo "*****"
30     -docker rm tfgii

```

Listado A.2: Archivo makefile después del cambio

```

20 tfg: deleteContainer
21     @echo "*****"
22     @echo "Compilando Trabajo Final de Grado"
23     @echo "*****"
24     -docker run -v "$(PWD)/templateAPP":/home/tfgii/templateAPP --name tfgii
25         ↘ felix.albertos/tfgii
26 deleteContainer:
27     @echo "*****"
28     @echo "Borrando contenedor"
29     @echo "*****"
30     -docker rm tfgii

```

A.7.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual los tutores dieron algunos comentarios sobre el documento, poniendo especial atención en la escritura y el formato de la

misma. Además, el tutor JEGN dio el consejo de añadir los diferentes **PB** en el anexo de Sprints con el objetivo de dar un mejor contexto a las **HU** que se seleccionan.

Por otro lado, se discutió la forma de realizar el **BC** utilizando la herramienta *GitHub Projects*, ya que está estaba dando problemas para crear dicho gráfico. Al final, se llegó a la conclusión de hacer el *burnup chart* en vez del **BC** para no perder más tiempo con esta tarea.

Finalmente, se acordó modificar el enfoque del proyecto, pasando de diagnosticar la depresión a diagnosticar la fibromialgia.

A.7.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el **BC** en la Figura A.5, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido ligeramente por detrás del planificado inicialmente. Sin embargo, a pesar de esta variación, se logra completar el trabajo dentro del plazo establecido.

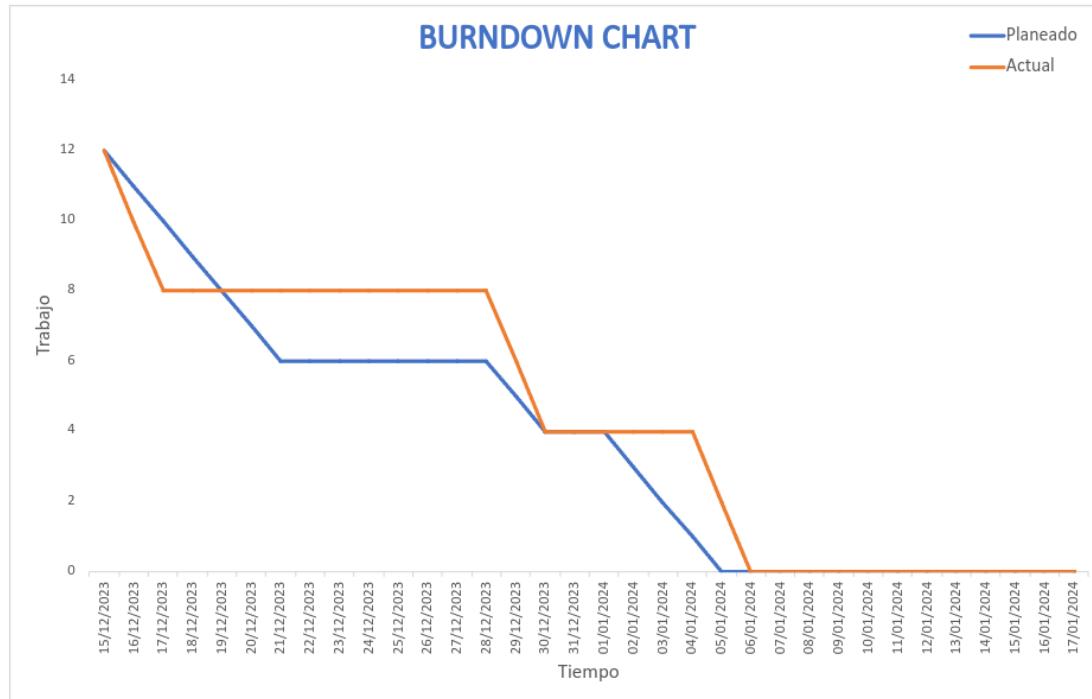


Figura A.5: **BC** del Sprint 5

A.8. Sprint 6

Este Sprint tiene comienzo el **19 de enero de 2024** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era realizar el capítulo 3 del documento. A continuación, se detallan las diferentes fases

del Sprint.

A.8.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se planificaron las tareas a realizar durante el siguiente Sprint, acordando realizar el capítulo de propuesta de solución, así como realizar las mejoras al documento según la revisión realizada anteriormente. Además, se discutió sobre una posible entrevista con Cristina para la siguiente reunión.

A continuación, en la Tabla A.11 se detallan las diferentes **HU** incluidas en el **PB**. Por otro lado, en la Tabla A.12 se presentan las **HU** trasladadas al **SB**, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.11: **PB** del Sprint 6

ID	Tarea	Peso
TSGM-7	Realizar capítulo de propuesta de solución	7
TSGM-8	Empezar capítulo de resultado	3
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-15	Configurar <i>GitHub Project</i> para la gestión de Sprints	1 > 3
TSGM-20	Realizar cambios según revisión	5
TSGM-21	Crear el repositorio para el documento	1
TSGM-22	Añadir el PB en el anexo de Sprints	3
TSGM-23	Ver que técnicas usar según test usuarios	5
TSGM-24	Preparar entrevista con Cristina	5
TSGM-25	Crear el burndown chart en <i>Excel</i>	5
TSGM-26	Añadir siguiente Sprint en anexo	1

Tabla A.12: **SB** del Sprint 6

ID	Tarea	Peso
TSGM-7	Realizar capítulo de propuesta de solución	7
TSGM-15	Configurar <i>GitHub Project</i> para la gestión de Sprints	3
TSGM-20	Realizar cambios según revisión	5
TSGM-21	Crear el repositorio para el documento	1
TSGM-22	Añadir el PB en el anexo de Sprints	3

ID	Tarea	Peso
TSGM-23	Ver que técnicas usar según test usuarios	5
TSGM-24	Preparar entrevista con Cristina	5
TSGM-25	Crear el BC en Excel	5
TSGM-26	Añadir siguiente Sprint en anexo	1

A.8.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se llevaron a cabo las diversas **HU** planificadas en el **SB**, incluyendo los cambios propuestos en la última reunión de revisión y la redacción del capítulo de propuesta de solución, entre otras tareas detalladas en la Tabla A.12.

Es importante destacar que, en este período, se configuró finalmente el proyecto dentro de *GitHub Project*, incorporando todas las **HU** realizadas hasta ese momento. Además, se tomó la decisión definitiva de elaborar el **BC** utilizando la herramienta de *Excel* proporcionada por *Microsoft*. Esta elección se debió a las dificultades encontradas al intentar crear el gráfico mediante *GitHub Project*. Con el uso de *Excel*, se logró crear una plantilla siguiendo los pasos que explica Swan [101].

A.8.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual el tutor FAM proporcionó algunos consejos generales para la mejora del documento. Además, se revisó el capítulo 3 realizado durante el Sprint, del cual se comentó algunas posibles mejoras en específico sobre la estructura del capítulo.

A.8.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el **BC** en la Figura A.6, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha coincidido con la planificación inicial. Sin embargo, esto se pierde a mitad de Sprint cuando el progreso de trabajo realizado se empieza a quedar por detrás del planificado, dejando al final la **HU** TSGM-24 sin realizar.

A.9. Sprint 7

Este Sprint tiene comienzo el **2 de febrero de 2024** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era la realización de un **MVP** de una aplicación Web funcional. A continuación, se

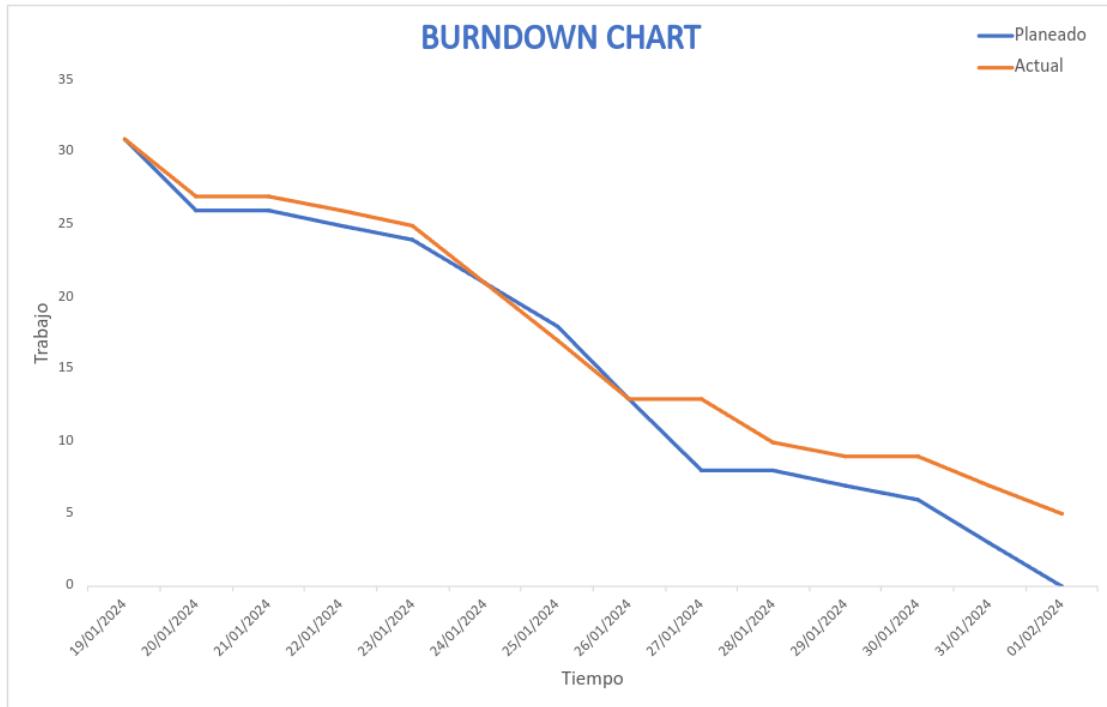


Figura A.6: BC del Sprint 6

detallan las diferentes fases del Sprint.

A.9.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se decidió que durante el siguiente Sprint se revisaría el capítulo 2.3 con el fin de profundizar más en las diferentes técnicas de visualización de datos, así como la inclusión de imágenes. También, se planteó la realización de un primer **MVP**, el cual debe consistiría en una aplicación Web funcional que utilice todas las operaciones **CRUD** y con una arquitectura **MVC**. Finalmente, también se habló de realizar la entrevista con Cristina durante el Sprint, así como las respectivas mejoras según la reunión de revisión previamente realizada.

A continuación, en la Tabla A.13 se detallan las diferentes **HU** incluidas en el **PB**. Por otro lado, en la Tabla A.14 se presentan las **HU** trasladadas al **SB**, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.13: PB del Sprint 7

ID	Tarea	Peso
TSGM-8	Empezar capítulo de resultado	3

ID	Tarea	Peso
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-23	Ver que técnicas usar según test usuarios	5
TSGM-24	Realizar cambios según revisión	1
TSGM-25	Completar estructura del documento	1
TSGM-26	Mejorar estructura del capítulo 3	3
TSGM-27	Revisitar capítulo 2.3	5
TSGM-28	Hacer MVP de aplicación Web funcional	11
TSGM-29	Realizar la entrevista con stakeholders	5
TSGM-30	Empezar nuevo anexo sobre entrevistas	3
TSGM-31	Añadir siguiente Sprint en anexo	1

Tabla A.14: **SB** del Sprint 7

ID	Tarea	Peso
TSGM-24	Realizar cambios según revisión	1
TSGM-25	Completar estructura del documento	1
TSGM-26	Mejorar estructura del capítulo 3	3
TSGM-27	Revisitar capítulo 2.3	5
TSGM-28	Hacer MVP de aplicación Web funcional	11
TSGM-29	Realizar la entrevista con stakeholders	5
TSGM-30	Empezar nuevo anexo sobre entrevistas	3
TSGM-31	Añadir siguiente Sprint en anexo	1

A.9.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se inició con la revisión y aplicación de los cambios sugeridos en el documento, basándose en la retroalimentación recibida durante el Sprint anterior. Posteriormente, se procedió a revisar y reescribir detalladamente el capítulo 2.3 con el objetivo de mejorar su claridad y comprensión de las técnicas de visualización de datos, complementando la explicación con imágenes ilustrativas.

Una vez completadas las tareas relacionadas con el documento, se dio inicio al desarrollo de un **MVP** para la aplicación Web. Este **MVP** se construyó utilizando el stack *MERN* junto con

TypeScript, como tecnología principal. Se optó por una arquitectura **MVC** para organizar el código de manera eficiente.

Para simplificar la gestión de la base de datos durante el proceso de desarrollo se empleó MongoDB Compass, una herramienta que facilita la administración de datos de manera local. Sin embargo, el objetivo a largo plazo es migrar esta base de datos a la nube utilizando *MongoDB Atlas*.

El resultado final del **MVP** se presenta en la Figura A.7, mientras que la estructura de la base de datos en MongoDB Compass se muestra en la Figura A.8.

Finalmente, durante el Sprint se llevó a cabo una entrevista con los stakeholders, Cristina y Manuel. Los detalles y conclusiones de esta reunión se encuentran detallados en el anexo B.

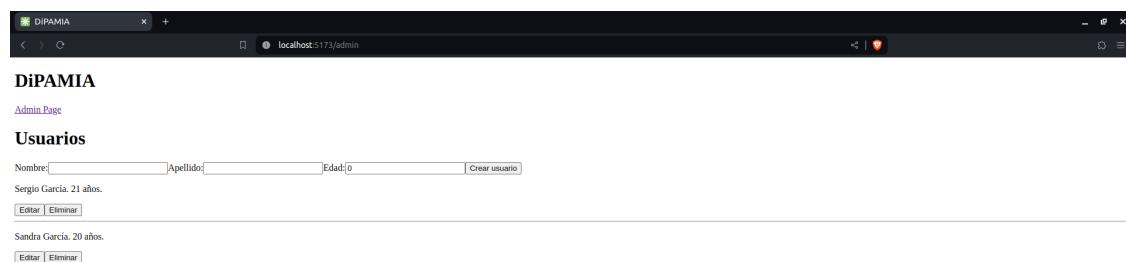


Figura A.7: **MVP** desarrollado durante el Sprint 7

_id	name	surname	age
65d86459e27937737ce599c	Sergio	Garcia	21
65d86469e27937737ce599d	Sandra	Garcia	20

Figura A.8: **BD** del **MVP** en la herramienta MongoDB Compass

A.9.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual los tutores proporcionaron valiosos consejos para mejorar el formato del documento. Específicamente, el tutor JEGN sugirió aumentar el tamaño de las imágenes y reducir el uso de negritas, especialmente en el capítulo 2.3.

Por otra parte, el tutor FAM destacó la importancia de incluir la fecha de último acceso en las páginas Web, aunque señaló que esto debe hacerse manualmente debido a ciertos inconvenientes con la plantilla utilizada. También, recomendó cambiar el título del primer anexo “Resumen de Sprints” por “Desarrollo del Sistema”, donde se añadirán capturas de pantalla de la evolución del **MVP**.

Además, se presentó el **MVP** desarrollado durante el Sprint a los tutores. Finalmente, al final de la reunión se llevó a cabo una revisión general de los puntos clave discutidos durante la entrevista realizada.

A.9.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el **BC** en la Figura A.9, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido ligeramente por detrás del planificado inicialmente. Dejando sin hacer las **HU** TSGM-30 y la TSGM-31.

A.10. Sprint 8

Este Sprint tiene comienzo el **16 de febrero de 2024** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era la mejora del documento y creación del prototipo de la aplicación Web. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.10.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se discutieron diversas **HU** a abordar durante el Sprint. Estas **HU** se centran principalmente en la optimización del documento, abordando mejoras en su formato y la inclusión de una explicación detallada del paradigma cliente-servidor. Además, se propuso la tarea de continuar perfeccionando el **MVP** y respaldar su desarrollo con una serie de prototipos y diagramas.

A continuación, en la Tabla A.15 se detallan las diferentes **HU** incluidas en el **PB**. Por otro lado, en la Tabla A.16 se presentan las **HU** trasladadas al **SB**, indicando así su planificación para ser

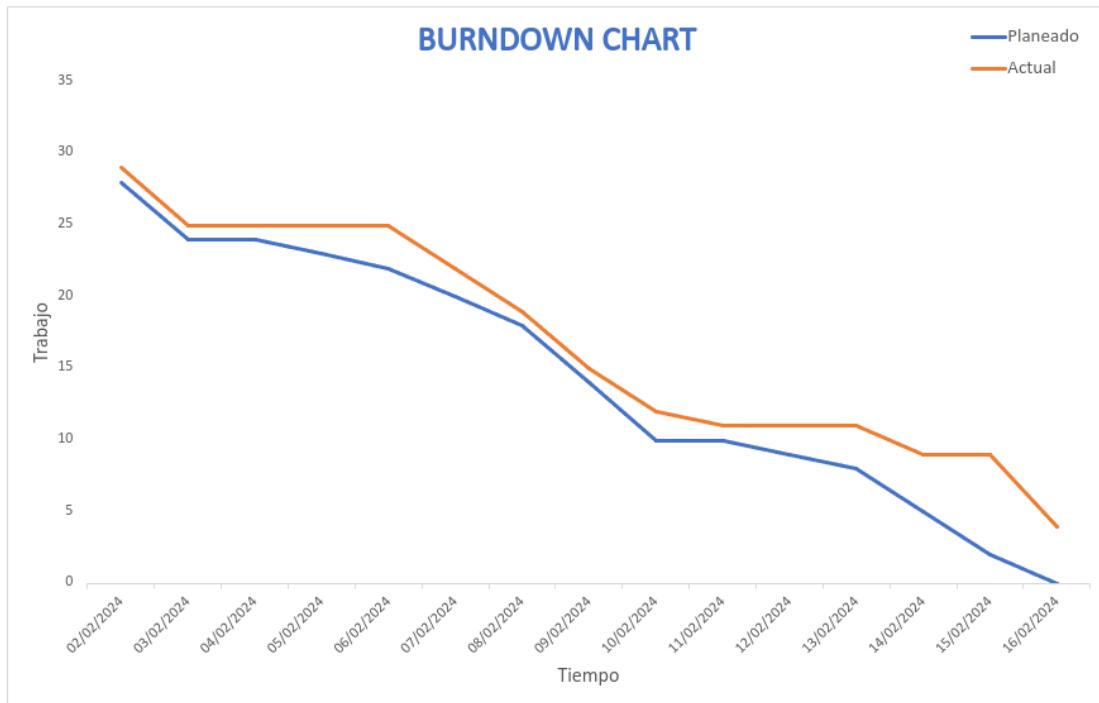


Figura A.9: BC del Sprint 7

ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.15: PB del Sprint 8

ID	Tarea	Peso
TSGM-8	Empezar capítulo de resultado	3
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-23	Ver que técnicas usar según test usuarios	5
TSGM-30	Empezar nuevo anexo sobre entrevistas	3
TSGM-31	Añadir siguiente Sprint en anexo	1
TSGM-32	Mejorar formato de documento según revisión	1
TSGM-33	Revisitar capítulo 2.4	1
TSGM-34	Añadir explicación de AJAX	1
TSGM-35	Introducir a los stakeholders en el anexo 1	1
TSGM-36	Añadir el último acceso en la bibliografía	1
TSGM-37	Añadir siguiente Sprint en anexo	1
TSGM-38	Realizar diagramas de la aplicación Web	7

ID	Tarea	Peso
TSGM-39	Realizar prototipo de la aplicación Web	5
TSGM-40	Mejorar el MVP	11

Tabla A.16: SB del Sprint 8

ID	Tarea	Peso
TSGM-23	Ver que técnicas usar según test usuarios	5
TSGM-30	Empezar nuevo anexo sobre entrevistas	3
TSGM-31	Añadir siguiente Sprint en anexo	1
TSGM-32	Mejorar formato de documento según revisión	1
TSGM-33	Revisitar capítulo 2.4	1
TSGM-34	Añadir explicación de AJAX	1
TSGM-35	Introducir a los stakeholders en el anexo 1	1
TSGM-36	Añadir el último acceso en la bibliografía	1
TSGM-37	Añadir siguiente Sprint en anexo	1
TSGM-38	Realizar diagramas de la aplicación Web	7
TSGM-39	Realizar prototipo de la aplicación Web	5
TSGM-40	Mejorar el MVP	11

A.10.2. Desarrollo de Sprint

Durante este Sprint se avanzó continuamente en el progreso del **MVP**, logrando la implementación de una funcionalidad fundamental: el inicio de sesión con gestión de roles para administradores y médicos. Además, se implementó una encriptación de contraseñas en la base de datos.

También, se desarrolló las páginas de gestión, las cuales abarcan administradores, médicos, pacientes y pruebas, permitiendo tanto la consulta como la creación, edición y eliminación de estos elementos. Sin embargo, el enfoque principal seguía siendo la funcionalidad sobre el diseño, razón por la cual el **CSS** no se llegó a implementar en este periodo.

En la Figura A.10 se muestra la lista de pacientes dentro de la aplicación Web, mientras que en la Figura A.11 se presenta el menú para añadir un nuevo paciente. Es importante destacar que este mismo diseño se aplica a los diferentes roles y elementos de la aplicación Web.

Por otro lado, se elaboraron diversos diagramas para la aplicación Web, incluyendo diagramas

DIPAMIA

Atrás | Cerrar Sesión

Pacientes

Añadir usuario

Alice Smith

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

Bob Johnson

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

Catherine Brown

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

David Martinez

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

Emily Jones

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

localhost:5173/app/pacientes

Figura A.10: Lista de pacientes del MVP

DIPAMIA

Atrás | Cerrar Sesión

Pacientes

Añadir usuario [X]

Nombre: [] Apellidos: [] Fecha de nacimiento: [dd/mm/yyyy] Dirección: [] Email: [] Teléfono: [] Añadir

Cancelar

Alice Smith

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

Bob Johnson

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

Catherine Brown

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

David Martinez

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

Emily Jones

[Consultar | Editar | Eliminar usuario | Pruebas]

localhost:5173/app/pacientes

Figura A.11: Menú de creación de paciente del MVP

de casos de uso, de despliegue, de clases, de base de datos, de secuencia de inicio de sesión y de secuencia de creación de paciente, así como un diagrama de actividad para crear una prueba.

Además, se diseñó un prototipo no funcional que representa las diferentes páginas y ventanas que podría tener la aplicación Web. También se exploraron diferentes técnicas de visualización de datos y se realizaron diseños específicos al respecto.

Finalmente, se continuó mejorando la memoria del proyecto según los comentarios recibidos por parte de los tutores durante la última reunión de revisión.

A.10.3. Revisión Sprint

Tras finalizar el desarrollo del Sprint, se llevó a cabo la reunión de revisión, en la cual se presentó todo el progreso realizado al tutor FAM. Durante esta reunión se recibieron diversos comentarios para mejorar la memoria, haciendo hincapié en la necesidad de proporcionar explicaciones detalladas sobre los diagramas y prototipos desarrollados. Además, se recibieron opiniones sobre el diseño del prototipo, junto con consejos para su mejora.

A.10.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.12, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido ligeramente por delante del planificado inicialmente. Sin embargo, al final se dejó sin realizar la HU TSGM-37.

A.11. Sprint 9

Este Sprint tiene comienzo el **1 de marzo de 2024** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era la continuidad del progreso del **MVP**. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.11.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se establecieron las diversas tareas a llevar a cabo durante el siguiente Sprint. Principalmente, se acordó continuar avanzando en el desarrollo del **MVP**, así como programar una segunda entrevista con los stakeholders. En la cual, se presentará el prototipo desarrollado durante el Sprint anterior con el fin de abordar las nuevas inquietudes que surgieron tras su elaboración. Además, se propuso documentar detalladamente el trabajo realizado durante el Sprint anterior.

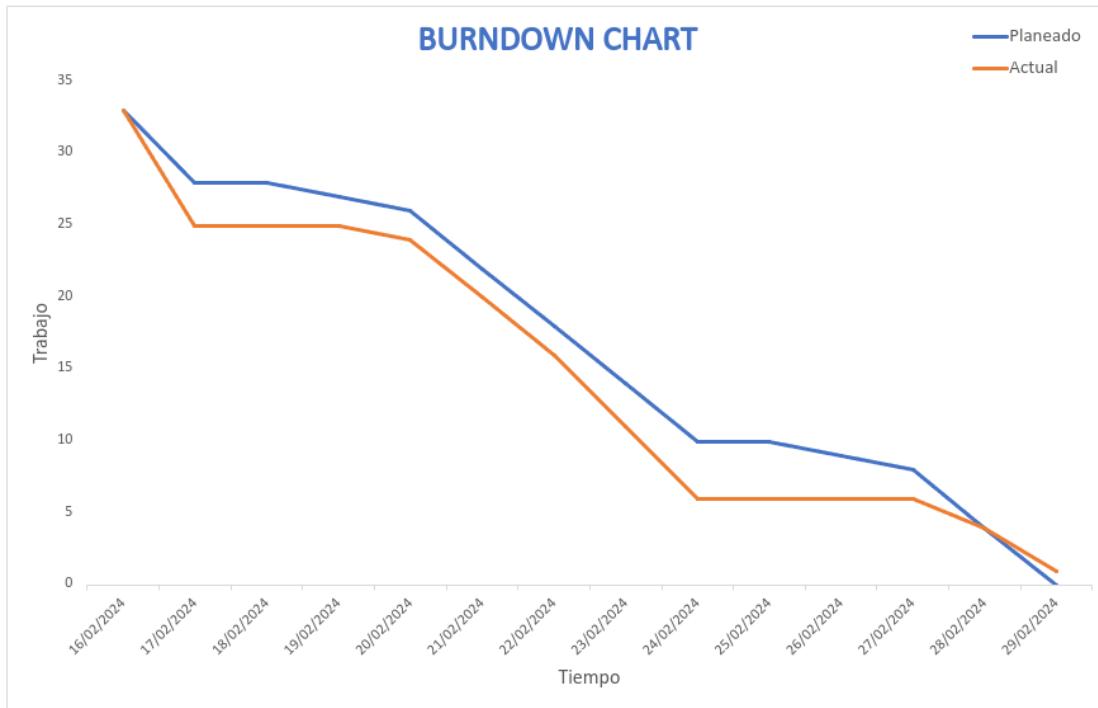


Figura A.12: BC del Sprint 8

A continuación, en la Tabla A.17 se detallan las diferentes HU incluidas en el PB. Por otro lado, en la Tabla A.18 se presentan las HU trasladadas al SB, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.17: PB del Sprint 9

ID	Tarea	Peso
TSGM-8	Empezar capítulo de resultado	3
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-37	Añadir siguiente Sprint en anexo	1
TSGM-41	Realizar cambios en documento según revisión	1
TSGM-42	Revisitar capítulo 2.2	5
TSGM-43	Realizar segunda entrevista	5
TSGM-44	Explicar diagramas	3
TSGM-45	Redactar trabajo realizado sobre prototipos	7
TSGM-46	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-47	Mejorar el MVP	5

ID	Tarea	Peso
TSGM-48	Añadir segunda entrevista en anexo	3
TSGM-49	Realizar prototipo interactivo	7

Tabla A.18: SB del Sprint 9

ID	Tarea	Peso
TSGM-8	Empezar capítulo de resultado	3
TSGM-37	Añadir siguiente Sprint en anexo	1
TSGM-41	Realizar cambios en documento según revisión	1
TSGM-42	Revisitar capítulo 2.2	5
TSGM-43	Realizar segunda entrevista	5
TSGM-44	Explicar diagramas	3
TSGM-45	Redactar trabajo realizado sobre prototipos	3
TSGM-46	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-47	Mejorar el MVP	7
TSGM-48	Añadir segunda entrevista en anexo	3
TSGM-49	Realizar prototipo interactivo	7

A.11.2. Desarrollo de Sprint

Durante este Sprint se llevaron a cabo las tareas asignadas en la reunión de planificación con éxito. Se avanzó significativamente en la redacción del documento, además de completarse la segunda entrevista con los stakeholders. Como resultado, se diseñó un prototipo interactivo basado en los comentarios recibidos durante la última reunión con el tutor FAM y la entrevista realizada.

En lo que respecta a la implementación de la aplicación Web, se introdujeron nuevas funcionalidades destacables. Entre ellas, se destaca el desarrollo de diversas gráficas para la visualización de datos con el uso de datos generados automáticamente. Algunos ejemplos de estas gráficas son el gráfico de líneas y el histograma ilustrados en las Figuras A.13 y A.14, respectivamente. Cabe destacar, que durante el Sprint tomó la decisión de llamar a la aplicación: *DynaViz*.

A.11.3. Revisión Sprint

Tras finalizar el desarrollo del Sprint, se llevó a cabo la reunión de revisión, donde los tutores proporcionaron valiosos comentarios para mejorar el documento. Se hizo hincapié en la necesi-



Figura A.13: Gráfica de líneas del MVP

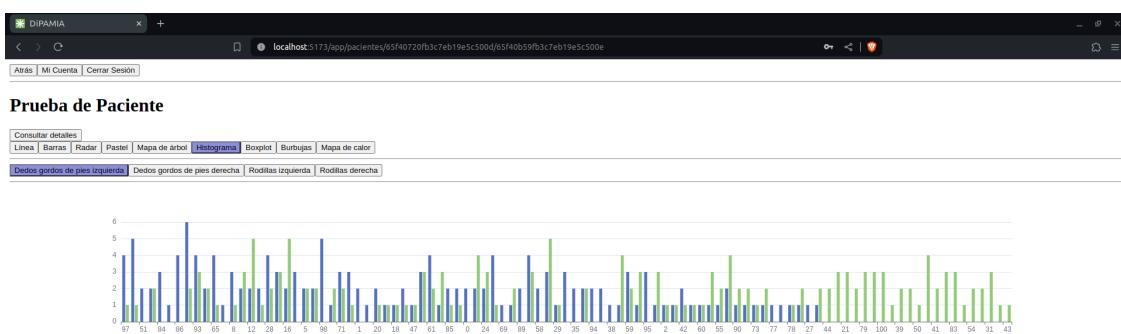


Figura A.14: Histograma del MVP

dad de que los diagramas de secuencia en el estado del arte fueran más explicativos y claros. Asimismo, se sugirió una mejor estructuración de las figuras en el Anexo E para mejorar su comprensión.

Por último, se presentó el prototipo interactivo desarrollado durante el Sprint, resaltando la importancia de la consistencia y la estandarización en toda la aplicación. Se hizo especial énfasis en evitar el uso del color rojo, a menos que indique una acción de peligro para mantener la coherencia visual y evitar confusiones para los usuarios.

A.11.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.15, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido ligeramente por delante del planificado inicialmente. Sin embargo, al final se dejó sin realizar la HU TSGM-46.

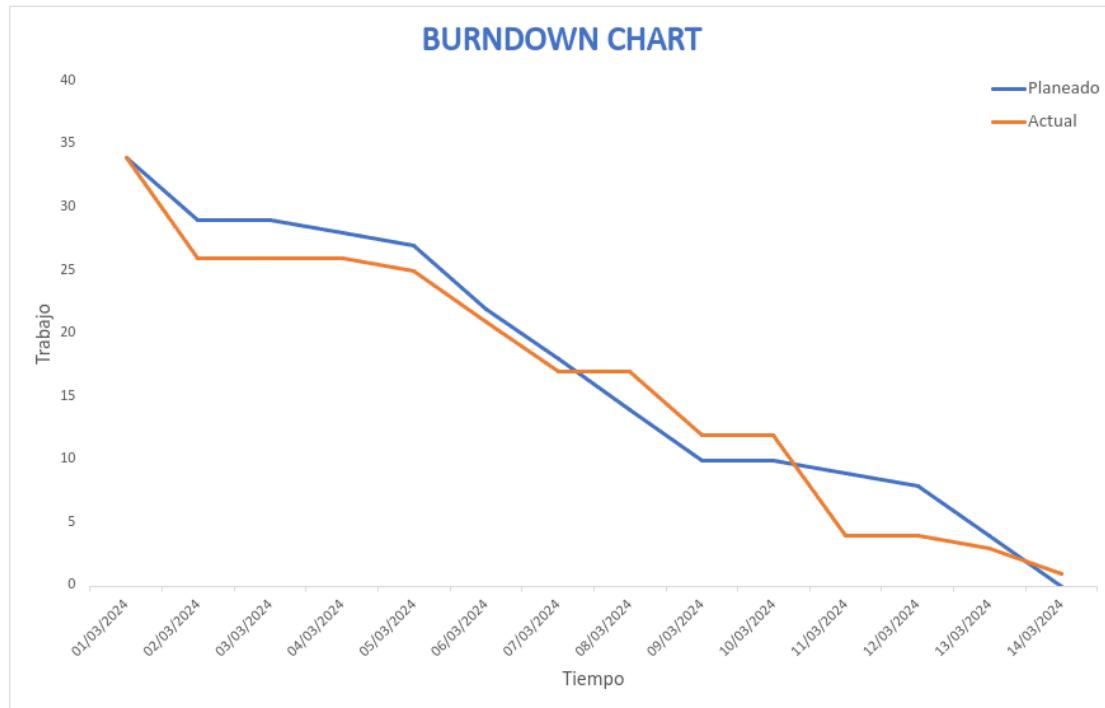


Figura A.15: BC del Sprint 9

A.12. Sprint 10

Este Sprint tiene comienzo el **15 de marzo de 2024** con una duración de 3 semanas. Su objetivo principal era continuar con el desarrollo de la aplicación Web. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.12.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se establecieron las tareas para el próximo Sprint enfocadas principalmente en dos aspectos principales: enriquecer el estado del arte con información relevante sobre la fibromialgia y avanzar en el desarrollo de la aplicación Web. Es crucial destacar que se prioriza la mejora del diseño y la experiencia del usuario, por lo que se debe prestar especial atención al refinamiento del **CSS**.

A continuación, en la Tabla A.19 se detallan las diferentes **HU** incluidas en el **PB**. Por otro lado, en la Tabla A.20 se presentan las **HU** trasladadas al **SB**, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.19: PB del Sprint 10

ID	Tarea	Peso
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-46	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-50	Terminar capítulo de resultado	5
TSGM-51	Añadir fibromialgia a estado de arte	3
TSGM-52	Completar diagramas de secuencia	1
TSGM-53	Revisar figuras de anexo E	3
TSGM-54	Añadir prototipo interactivo en anexo D	3
TSGM-55	Añadir funcionalidades a la aplicación Web	11
TSGM-56	Añadir CSS a la aplicación Web	11
TSGM-57	Añadir siguiente Sprint	1

Tabla A.20: SB del Sprint 10

ID	Tarea	Peso
TSGM-46	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-51	Añadir fibromialgia a estado de arte	3
TSGM-52	Completar diagramas de secuencia	1
TSGM-53	Revisar figuras de anexo E	3
TSGM-54	Añadir prototipo interactivo en anexo D	3
TSGM-55	Añadir funcionalidades a la aplicación Web	11
TSGM-56	Añadir CSS a la aplicación Web	11
TSGM-57	Añadir siguiente Sprint	1

A.12.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se continuó avanzando el desarrollo de la aplicación Web, llegando a conseguir una versión muy avanzada. A continuación, se muestran algunas capturas de pantalla de cómo terminó la aplicación Web al finalizar este Sprint:

- Figura A.16: Inicio de sesión.
- Figura A.17: Pantalla de inicio como administrador.
- Figura A.18: Pantalla de inicio como médico.

- Figura A.19: Lista de pacientes.
- Figura A.20: Detalles de paciente.
- Figura A.21: Nuevo paciente.
- Figura A.22: Lista de pruebas.
- Figura A.23: Nueva prueba.
- Figura A.24: Pantalla de análisis de prueba.
- Figura A.25: Detalles de prueba.

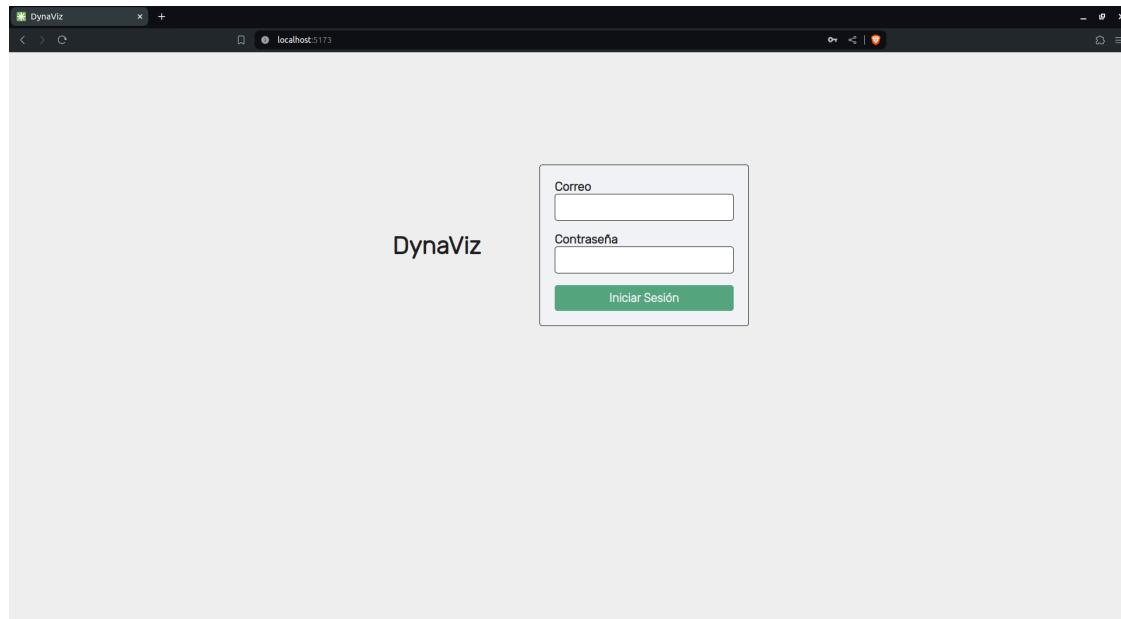


Figura A.16: Inicio de sesión del **MVP**

Cabe destacar que todas estas Figuras se centran en el paciente, ya que los usuarios de administrador y médico tienen sus propias ventanas muy similares a las mostradas previamente.

Además, durante este Sprint también se conectó la aplicación Web a la base de datos *MongoDB Atlas* y se creó un script para autogenerar los datos de los diferentes administradores, médicos y pacientes.

Finalmente, junto con los stakeholders, se optó por modificar la representación de la 'calidad del movimiento' en las gráficas por 'restricción del movimiento', con el objetivo de destacar de manera más clara el problema que el paciente necesita corregir.

A.12.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, donde los tutores proporcionaron retroalimentación sobre la aplicación Web. Entre los puntos mencionados se incluyen sugerencias:

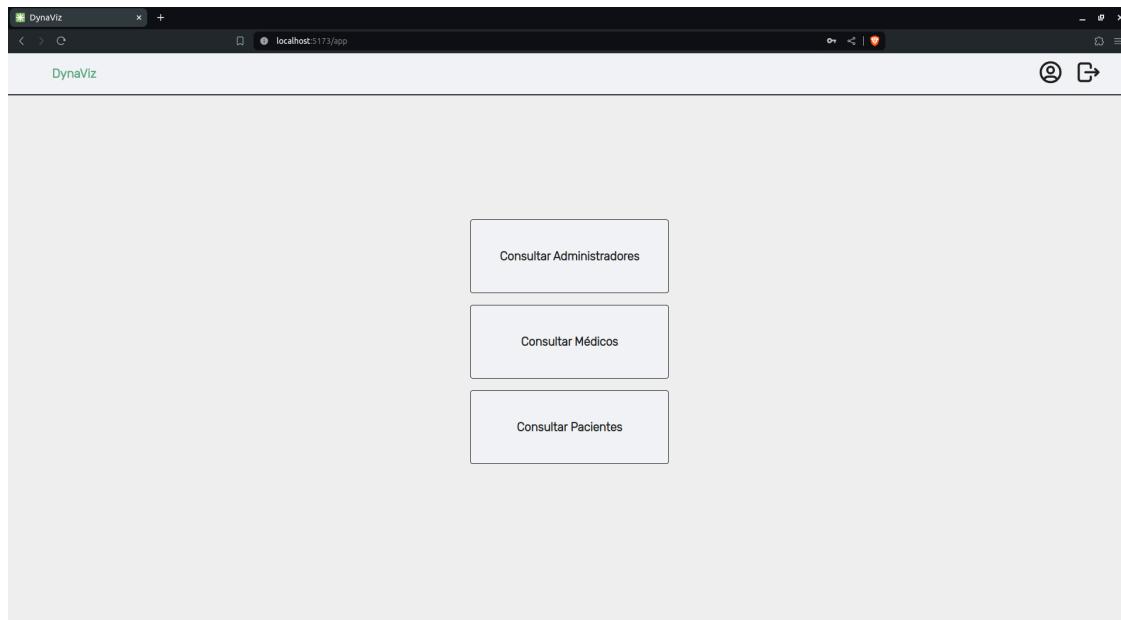


Figura A.17: Ventana de inicio como admin del MVP

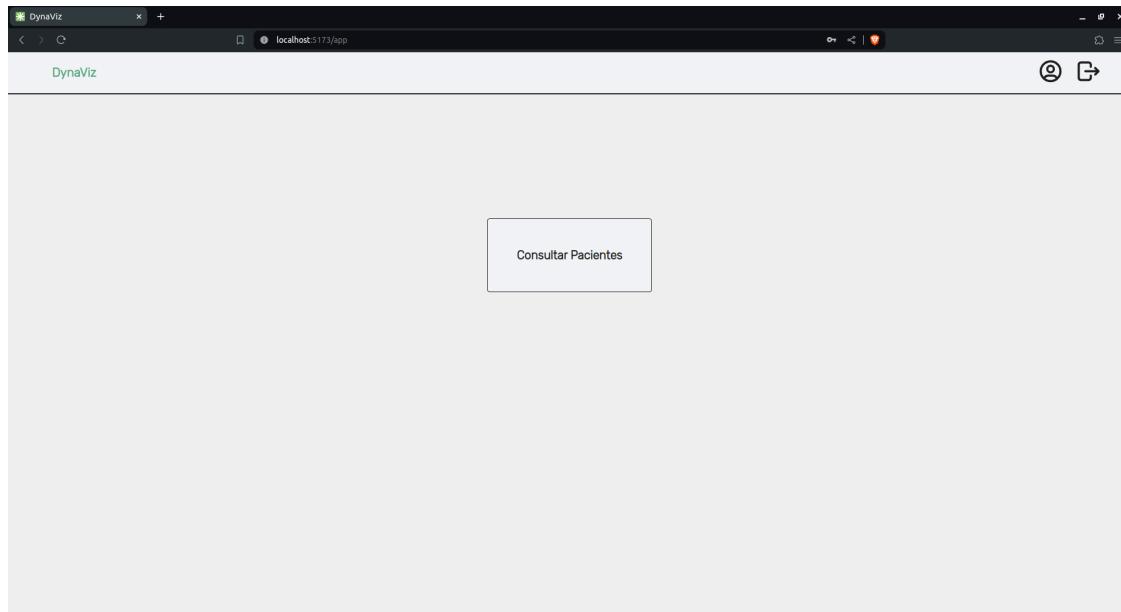


Figura A.18: Ventana de inicio como médico del MVP

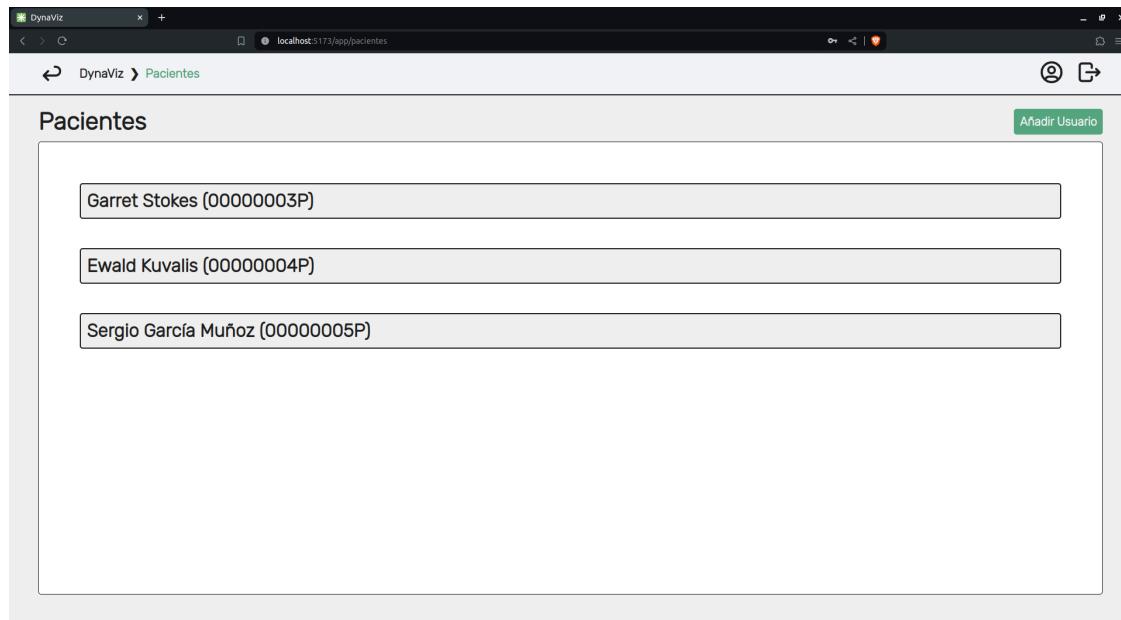


Figura A.19: Lista de pacientes del MVP

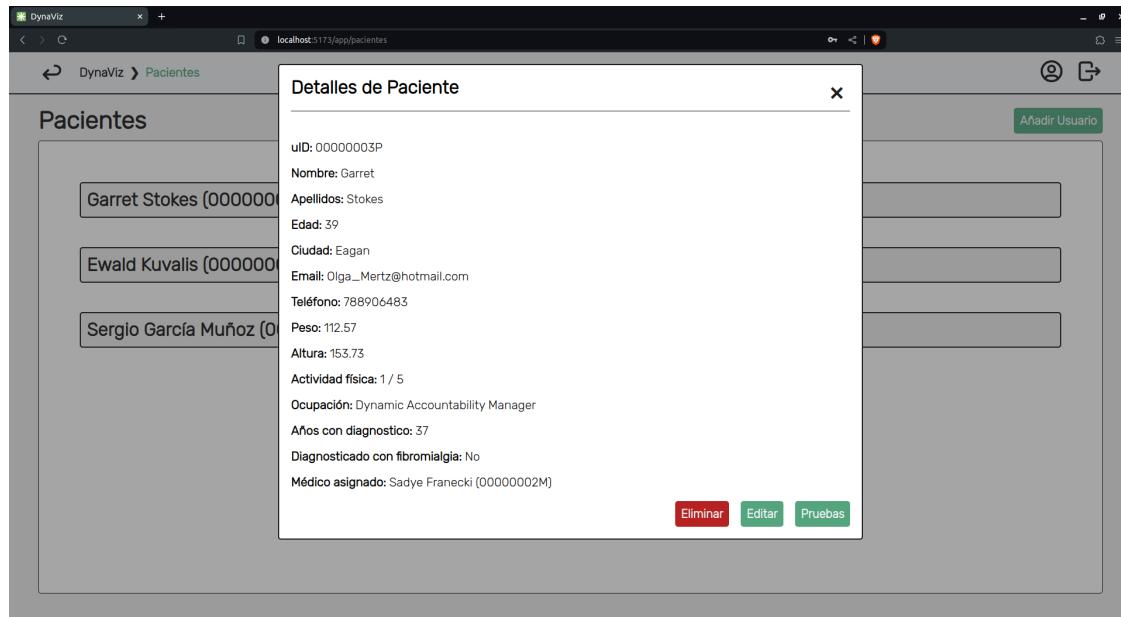


Figura A.20: Detalles de paciente del MVP

Nuevo Paciente

Nombre:

Apellidos:

Edad:

Ciudad:

Email:

Teléfono:

Peso (kg):

Altura (cm):

Ocupación:

Nivel de actividad física: (Slider scale from 1 to 5)

Años con diagnóstico:

Tiene fibromialgia:

Médico:

[Cancelar](#) [Añadir](#)

Figura A.21: Nuevo paciente del MVP

Pruebas de Garret

Médico:	Tipo:	Fecha:
Sadye	Estriramiento asimétrico	2024-04-01
Sadye	Cerrar las piernas juntas	2024-04-01
Sadye	Estriramiento simétrico	2024-04-01

[Añadir Pruebas](#) [Evolución de Paciente](#)

Selecciona un tipo

Selecciona un médico

Selecciona una fecha

Figura A.22: Lista de pruebas del MVP

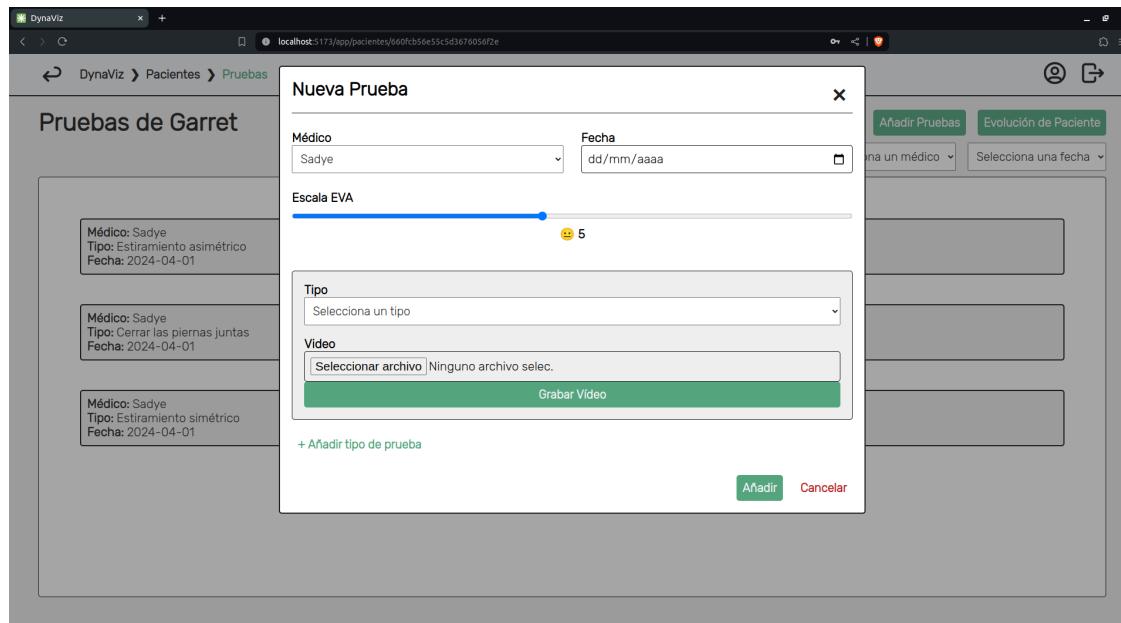


Figura A.23: Nueva prueba del MVP

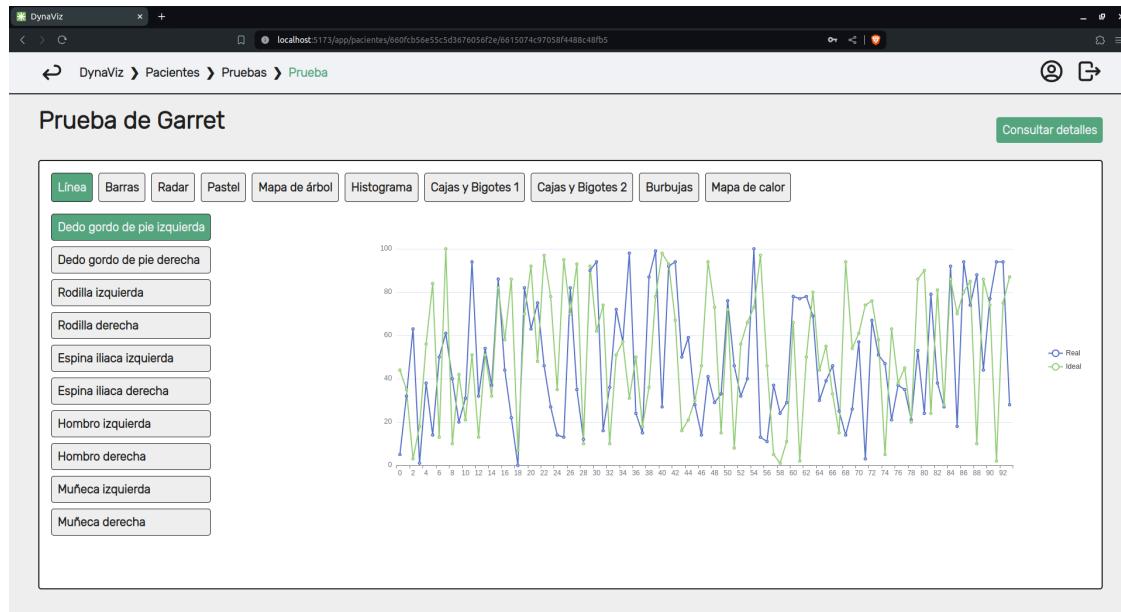


Figura A.24: Análisis de prueba del MVP

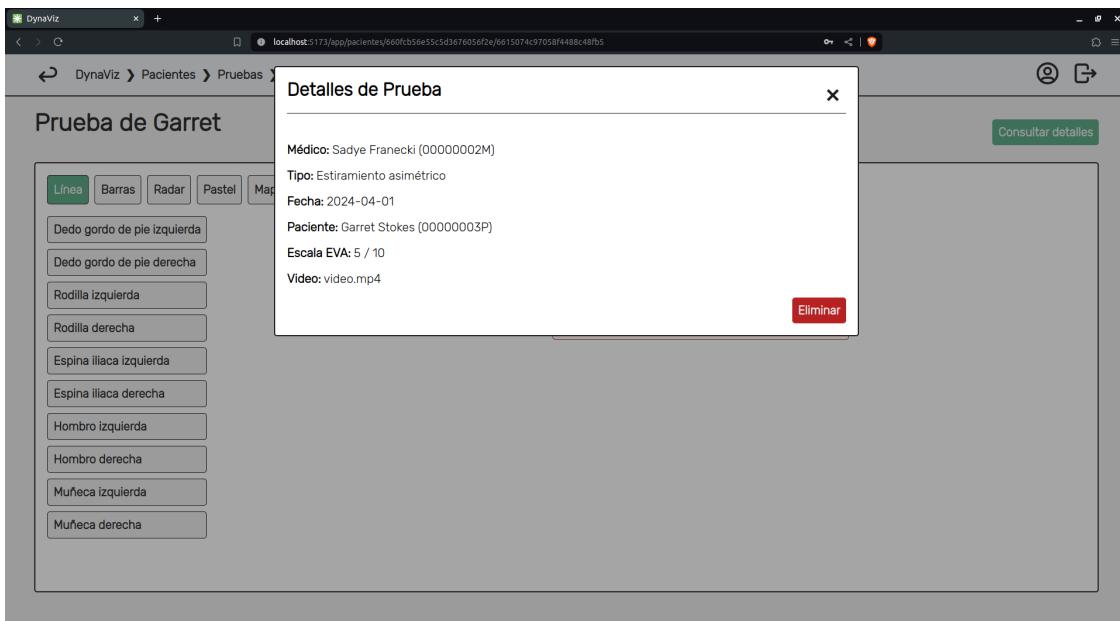


Figura A.25: Detalles de prueba del MVP

cias para mejorar la disposición de algunos elementos con el fin de ofrecer una experiencia de usuario más fluida, la recomendación de seleccionar una paleta de colores más atractiva, y la propuesta de eliminar la pantalla de inicio para el rol de médico si su única función es consultar a los pacientes.

Asimismo, se planteó la idea de crear un logotipo específico para la aplicación Web para elevar su calidad percibida. Además, se destacó la importancia de garantizar que los videos grabados dentro de la aplicación Web se almacenen correctamente en la base de datos para su posterior visualización.

A.12.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.26, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido a la par con el planificado inicialmente. Sin embargo, al final se dejó sin realizar la HU TSGM-57.

A.13. Sprint 11

Este Sprint tiene comienzo el **5 de abril de 2024** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era la realización de la primera prueba de evaluación. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

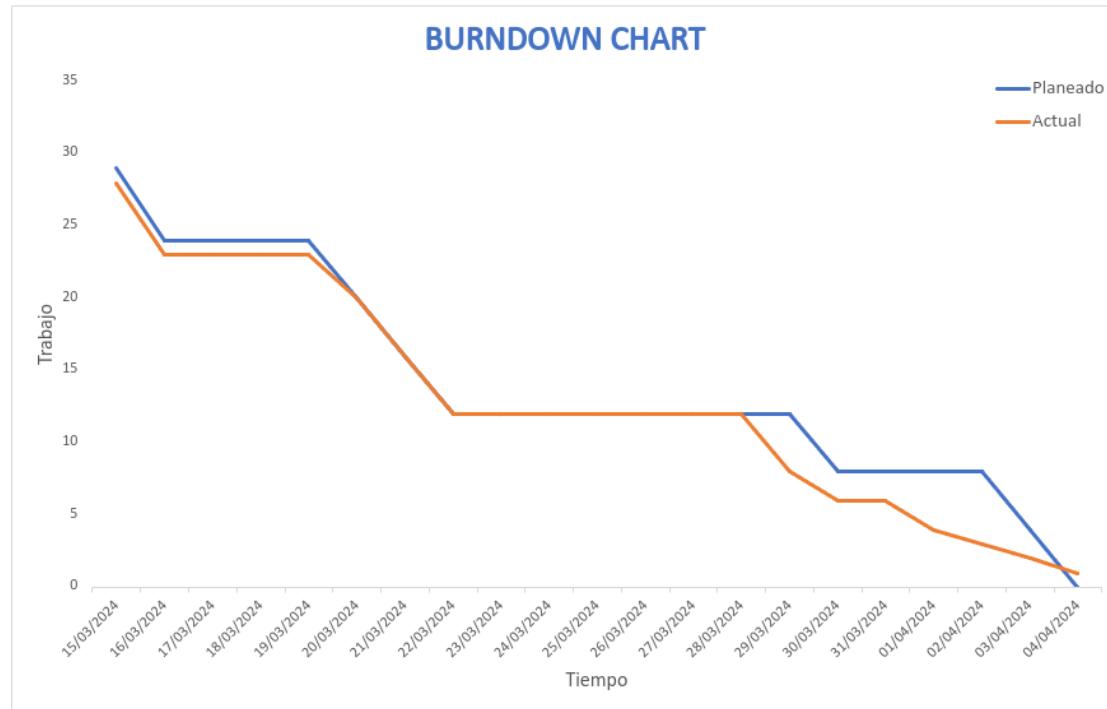


Figura A.26: BC del Sprint 10

A.13.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se planificaron las tareas a realizar en el siguiente Sprint, las cuales tratan principalmente de añadir las diferentes mejoras a la aplicación Web comentadas en la reunión de revisión. Así como, la realización de la primera prueba de evaluación de usabilidad usando el cuestionario SUS.

A continuación, en la Tabla A.21 se detallan las diferentes HU incluidas en el PB. Por otro lado, en la Tabla A.22 se presentan las HU trasladadas al SB, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.21: PB del Sprint 11

ID	Tarea	Peso
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-50	Terminar capítulo de resultado	5
TSGM-57	Añadir siguiente Sprint	3
TSGM-58	Crear logo de DynaViz	3

ID	Tarea	Peso
TSGM-59	Realizar cambios en documento según revisión	1
TSGM-60	Mejorar la aplicación Web	11
TSGM-61	Realizar la prueba de evaluación	5
TSGM-62	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-63	Desplegar aplicación Web	3

Tabla A.22: SB del Sprint 11

ID	Tarea	Peso
TSGM-9	Empezar capítulo de evaluación	5
TSGM-57	Añadir siguiente Sprint	3
TSGM-58	Crear logo de DynaViz	3
TSGM-59	Realizar cambios en documento según revisión	1
TSGM-60	Mejorar la aplicación Web	11
TSGM-61	Realizar la prueba de evaluación	5
TSGM-62	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-63	Desplegar aplicación Web	3

A.13.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se llevaron a cabo mejoras significativas en la aplicación Web. Entre estos cambios sobresale la implementación de la funcionalidad para almacenar videos en la base de datos y la capacidad de visualizarlos una vez guardados. Asimismo, se destaca la creación del logotipo de *DynaViz* ilustrado en la Figura A.27.

Figura A.27: Logotipo de *DynaViz*

Además, se logró desplegar exitosamente la aplicación Web utilizando la plataforma *Render*. Para ello, se desplegó inicialmente un servicio Web completando el formulario que se muestra

en la Figura A.28. En este proceso, se asignó un nombre, se seleccionó la carpeta “server” y se optó por la instancia gratuita. Además, se configuraron las variables de entorno correspondientes para la autenticación de usuarios, la URL de la base de datos de *MongoDB Atlas* y el puerto de conexión.

Una vez que el servidor fue desplegado, se procedió a desplegar la parte visual siguiendo un proceso similar, pero en esta ocasión seleccionando la carpeta “client” y añadiendo únicamente la URL del servidor desplegado previamente como variable de entorno.

Finalmente, en la Figura A.29 se puede observar el despliegue tanto del servidor como del cliente.

Por último, se llevó a cabo la prueba de evaluación con los stakeholders, y se inició la redacción del capítulo de evaluación que detalla estas pruebas.

A.13.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual el tutor FAM dio una opinión positiva tanto sobre la aplicación Web como del nuevo logotipo diseñado. Se resaltó la necesidad de hacer interactivo las migas de pan de la aplicación Web. Además, se señaló la necesidad de agregar una sección en el estado del arte que aborde las distintas plataformas de despliegue, así como un nuevo anexo para incluir los resultados del cuestionario SUS.

A.13.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.30, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido ligeramente por delante respecto al planificado inicialmente. Sin embargo, al final se dejó sin realizar la HU TSGM-62.

A.14. Sprint 12

Este Sprint tiene comienzo el **19 de abril de 2024** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era la mejora del capítulo de evaluación, así como de la aplicación Web. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.14.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se planificaron diversas tareas para llevar a cabo durante el Sprint. Entre ellas, se destacó la tarea de mejorar el capítulo de evaluación tomando en cuenta los comentarios proporcionados por el tutor FAM en la reunión de revisión. Además, se propuso la incorporación

You are deploying a web service for TFG-SGM/dynaviz.

Name: dynaviz-

Region: Frankfurt (EU Central)

Branch: main

Root Directory: server

Runtime: Node

Build Command: server/ \$ npm install --frozen-lockfile

Start Command: server/ \$ node index.js

Instance Type

For hobby projects	Free \$0 / month	512 MB (RAM) 0.1 CPU	Upgrade to enable more features	
For professional use	For more power and to get the most out of Render, we recommend using one of our paid instance types. All paid instances support:			
<ul style="list-style-type: none"> • Zero Downtime • SSH Access • Scaling • One-off jobs • Support for persistent disks 	Starter \$7 / month	512 MB (RAM) 0.5 CPU	Standard \$25 / month	
	Pro \$85 / month	4 GB (RAM) 2 CPU	Pro Plus \$175 / month	8 GB (RAM) 4 CPU
	Pro Max \$225 / month	16 GB (RAM) 4 CPU	Pro Ultra \$450 / month	32 GB (RAM) 8 CPU

Need a custom instance type? We support up to 512 GB RAM and 64 CPUs.

Environment Variables (optional): NAME_OF_VARIABLE, value, + Add Environment Variable, Add from .env

Advanced ▾

Create Web Service

Feedback | Invite a Friend | Contact Support

Figura A.28: Formulario de despliegue de servicio Web en Render

Service Name	Status	Type	Runtime	Region	Last Deployed	Actions
dynaviz	Deployed	Static Site	Static	Global	5 days ago	...
dynaviz-server	Deployed	Web Service	Node	Frankfurt	5 days ago	...

Figura A.29: Aplicación Web desplegada en Render

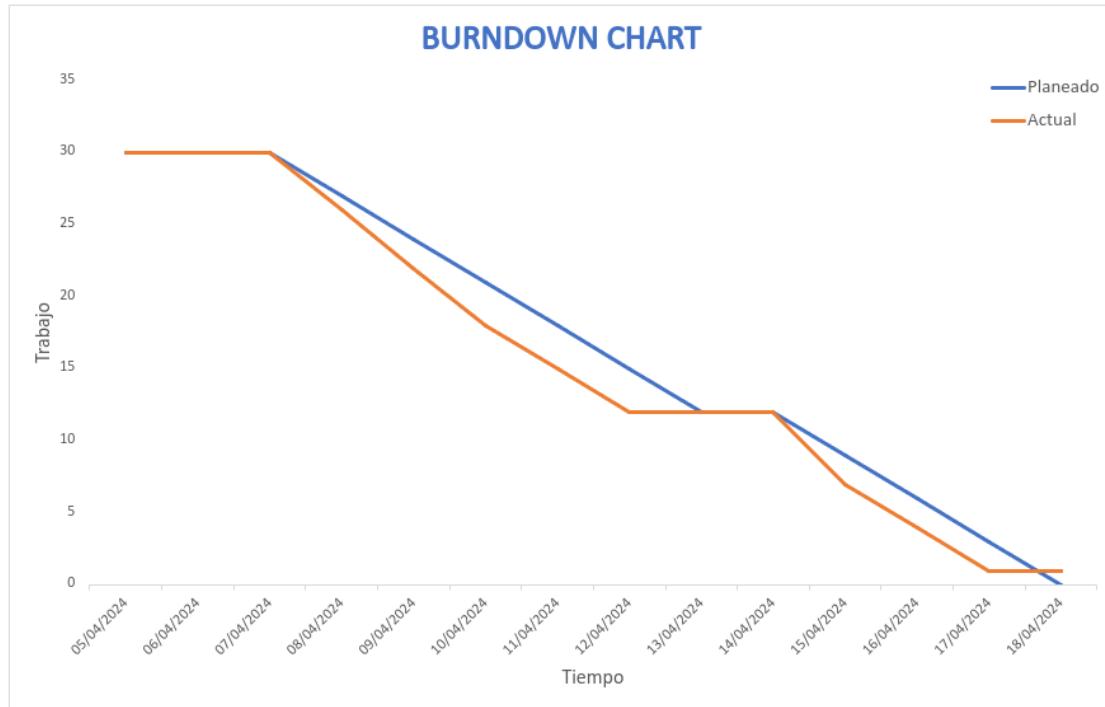


Figura A.30: BC del Sprint 11

de un nuevo punto en el estado del arte centrado en las plataformas de despliegue, así como la creación de un anexo específico para los resultados del cuestionario **SUS**.

A continuación, en la Tabla A.23 se detallan las diferentes **HU** incluidas en el **PB**. Por otro lado, en la Tabla A.24 se presentan las **HU** trasladadas al **SB**, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.23: PB del Sprint 12

ID	Tarea	Peso
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-50	Terminar capítulo de resultado	5
TSGM-62	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-63	Mejorar la aplicación Web	7
TSGM-64	Añadir plataformas de despliegue en estado de arte	3
TSGM-65	Añadir nuevo anexo de resultados de cuestionarios SUS	3
TSGM-66	Mejorar el capítulo de evaluación según revisión	3
TSGM-67	Implementar tests para la aplicación Web	3
TSGM-68	Añadir siguiente Sprint	1

Tabla A.24: SB del Sprint 12

ID	Tarea	Peso
TSGM-10	Empezar capítulo de conclusiones	5
TSGM-62	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-63	Mejorar la aplicación Web	7
TSGM-64	Añadir plataformas de despliegue en estado de arte	3
TSGM-65	Añadir nuevo anexo de resultados de cuestionarios SUS	3
TSGM-66	Mejorar el capítulo de evaluación según revisión	3
TSGM-67	Implementar tests para la aplicación Web	3
TSGM-68	Añadir siguiente Sprint	1

A.14.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se inició el capítulo de conclusiones, donde se realizó una revisión exhaustiva de los objetivos establecidos al inicio del proyecto y se evaluó cómo se han ido cumpliendo a lo largo de los diferentes Sprints. Además, se agregó un nuevo punto sobre plataformas de despliegue en el estado del arte y el anexo de los resultados de los cuestionarios SUS.

En cuanto a las mejoras implementadas en la aplicación Web, se destacan varias mejoras significativas. En primer lugar, se habilitó la funcionalidad para que los usuarios puedan cambiar su contraseña una vez iniciada la sesión. También se introdujo un sistema de “migas de pan” para mejorar la navegación dentro de la aplicación Web, facilitando a los usuarios ubicarse en la estructura del sitio. Además, se llevaron a cabo diversas optimizaciones en el diseño *responsive* para garantizar una experiencia de usuario fluida y consistente en diferentes dispositivos y tamaños de pantalla.

A.14.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual el tutor FAM ofreció algunos consejos para mejorar la memoria. Sugirió reemplazar las gráficas de pastel por gráficas de barras en el anexo que muestra los resultados de la evaluación. Además, recomendó la inclusión de un identificador único para cada participante que completó la prueba de evaluación. Por último, sugirió agregar una tabla comparativa en el capítulo de proveedores de hosting.

A.14.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.31, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido ligeramente por delante respecto al planificado inicialmente.

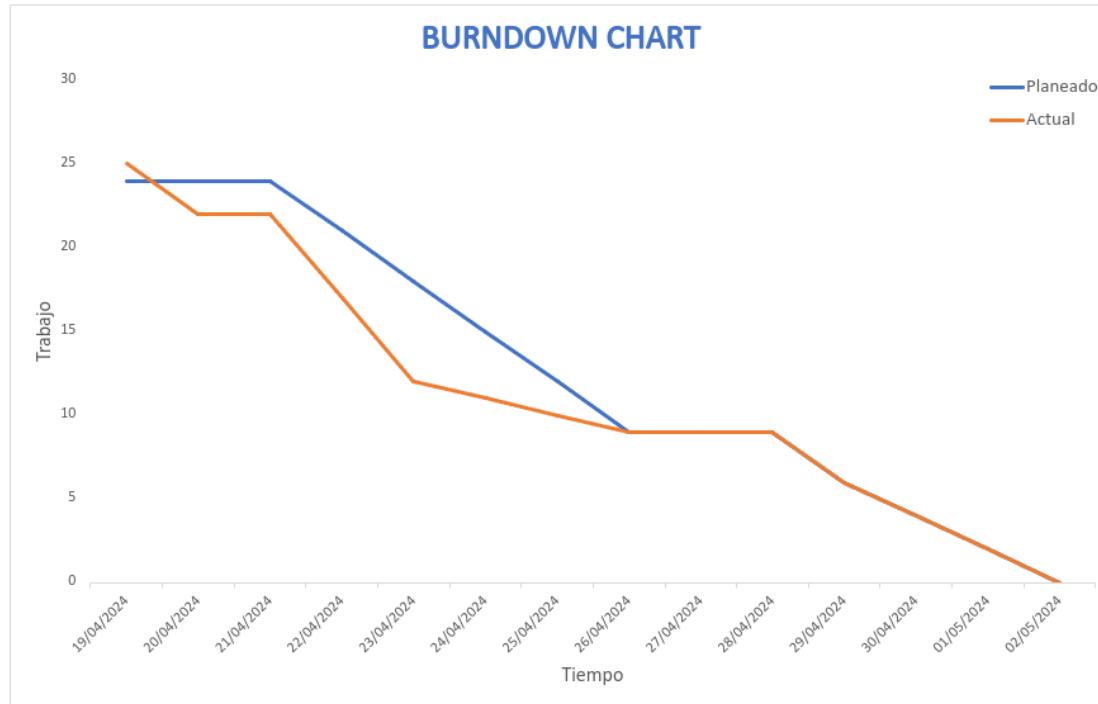


Figura A.31: BC del Sprint 12

A.15. Sprint 13

Este Sprint tiene comienzo el **3 de mayo de 2024** con una duración de 17 días. Su objetivo principal era la mejora de la memoria y la implementación de los tests en la aplicación *DynaViz*. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.15.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se acordó implementar las mejoras discutidas en la reunión de revisión, así como añadir una nueva sección que detallará el coste final de desplegar la aplicación *DynaViz*. Además, se planteó la posibilidad de continuar mejorando la aplicación Web mediante la búsqueda de sugerencias por parte de los stakeholders.

A continuación, en la Tabla A.25 se detallan las diferentes HU incluidas en el PB. Por otro lado, en la Tabla A.26 se presentan las HU trasladadas al SB, indicando así su planificación para ser

ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.25: PB del Sprint 13

ID	Tarea	Peso
TSGM-50	Terminar capítulo de resultado	5
TSGM-69	Añadir competencias adquiridas en conclusiones	1
TSGM-70	Añadir trabajo futuro en conclusiones	1
TSGM-71	Mejorar el capítulo de evaluación según revisión	3
TSGM-72	Mejorar el anexo de resultados de evaluación según revisión	3
TSGM-73	Añadir tabla en plataformas de despliegue	1
TSGM-74	Añadir proceso de configuración de render	1
TSGM-75	Añadir nuevo anexo de un despliegue real de <i>DynaViz</i>	5
TSGM-76	Mejorar la aplicación Web	3
TSGM-77	Mejorar tests de aplicación Web	7
TSGM-78	Realizar segunda prueba de evaluación	3
TSGM-79	Añadir siguiente Sprint	1

Tabla A.26: SB del Sprint 13

ID	Tarea	Peso
TSGM-71	Mejorar el capítulo de evaluación según revisión	3
TSGM-72	Mejorar el anexo de resultados de evaluación según revisión	3
TSGM-73	Añadir tabla de plataformas de despliegue	1
TSGM-74	Añadir proceso de configuración de render	1
TSGM-75	Añadir nuevo anexo de un despliegue real de <i>DynaViz</i>	5
TSGM-76	Mejorar la aplicación Web	3
TSGM-77	Mejorar tests de aplicación Web	7
TSGM-78	Realizar segunda prueba de evaluación	3
TSGM-79	Añadir siguiente Sprint	1

A.15.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se mejoró la memoria siguiendo los comentarios de los tutores en la reunión de revisión. Entre las mejoras se incluyeron la actualización del capítulo de evaluación, la mejora

del anexo de resultados de evaluación y la adición de una tabla de plataformas de despliegue, entre otros cambios.

Por otro lado, se consultó a los stakeholders si echaban en falta alguna funcionalidad extra en *DynaViz*. Y tras la solicitud de abrir la aplicación Web para realizar una prueba libre y comprobar si necesitaban alguna funcionalidad adicional, realizaron la petición de añadir una opción para exportar los datos del paciente en un documento. Esta funcionalidad fue implementada durante el Sprint junto con otras mejoras como la adición de un menú de ayuda para entender las gráficas y la posibilidad de añadir una foto para médicos y administradores.

Finalmente, se continuaron realizando diversas pruebas unitarias a los componentes de la aplicación Web.

A.15.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual los tutores propusieron algunas mejoras mínimas al documento, entre ellas se destaca la adicción de la segunda prueba de evaluación en el capítulo 5.

A.15.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.32, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido a la par con el planificado inicialmente.

A.16. Sprint 14

Este Sprint tiene comienzo el **20 de mayo de 2024** con una duración de 1 semana. Su objetivo principal era el cierre tanto de la aplicación Web como del documento. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.16.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se acordó finalizar durante el siguiente Sprint tanto el documento, completando el capítulo de resultados, evaluación y conclusiones, como el desarrollo de la aplicación Web.

A continuación, en la Tabla A.27 se detallan las diferentes HU incluidas en el PB. Por otro lado, en la Tabla A.28 se presentan las HU trasladadas al SB, indicando así su planificación para ser ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

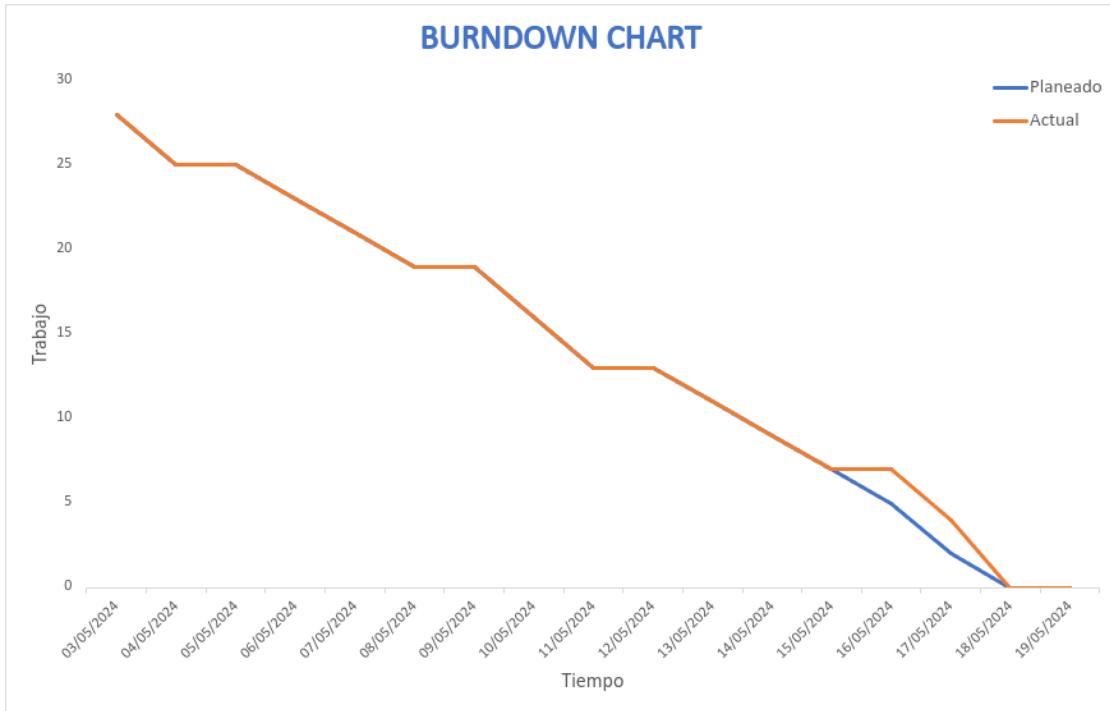


Figura A.32: BC del Sprint 13

Tabla A.27: PB del Sprint 14

ID	Tarea	Peso
TSGM-50	Terminar capítulo de resultado	5
TSGM-69	Añadir competencias adquiridas en conclusiones	1
TSGM-80	Añadir trabajo futuro en conclusiones	1
TSGM-81	Terminar capítulo de evaluación	3
TSGM-82	Mejorar documento según revisión	3
TSGM-83	Terminar de retocar aplicación DynaViz	3
TSGM-84	Añadir siguiente Sprint	1
TSGM-85	Mejorar formato de documento según revisión	11
TSGM-86	Preparar la presentación	11

Tabla A.28: SB del Sprint 14

ID	Tarea	Peso
TSGM-50	Terminar capítulo de resultado	5

ID	Tarea	Peso
TSGM-69	Añadir competencias adquiridas en conclusiones	1
TSGM-80	Añadir trabajo futuro en conclusiones	1
TSGM-81	Terminar capítulo de evaluación	3
TSGM-82	Mejorar documento según revisión	3
TSGM-83	Terminar de retocar aplicación DynaViz	3
TSGM-84	Añadir siguiente Sprint	1

A.16.2. Desarrollo de Sprint

Durante el Sprint se completaron los capítulos de resultados, evaluación y conclusiones. Además, se corrigieron algunos pequeños errores en la aplicación *DynaViz*, dejándola finalmente terminada.

A.16.3. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se llevó a cabo la reunión de revisión, en la cual se analizaron los cambios realizados en la memoria durante el Sprint. El tutor FAM proporcionó su feedback durante esta reunión.

A.16.4. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.33, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido por delante respecto al planificado inicialmente.

A.17. Sprint 15

Este Sprint tiene comienzo el **28 de mayo de 2024** con una duración de 2 semanas. Su objetivo principal era la mejora del formato del documento según revisión de los tutores. A continuación, se detallan las diferentes fases del Sprint.

A.17.1. Planificación del Sprint

En esta reunión se planificó mejorar el formato del documento según la revisión de los tutores, además de trabajar en la preparación de la presentación.

A continuación, en la Tabla A.29 se detallan las diferentes HU incluidas en el PB. Por otro lado, en la Tabla A.30 se presentan las HU trasladadas al SB, indicando así su planificación para ser

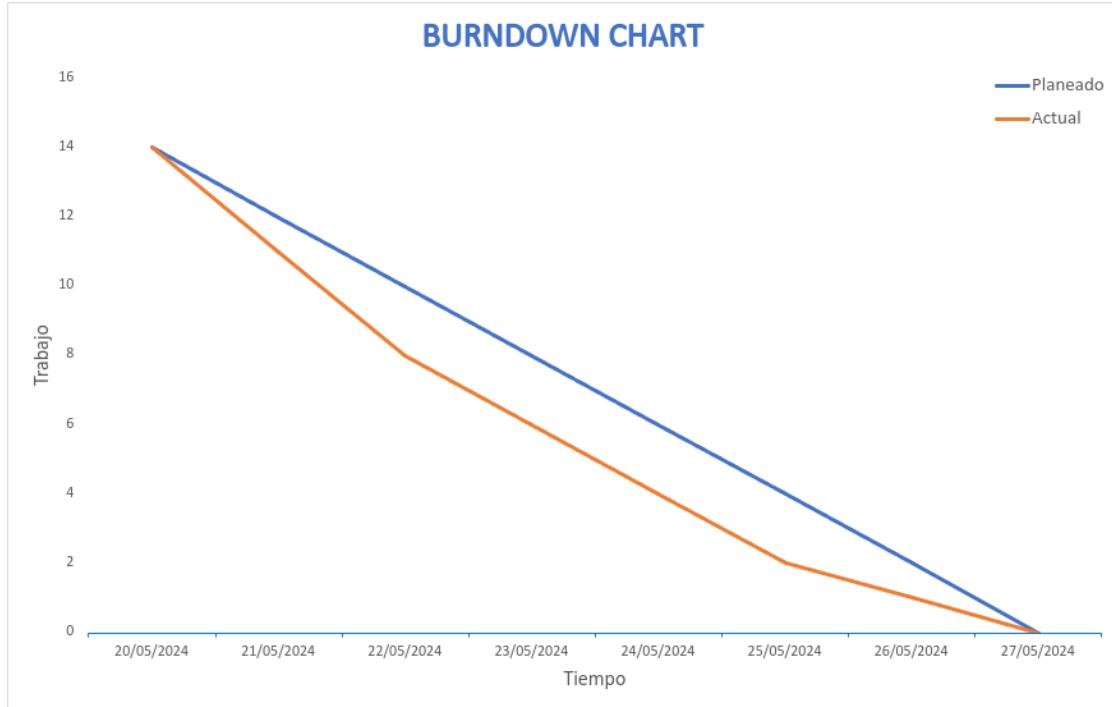


Figura A.33: BC del Sprint 14

ejecutadas durante el desarrollo del Sprint.

Tabla A.29: PB del Sprint 15

ID	Tarea	Peso
TSGM-85	Mejorar formato de documento según revisión	11
TSGM-86	Preparar la presentación	11

Tabla A.30: SB del Sprint 15

ID	Tarea	Peso
TSGM-85	Mejorar formato de documento según revisión	11
TSGM-86	Preparar la presentación	11

Durante el Sprint se realizó la presentación, la cual va acompañada de un video de la demostración de la aplicación *DynaViz*. Una vez los tutores terminaron de revisar el documento, se procedió a concluirlo, tomando en consideración sus comentarios.

A.17.2. Revisión Sprint

Tras el desarrollo del Sprint, se realizó la reunión de revisión, en la cual finalmente se dio por concluido el documento.

A.17.3. Retrospectiva del Sprint

Una vez terminado el Sprint podemos ver el BC en la Figura A.34, el cual refleja que el progreso del trabajo realizado ha ido a la par con el planificado inicialmente.

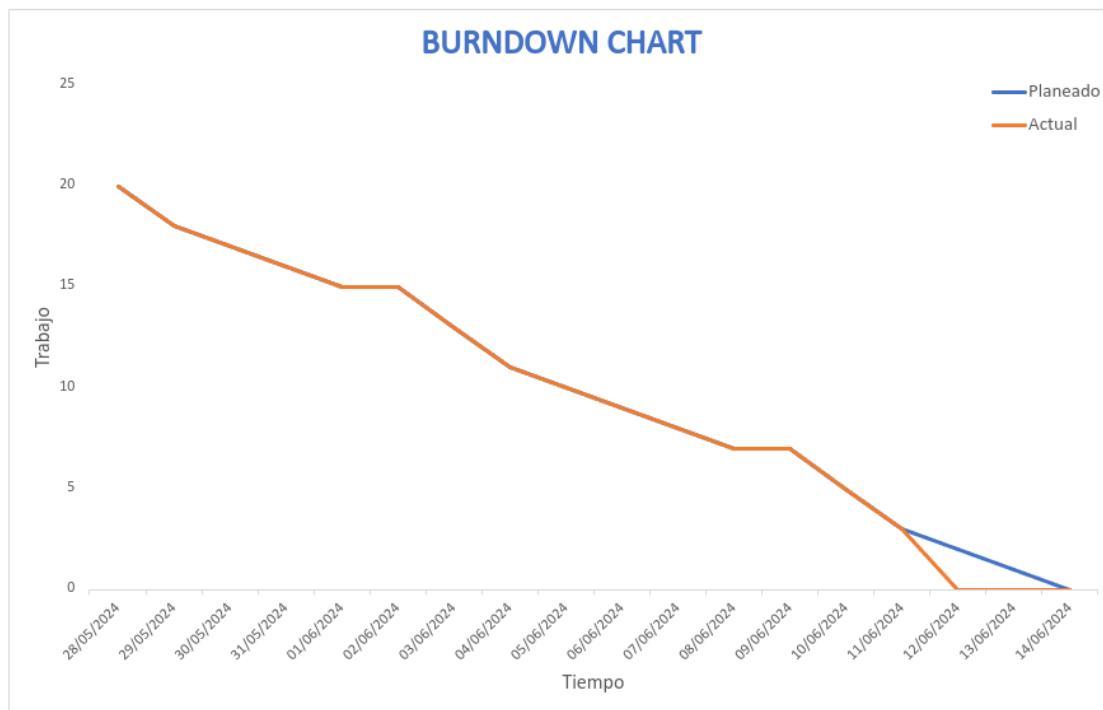


Figura A.34: BC del Sprint 15

Anexo B. Entrevistas

En este anexo se recogen las entrevistas realizadas con los stakeholders durante el desarrollo del proyecto. Estas entrevistas se enmarcan dentro de un método de evaluación de usabilidad por indagación, tal y como explica Granollers [37]. El proceso de indagación se basa en alcanzar el conocimiento a través de la reflexión. En este tipo de métodos, una parte crucial del trabajo implica interactuar con los usuarios y observar detenidamente su uso del sistema en situaciones reales con el objetivo de obtener respuestas a preguntas planteadas verbalmente o por escrito. A continuación, se detallan cada una de las entrevistas realizadas.

B.1. Primera Entrevista

La primera entrevista tuvo lugar el 16 de febrero de 2024, llevada a cabo en formato de videoconferencia. Contó con la participación de los stakeholders Cristina y Manuel. A lo largo de la reunión se abordaron una serie de preguntas que condujeron a unas conclusiones.

B.1.1. Guion de Preguntas

En este punto se presenta el guion de preguntas utilizado durante la entrevista. Es fundamental resaltar que, además de obtener información mediante preguntas directas a los interesados, también se sostuvo una conversación con ellos. A continuación, se enumeran las preguntas formuladas durante la entrevista.

¿Cuál es el propósito principal de la aplicación Web?

El propósito fundamental es facilitar a los médicos la capacidad de proporcionar retroalimentación a los pacientes sobre su movilidad y postura. La idea es que esta herramienta sea utilizada conjuntamente por el médico y el paciente durante sesiones presenciales.

¿Quién necesita acceder a la plataforma Web y qué roles desempeñan?

El acceso debe estar limitado a los médicos, ya que la aplicación está diseñada para ofrecer

retroalimentación a los pacientes. Además, puede haber un rol de administrador encargado de gestionar los permisos de acceso de los médicos.

¿Qué métodos pueden utilizar los médicos para realizar las pruebas de diagnóstico?

Los médicos pueden optar por grabar directamente desde la aplicación Web o adjuntar vídeos ya grabados. Sería útil que la aplicación Web ofrezca indicaciones como alertas si una parte del cuerpo no se detecta correctamente o si hay problemas de iluminación. Además, es importante considerar que existen diferentes tipos de pruebas con requisitos específicos.

¿Deberían incluirse los vídeos como parte de la visualización de las pruebas?

No, ya que algunas personas pueden no sentirse cómodas viéndose en vídeo. Una alternativa sugerida es presentar un modelo tridimensional del cuerpo en su lugar.

¿Cuál es el resultado final esperado de las pruebas? ¿Se presenta un porcentaje de probabilidad de tener fibromialgia, o se analiza porcentaje por cada área del cuerpo?

El objetivo es comparar los datos del paciente con los de un movimiento ideal. Esta comparación puede presentarse mediante modelos 3D y gráficos de datos. Además, la aplicación debe permitir focalizar en áreas específicas del cuerpo y asignarles una puntuación o porcentaje.

¿Se pueden ver pruebas realizadas en el pasado?

Sí, sería útil que los pacientes pudieran ver pruebas anteriores y compararlas para observar su progreso a lo largo del tiempo, lo que podría motivarlos a mejorar.

B.1.2. Conclusiones

Tras la primera entrevista, se logró obtener una comprensión inicial de la visión de la aplicación deseada por los stakeholders. Se destaca principalmente la decisión de no permitir el acceso de los pacientes al sistema, enfocando su uso en la interacción entre médico y paciente para proporcionar retroalimentación sobre el movimiento. Debido a esto, algunas preguntas preparadas sobre el rol del cliente no se pudieron realizar como las siguientes:

- ¿Tiene acceso a todas las pruebas realizadas o solo a algunas específicas?
- ¿Puede agregar videos como parte de las pruebas? ¿Y puede enviarlos a los médicos?
- ¿Es posible que un paciente esté asignado a varios médicos?
- ¿La visualización de las pruebas es similar a la de los médicos o se presenta de manera más simplificada para los pacientes?

Por otro lado, es relevante mencionar que los requerimientos relacionados con las señales durante la grabación por parte del médico no forman parte del proyecto, ya que se prioriza el desarrollo

de técnicas para visualizar los datos.

A pesar de las nuevas preguntas que surgieron tras depurar las distintas necesidades de la entrevista, se logró obtener una visión general que sirvió como base para el desarrollo continuo de la aplicación Web.

B.2. Segunda Entrevista

La segunda entrevista realizada el 11 de marzo de 2024, se llevó a cabo mediante videoconferencia con la participación de los stakeholders Cristina y Manuel. Durante la reunión se abordaron una serie de preguntas que condujeron a conclusiones significativas. Además, se presentó el prototipo no interactivo detallado en el Anexo 4, así como el estudio de técnicas de visualización de datos que se detalla en el Anexo 5.

B.2.1. Guion de Preguntas

A continuación, se detallan las preguntas formuladas durante la entrevista, las cuales se presentaron junto con el prototipo no interactivo.

¿El médico puede gestionar otros médicos o solo a los pacientes?

La gestión de los médicos debe ser exclusiva de los administradores, permitiendo a los médicos concentrarse en la atención de los pacientes.

¿El administrador puede gestionar a los pacientes o esta función está reservada solo para los médicos?

Tanto los médicos como los administradores pueden gestionar a los pacientes en la aplicación Web.

¿Qué información se debe recopilar al crear un nuevo perfil de paciente?

Se requiere información básica como nombre, apellidos, edad, ubicación, número de teléfono, correo electrónico, además de datos relevantes como el diagnóstico y tiempo de padecimiento de la fibromialgia, nivel de actividad física y ocupación.

¿Un paciente puede tener asignados varios médicos?

No, cada paciente deberá tener asignado un único médico.

¿Debería una prueba en la aplicación Web contener datos de diferentes pruebas o solo de una?

Cada prueba debe ser específica y contener sus propios datos individuales.

¿Es posible añadir nuevos tipos de pruebas?

Inicialmente, no se considera necesario añadir más tipos de pruebas. Además, es importante considerar que los puntos de interés para cada tipo de prueba han sido seleccionados cualitativamente.

¿Qué información se debe proporcionar al crear una prueba?

Al crear una prueba, se debe solicitar la fecha, tipo de prueba, un vídeo y posiblemente escalas para evaluar el estado del paciente en el momento de la prueba, como por ejemplo, la escala **EVA** para evaluar el dolor del paciente en el momento de realizar la prueba.

También se sugiere la posibilidad de crear múltiples pruebas de diferentes tipos simultáneamente para mejorar la eficiencia del médico. Además, se menciona la necesidad de un filtro para facilitar la búsqueda de las pruebas por fecha o tipo.

¿Es viable mostrar un “grado de problema” basado en la variación entre el movimiento ideal y el real para cada parte del cuerpo?

Sí, se propone mostrar un “porcentaje de calidad de movimiento” calculado comparando el movimiento ideal con el movimiento real de cada parte del cuerpo.

B.2.2. Conclusiones

Tras la segunda entrevista, se obtuvo una comprensión más profunda de las necesidades de la aplicación Web a desarrollar, enfatizando la importancia de la usabilidad para garantizar que los médicos puedan utilizar las funciones de manera sencilla y efectiva.

Además, se identificaron las preferencias de los stakeholders en cuanto a técnicas de visualización de datos, destacando las gráficas de líneas y de barras. Se sugiere, además, representar el desplazamiento en lugar del ángulo de cada parte del cuerpo, ya que esto simplifica su visualización.

Anexo C. Diagramas

En este anexo se recogen los diagramas diseñados para facilitar la implementación y comprensión del sistema desarrollado. A continuación, son explicados en detalle cada uno de ellos.

C.1. Diagrama de Despliegue

El diagrama de la Figura C.1 muestra la disposición física de los diferentes artefactos software de la aplicación Web en nodos. Se identifican principalmente tres nodos:

- El PC del cliente que contiene la cámara y el navegador. Este último con los archivos específicos del lado del cliente.
- El servidor Web que aloja la API accedida por el cliente.
- La base de datos MongoDB Atlas donde se guardan los datos de la aplicación Web en las diferentes colecciones.

C.2. Diagrama de Base de Datos

El diagrama de la Figura C.2 muestra las diferentes entidades de la base de datos. Es importante recordar que esta base de datos es no relacional y utiliza *MongoDB*, lo que significa que no es necesario que cada documento tenga la misma estructura exacta. Sin embargo, se diseñó el diagrama para proporcionar una base de los diferentes atributos que puede tener cada entidad.

En el contexto de la aplicación Web se han identificado principalmente cinco entidades: administrador, médico, paciente, prueba y datos de prueba.

C.3. Diagrama de Secuencia para Iniciar Sesión

El diagrama de la Figura C.3 muestra los diferentes pasos que ocurren al iniciar sesión con éxito en la aplicación Web. Se puede observar cómo la página de inicio de sesión a través de la clase

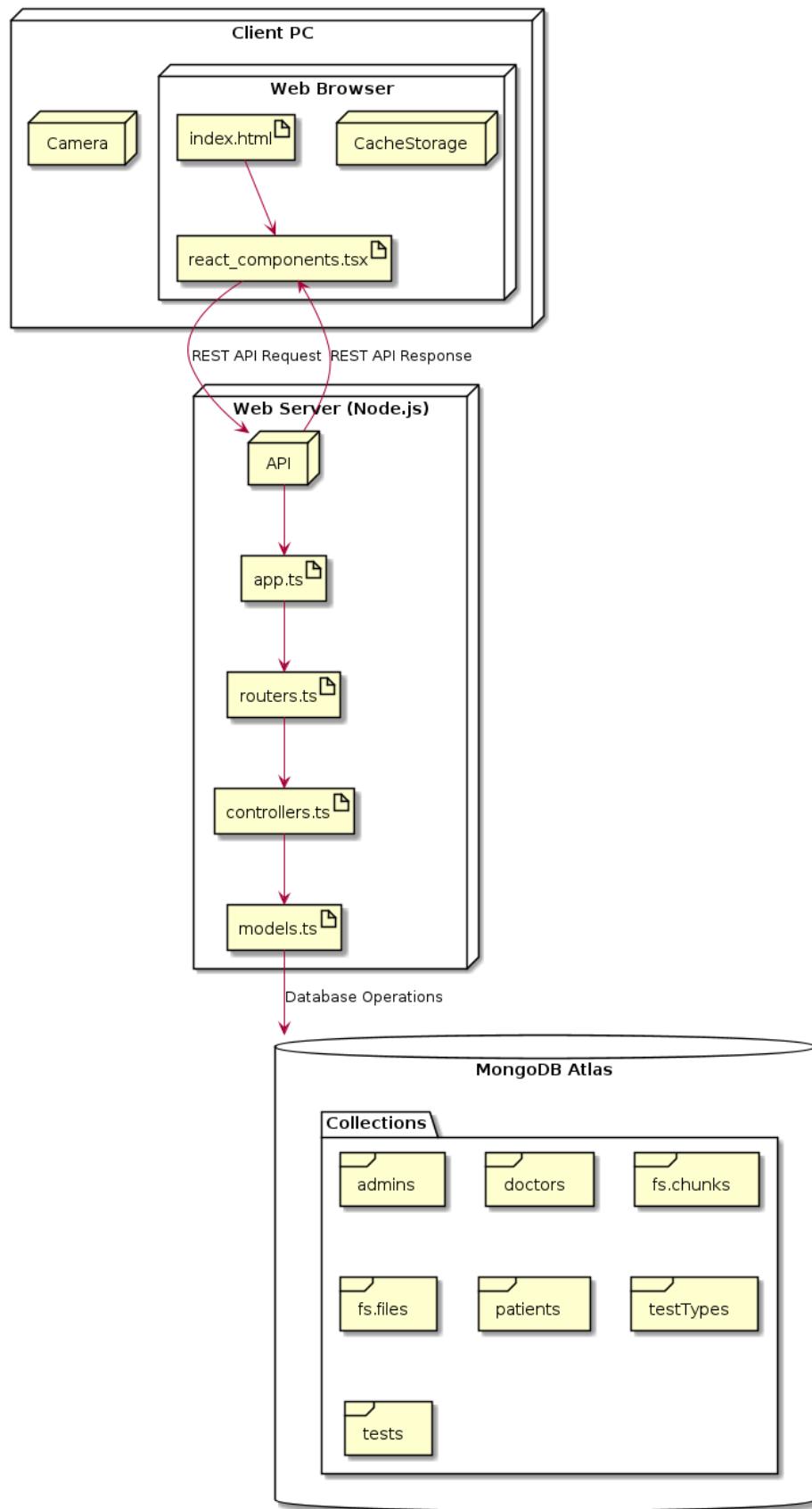


Figura C.1: Diagrama de despliegue

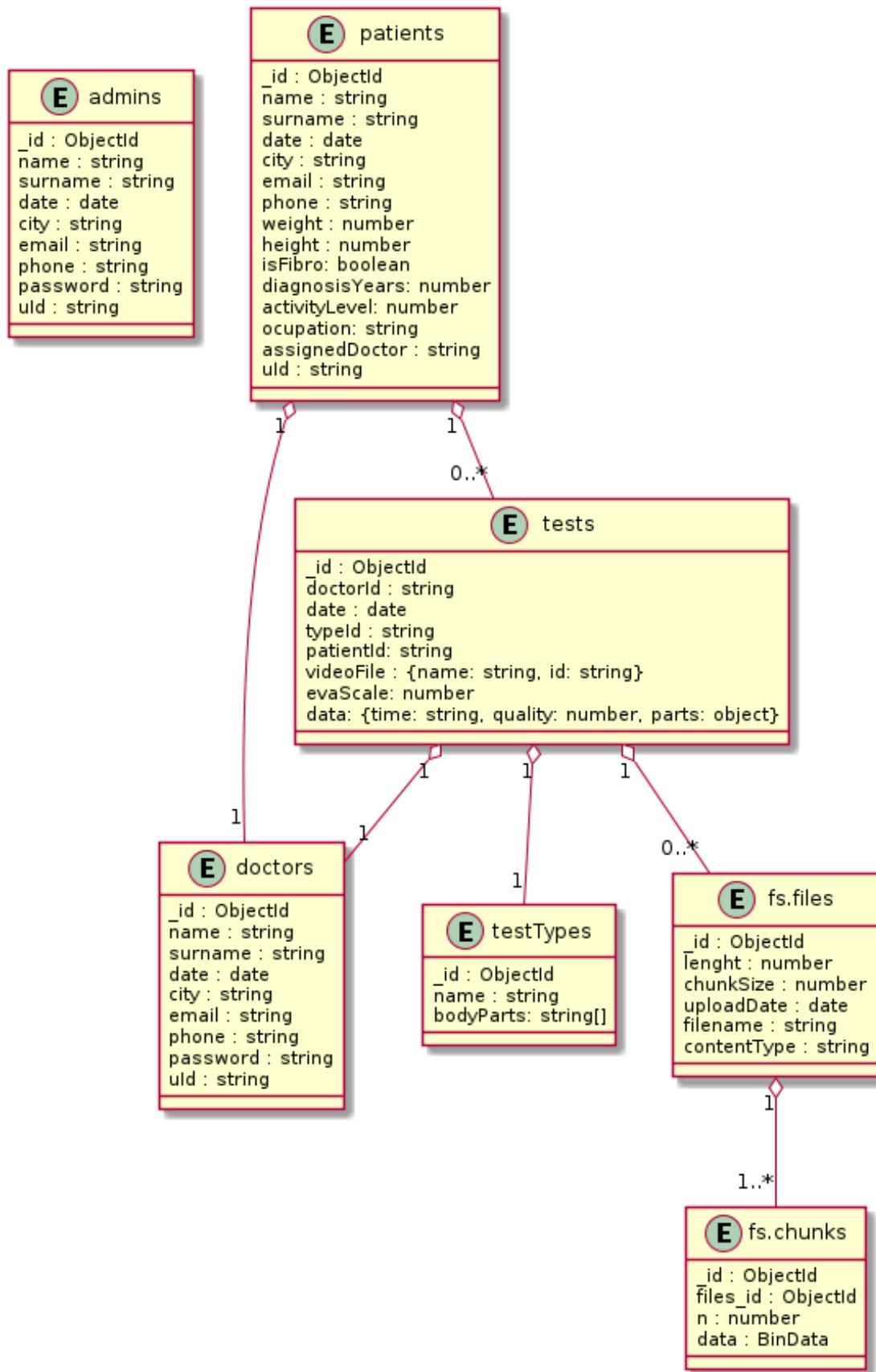


Figura C.2: Diagrama de base de datos

DataService ejecuta la operación *PUT* a la *API*, la cual empleando el *AuthController* comprueba si existe el correo electrónico pedido, seguidamente de verificar si la contraseña es correcta.

Una vez todo se realiza con éxito, el *DataService* añade el token obtenido al almacenamiento local, el cual es empleado para verificar la identidad en posteriores operaciones que realice el usuario.

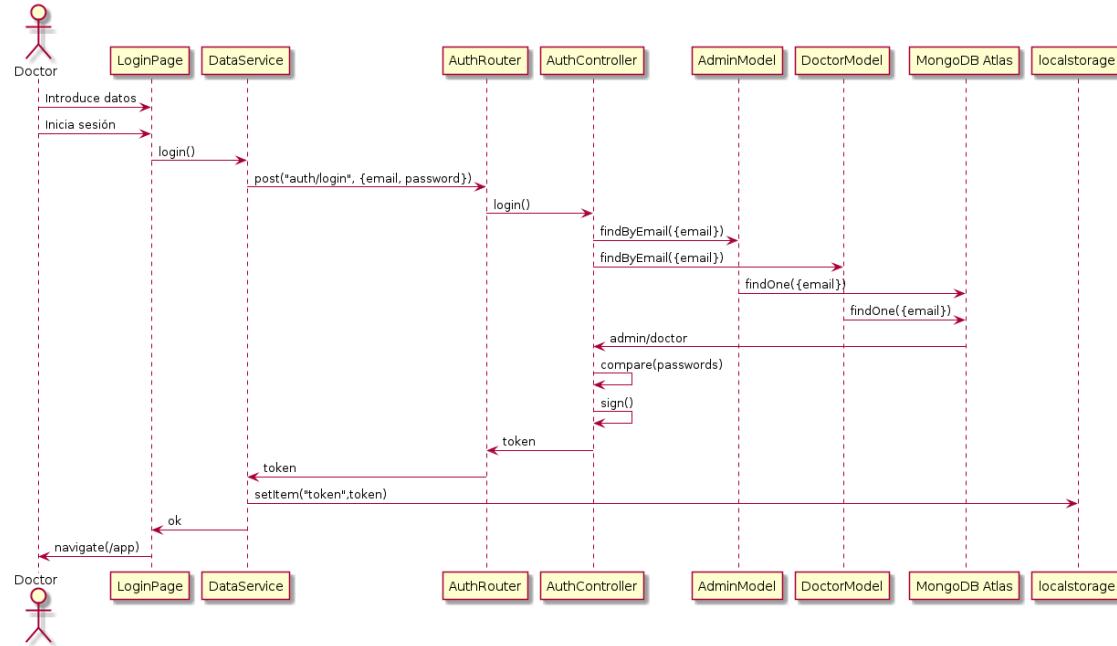


Figura C.3: Diagrama de secuencia de inicio de sesión con éxito

C.4. Diagrama de Secuencia para Crear un Paciente

El diagrama de la Figura C.4 muestra los diferentes pasos que ocurren al crear un nuevo paciente con éxito en la aplicación Web, teniendo en cuenta que el médico ya está iniciado sesión.

En el diagrama se puede observar cómo nuevamente a través del *DataService* se ejecuta la operación *POST* en la ruta de paciente. Dicha ruta, antes de continuar con las operaciones, comprueba si el usuario está autenticado y si tiene el rol correcto, en este caso si es un médico. Estas comprobaciones son realizadas por los middlewares *userAuth* y *checkRole*.

Una vez completadas las comprobaciones previas, se pasa a la segunda etapa donde se verifica la validez de los datos del nuevo paciente, así como la existencia previa del correo electrónico en la base de datos. Si todas las verificaciones son exitosas, el nuevo paciente se agrega y el usuario recibe la confirmación en la interfaz.

Es importante destacar que los diagramas de secuencia para la consulta, creación, edición y

eliminación de las diferentes entidades de la base de datos siguen un patrón similar al mostrado en este diagrama.

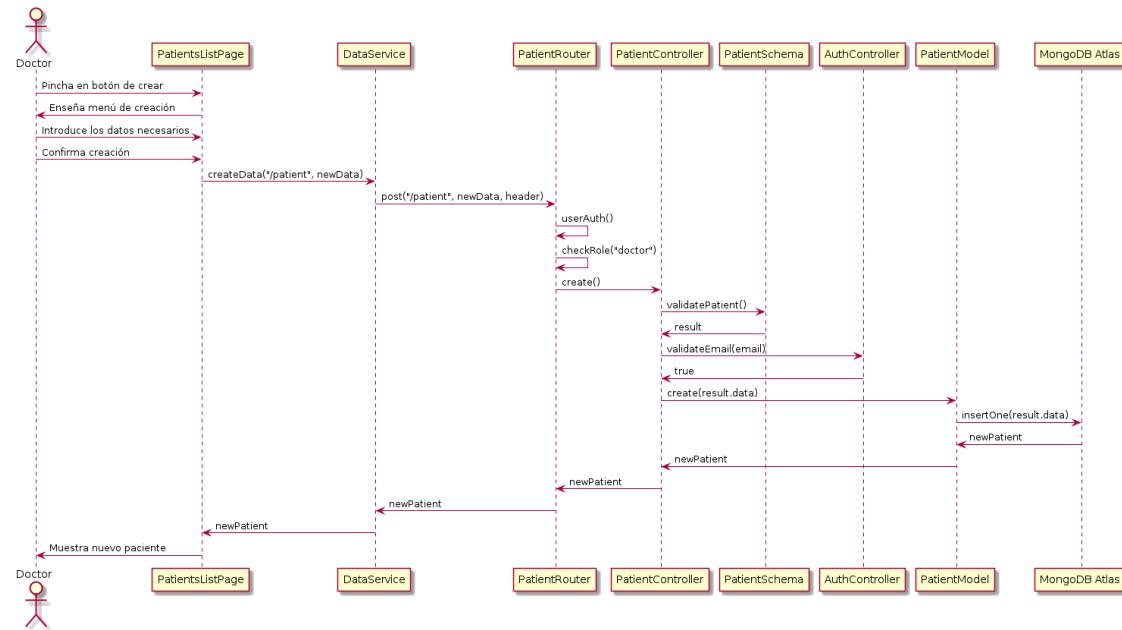


Figura C.4: Diagrama de secuencia de creación de un paciente con éxito

C.5. Diagrama de Actividad para Crear una Prueba

El diagrama de la Figura C.5 muestra los diferentes pasos que debe seguir un médico para crear una nueva prueba. En el cual se puede observar que, si el paciente no existe, es necesario crearlo antes de agregar la nueva prueba deseada.

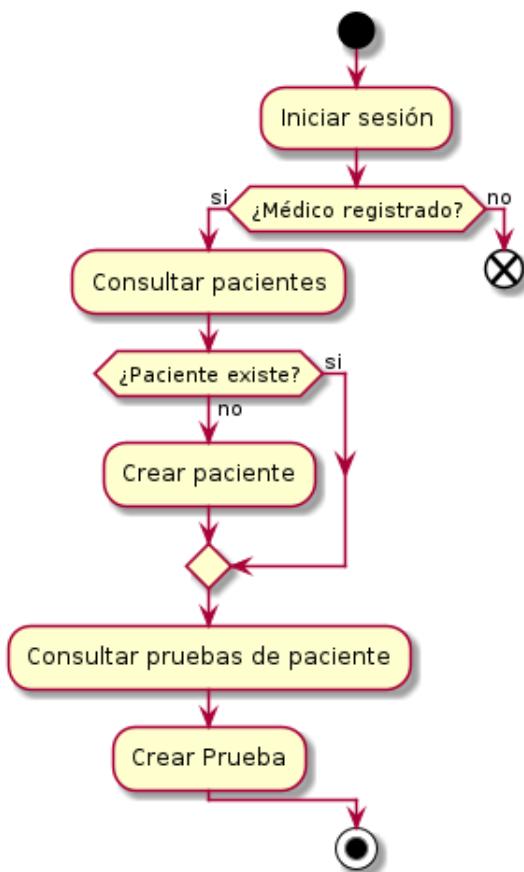


Figura C.5: Diagrama de actividad para crear una prueba

Anexo D. Prototipos

En este anexo se recogen los prototipos diseñados para comprender y validar las necesidades de la aplicación Web, así como para facilitar la implementación mediante un diseño definido. Se han desarrollado dos prototipos, uno no interactivo y otro interactivo.

D.1. Prototipo No Interactivo

En esta sección se presentan capturas de pantalla del primer prototipo que no era interactivo y estaba más alejado del diseño definitivo. A continuación, se enumeran las diferentes ventanas presentadas:

- La Figura D.1 muestra la ventana de inicio de sesión.
- La Figura D.2 muestra la ventana de inicio del médico. Es importante destacar que esta ventana sería similar para los administradores, con acciones específicas para dicho rol.
- La Figura D.3 muestra las ventanas de listas de médicos y pacientes, respectivamente. Nuevamente, la ventana de lista de administradores sería similar a estas ventanas.
- La Figura D.4 muestra diferentes ventanas modales para administrar pacientes, como agregar, consultar o editar información. Estas ventanas serían similares para la gestión de médicos y administradores.
- La Figura D.5 muestra la ventana que lista las pruebas realizadas de un paciente.
- La Figura D.6 muestra la ventana modal para agregar una nueva prueba.
- La Figura D.7 muestra la ventana para analizar la prueba del paciente mediante técnicas de visualización de datos.
- La Figura D.8 muestra la ventana para analizar la evolución de la calidad del movimiento del paciente mediante técnicas de visualización de datos.

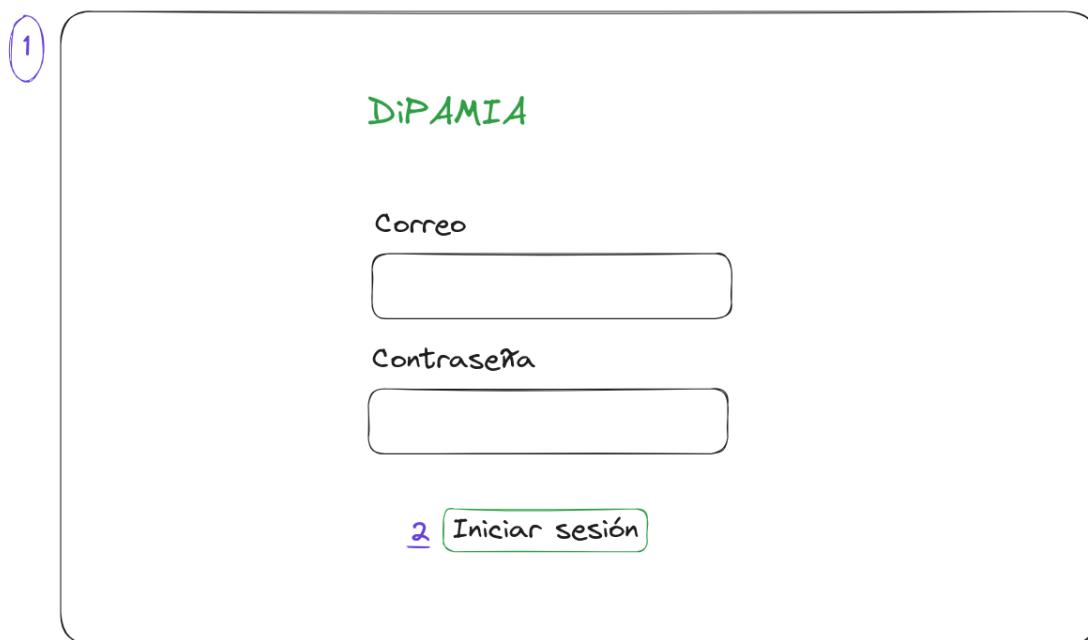


Figura D.1: Ventana de inicio de sesión

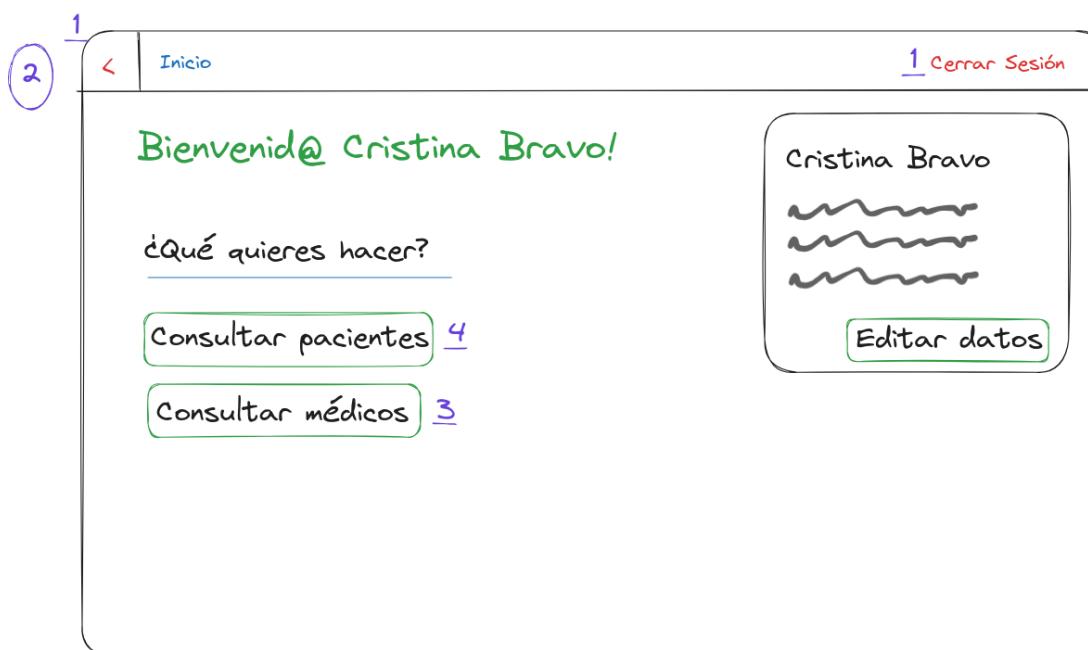


Figura D.2: Ventana de inicio de médicos



Figura D.3: Ventana de lista de médicos y pacientes

4.1 Nuevo Paciente

Nombre Apellidos
 Fecha de nacimiento Dirección
 Teléfono Correo

4 Cancelar **Añadir** 4

4.2 Sergio García

4 **X**

.....

5 Pruebas **4.3** Editar **Eliminar**

4.3 Sergio García

Nombre Apellidos
 Fecha de nacimiento Dirección
 Teléfono Correo

4 Cancelar **Editar** 4

Mismas ventanas modales para admins y doctores

Figura D.4: Ventanas modales para administrar pacientes

4

5 < Inicio > Pacientes > Sergio García **1 Cerrar Sesión**

Pruebas de Sergio García **2024** **5.1 Añadir prueba**

Médico: Cristina Bravo
 Tipo: Marcha
 Fecha: 16/02/2024

6

7 **Ver evolución**

Figura D.5: Ventana de lista de pruebas

5.1 Nueva Prueba para Sergio García x

Médico: Cristina Bravo

Fecha

Tipo

Subir vídeo Grabar vídeo

5 cancelar Añadir 5

Figura D.6: Ventana modal de adicción de prueba

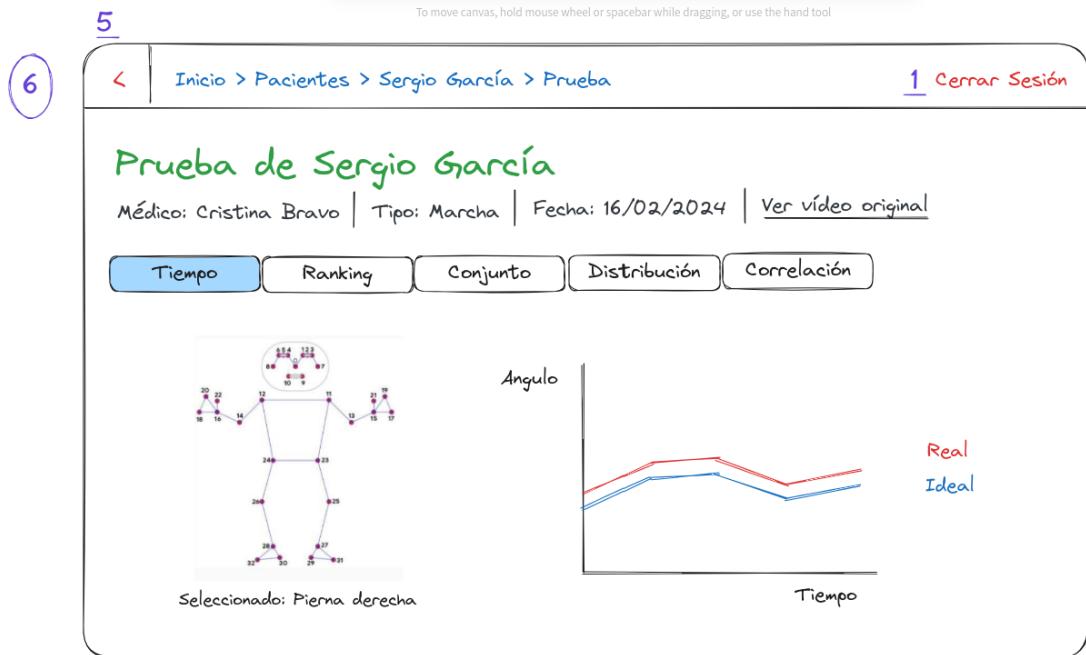


Figura D.7: Ventana de análisis de pruebas

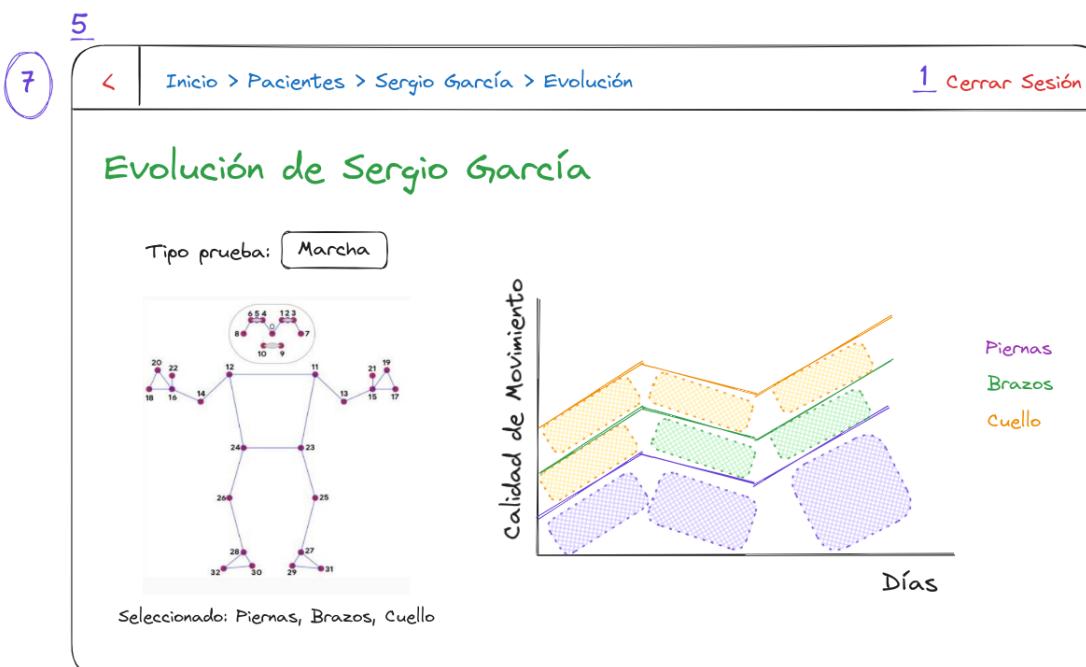


Figura D.8: Ventana de análisis de evolución

D.2. Prototipo Interactivo

En esta sección se presentan capturas de pantalla del segundo prototipo que era interactivo y se acercaba más al diseño definitivo. A continuación, se enumeran las diferentes ventanas presentadas:

- La Figura D.9 muestra la ventana de inicio de sesión.
- La Figura D.10 muestra la ventana que lista los diferentes pacientes que el médico puede gestionar.
- La Figura D.11 muestra la misma ventana anterior, pero con el menú que aparece al interactuar con el botón de tres puntitos de un paciente en concreto.
- La Figura D.12 muestra la ventana modal para añadir un nuevo paciente.
- La Figura D.13 muestra la ventana modal para editar un paciente.
- La Figura D.14 muestra la ventana modal para ver los detalles de un paciente.
- La Figura D.15 muestra la ventana que lista las diferentes pruebas de un paciente en concreto.
- La Figura D.16 muestra la ventana modal para añadir nuevas pruebas.
- La Figura D.17 muestra la ventana para analizar una prueba en concreto seleccionada.
- La Figura D.18 muestra la ventana modal para ver los detalles de la prueba.
- La Figura D.19 muestra la ventana para analizar la evolución de la calidad del movimiento del paciente.



Figura D.9: Ventana de inicio de sesión



Figura D.10: Ventana de lista de pacientes



Figura D.11: Ventana de lista de pacientes con menú

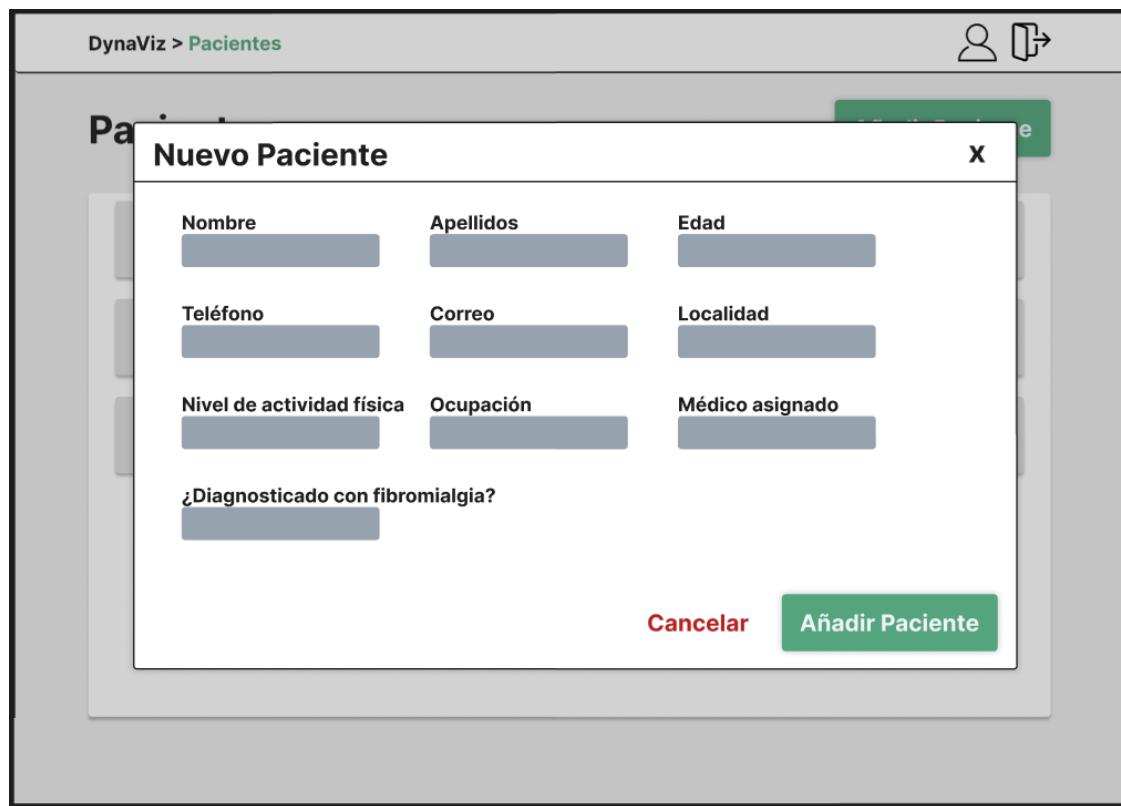


Figura D.12: Ventana modal de añadir nuevo paciente

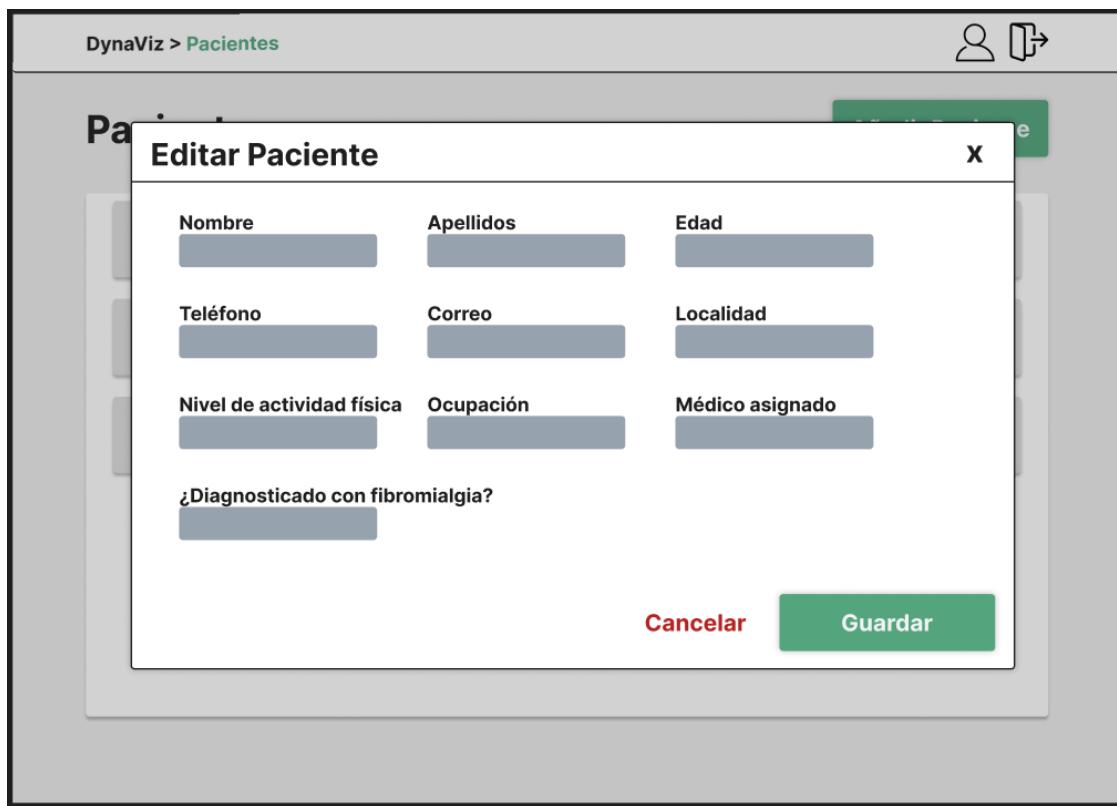


Figura D.13: Ventana modal de editar paciente

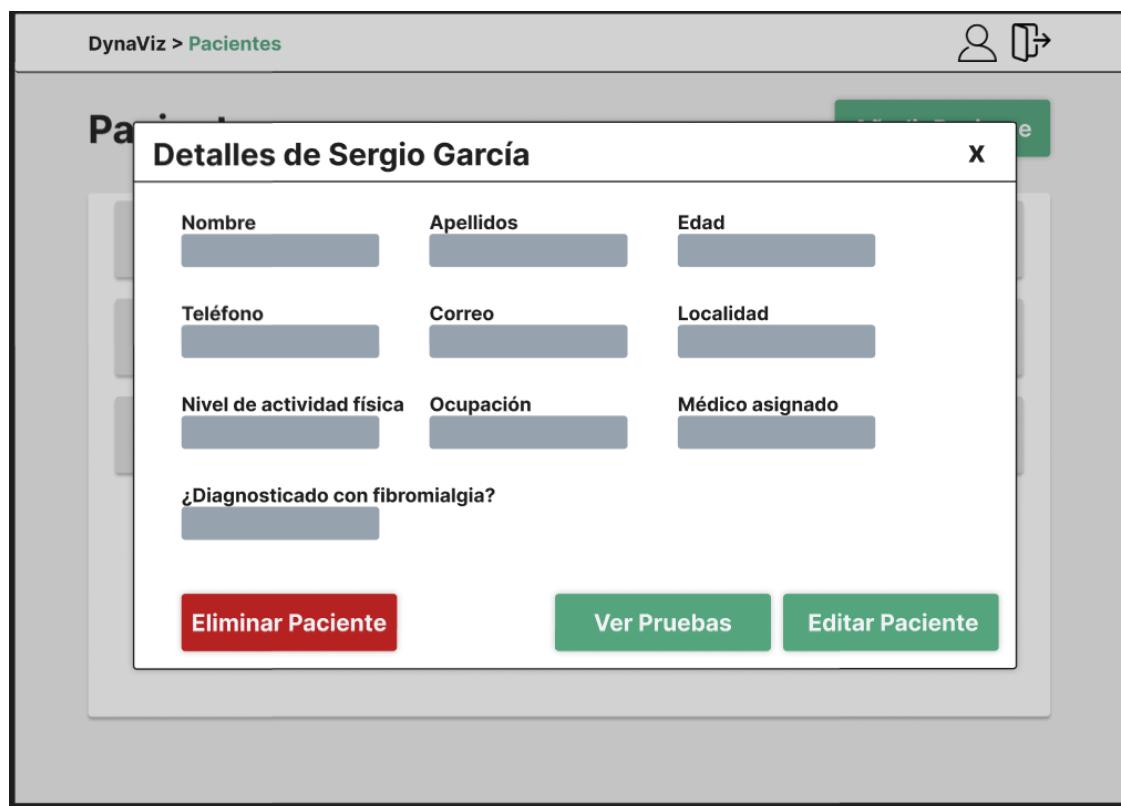


Figura D.14: Ventana modal de detalles de paciente



Figura D.15: Ventana de pruebas de paciente

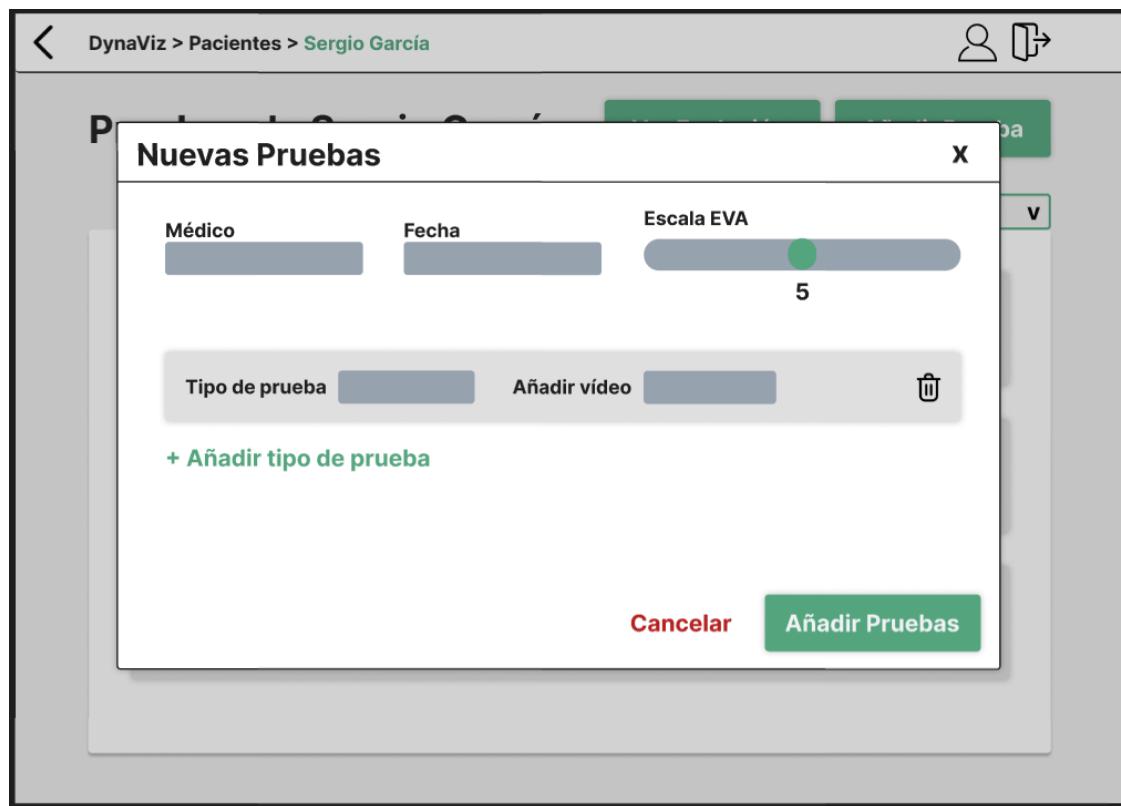


Figura D.16: Ventana modal de añadir nuevas pruebas

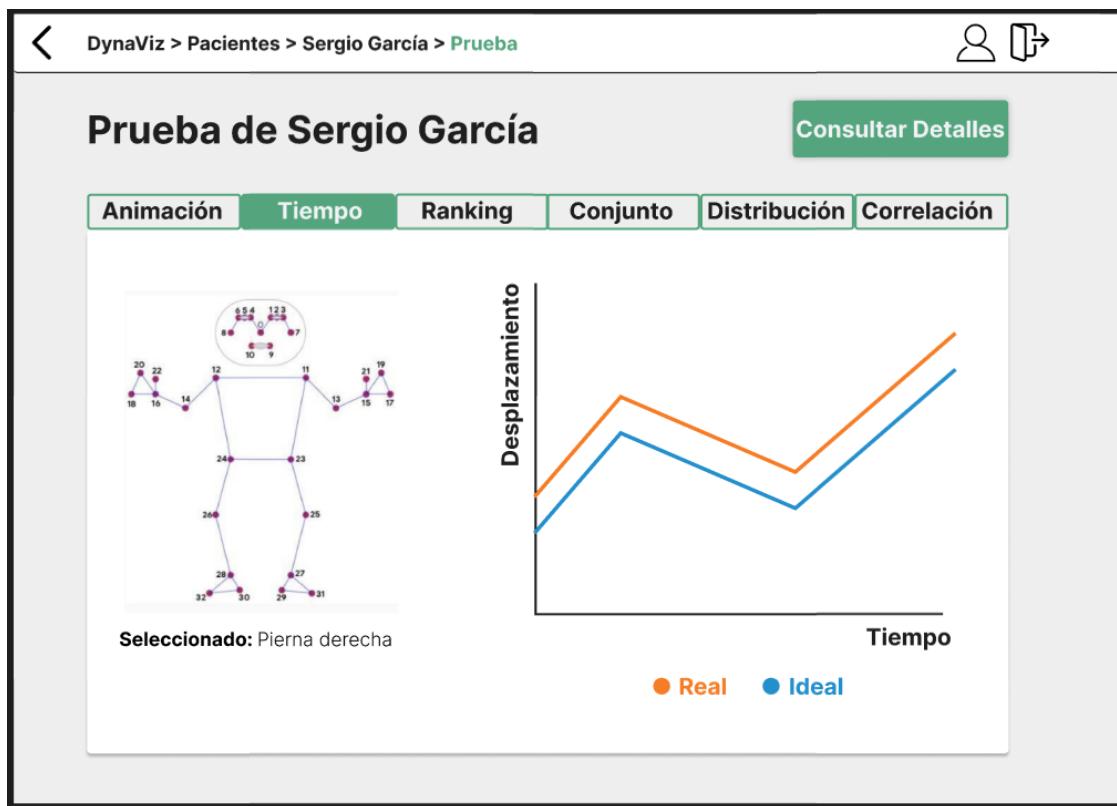


Figura D.17: Ventana de análisis de prueba

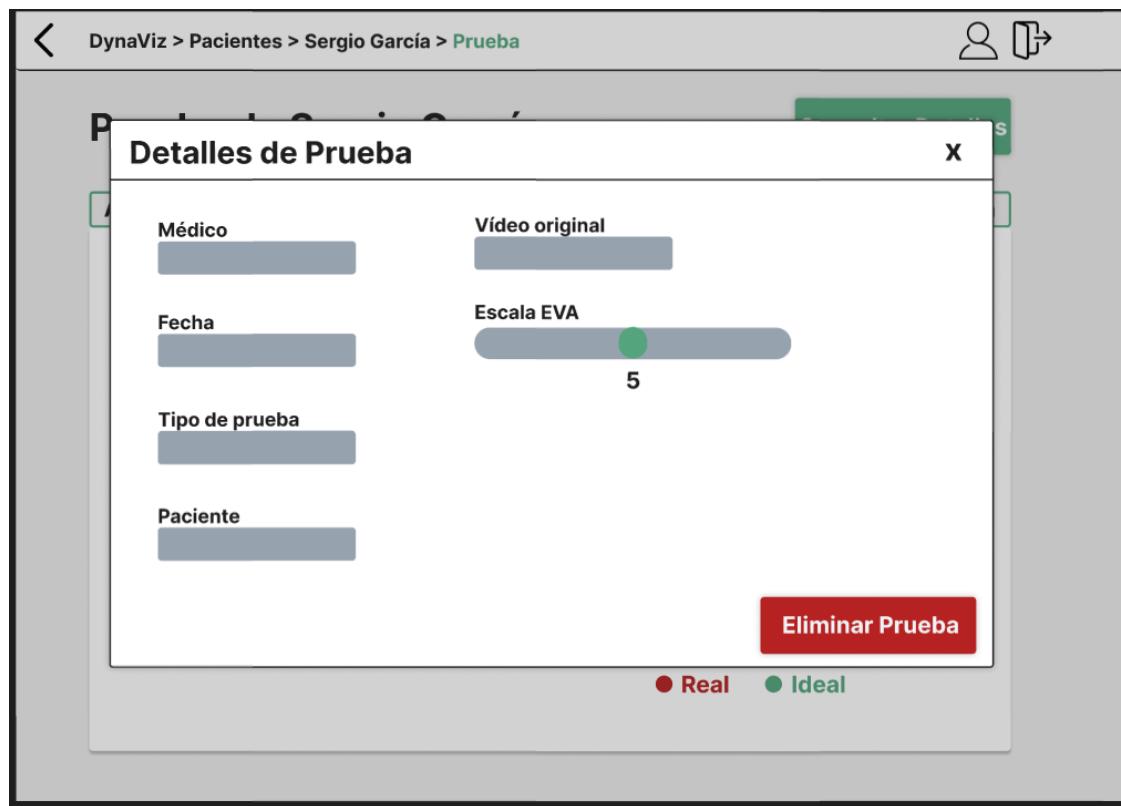


Figura D.18: Ventana modal de detalles de prueba

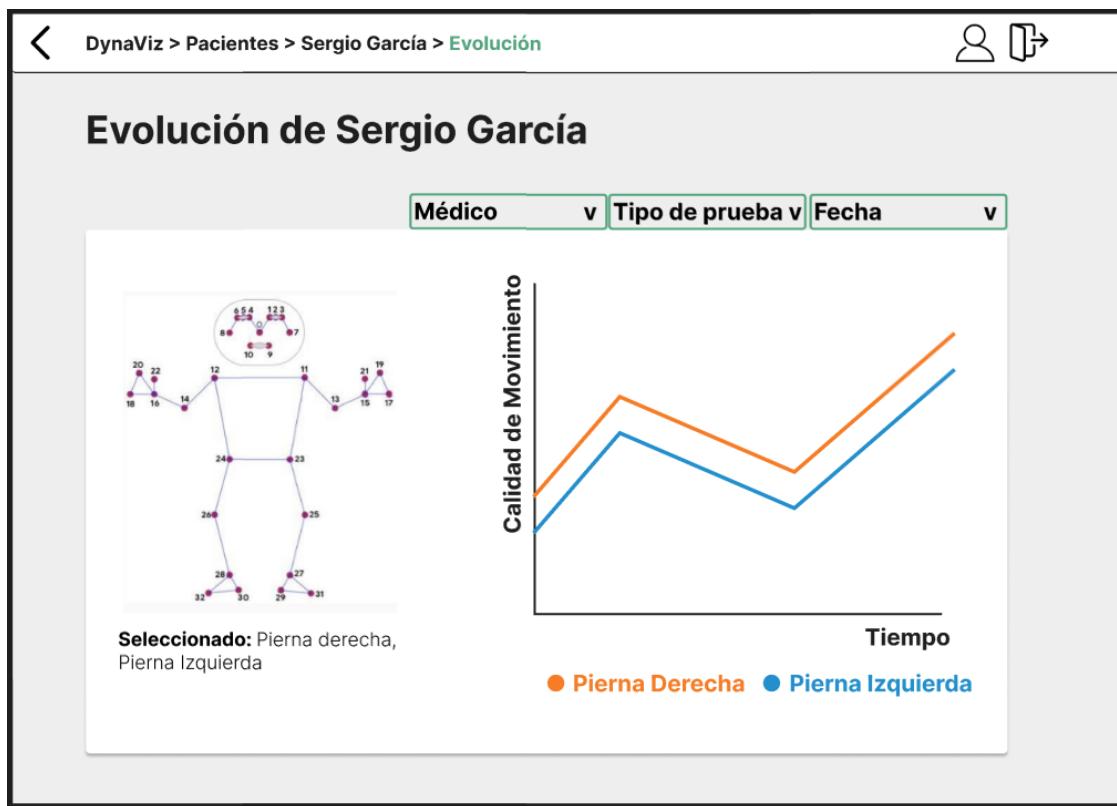


Figura D.19: Ventana de evolución

Anexo E. Estudio de Técnicas de Visualización de Datos

En este anexo se recopilan las diferentes técnicas de visualización propuestas para analizar los datos que se recopilen tras el uso del algoritmo de la inteligencia artificial. No obstante, antes de explorar las diversas técnicas es fundamental identificar los datos a visualizar.

E.1. Identificación de Datos

Los datos que se han identificado para visualizar en la aplicación Web son los que se enumeran a continuación:

- **Duración del vídeo en segundos:** Permite un análisis detallado.
- **Partes del cuerpo de interés para cada tipo de prueba:** Identifica las áreas relevantes para cada evaluación.
- **Desplazamiento ideal y real de cada parte del cuerpo:** Se registra el movimiento óptimo y el movimiento real en cada segundo del vídeo en los ejes x e y.
- **Variación entre desplazamiento ideal y real:** Se analiza la discrepancia entre el movimiento deseado y el observado en cada parte del cuerpo y en cada segundo del vídeo en los ejes x e y.
- **Restricción de movimiento por parte del cuerpo:** Se asigna un valor del 0 al 100 que representa la limitación de movimiento para cada parte del cuerpo. Este cálculo se basa en las variaciones de movimiento observadas en los ejes x e y entre todos los pacientes, siendo el valor máximo (100) la media de las cinco peores situaciones.
- **Restricción de movimiento total después de la prueba:** Al igual que el dato anterior, se asigna un valor del 0 al 100 que indica la restricción de movimiento total tras la prueba. Este valor se calcula considerando la media de las restricciones individuales de movimiento para cada parte del cuerpo entre todos los pacientes, siendo el valor máximo (100) la media de

las cinco peores situaciones.

Una vez identificados los diferentes datos a visualizar, en los siguientes puntos se detallan las diferentes técnicas de visualización de datos para distintos casos.

E.2. Visualización del Tiempo de Vídeo

La Figura E.1 muestra una gráfica de línea que representa el desplazamiento de una parte específica del cuerpo en un eje concreto en cada fotograma del vídeo de la prueba. Esta visualización permite comparar el desplazamiento observado con el desplazamiento ideal.

RODILLA DERECHA

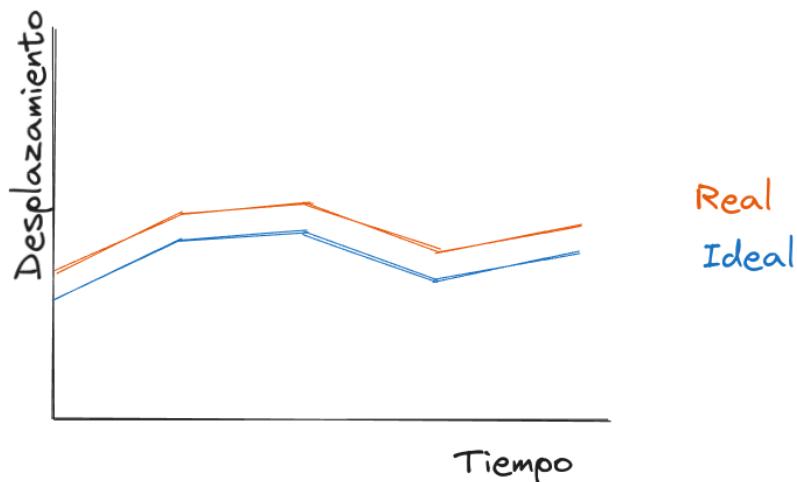


Figura E.1: Gráfica de línea según tiempo de vídeo

E.3. Evaluación de Restricción de Movimiento

Para evaluar la restricción de movimiento de las distintas partes del cuerpo se recurre a técnicas de visualización tipo ranking. Estas pueden ser representadas tanto mediante un diagrama radial, como se ilustra en la Figura E.2, o mediante un gráfico de barras, como se muestra en la Figura E.3. Sin embargo, se sugiere preferir el uso del gráfico de barras debido a su capacidad para diferenciar de manera más clara entre los datos. Además, es relevante señalar que otra alternativa válida es el uso del gráfico de lollipop en lugar del de barras, como se describe en el capítulo del estado del arte.

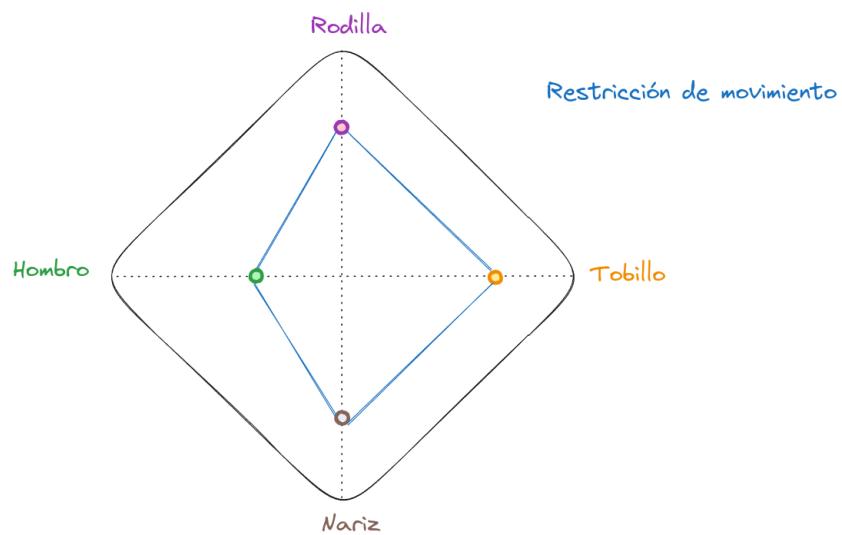


Figura E.2: Diagrama radial para evaluar restricción de movimiento



Figura E.3: Gráfica de barras para evaluar restricción de movimiento

E.4. Análisis Conjunto

Para abordar el análisis integral de la restricción del movimiento se emplean técnicas de visualización que representan el todo y sus partes. Entre estas técnicas se incluyen el gráfico de pastel ejemplificado en la Figura E.4 y el diagrama de árbol representado en la Figura E.5. Aunque el gráfico de pastel podría considerarse como una opción, se prefieren los diagramas de barras o de árbol debido a que ofrecen una percepción visual más clara y efectiva.

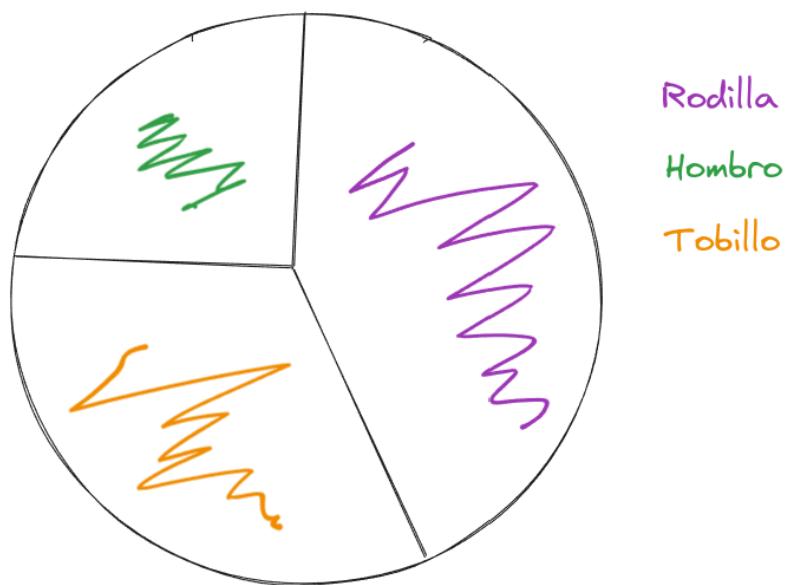


Figura E.4: Gráfico de pastel según el conjunto de la restricción de movimiento

E.5. Distribución de Datos

Para analizar la distribución de los datos específicamente la variación entre el desplazamiento real y el ideal de las distintas partes del cuerpo en un eje específico se emplean técnicas de visualización como el histograma representado en la Figura E.6 y el diagrama de cajas y bigotes ejemplificado en la Figura E.7. Además, es relevante señalar que otras alternativas válidas son el uso de los gráficos de densidad y de violín en lugar de los histogramas y los diagramas de caja y bigotes respectivamente, tal como se describe en el capítulo del estado del arte.

Además, el diagrama de cajas y bigotes puede ser usado para comparar la distribución del desplazamiento real e ideal de una parte del cuerpo específica. Aunque, en este caso será necesario una división de cuando empieza y acaba una repetición del movimiento pedido durante la prueba.

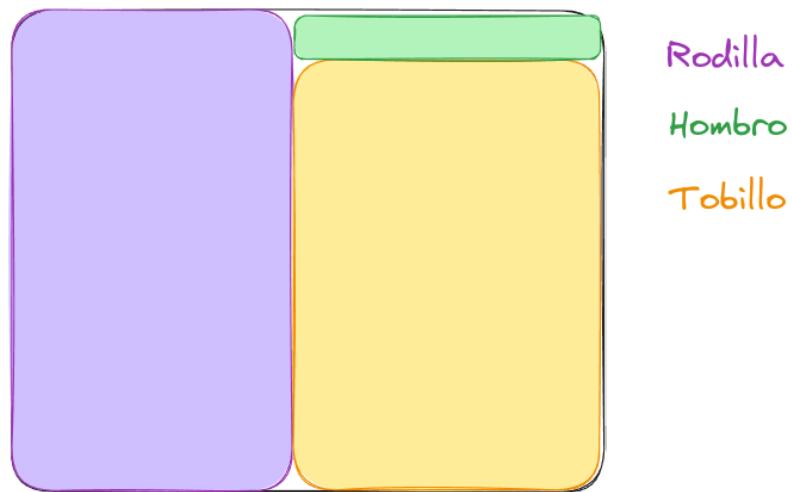


Figura E.5: Diagrama de árbol según el conjunto de la restricción de movimiento

RODILLA DERECHA

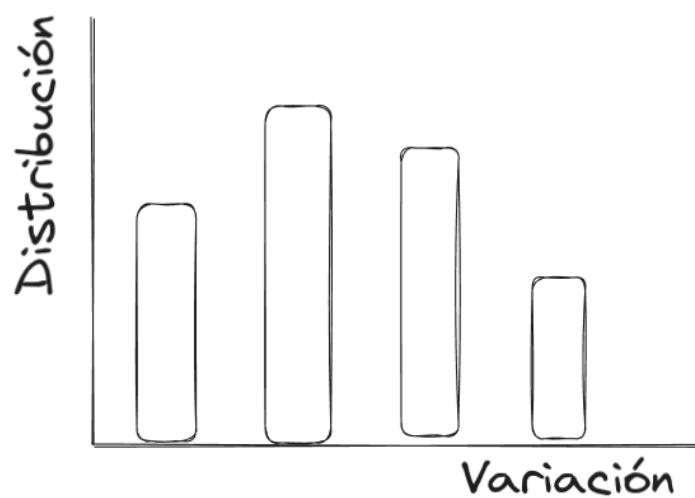


Figura E.6: Histogramas comparando la distribución de variaciones entre el desplazamiento real e ideal

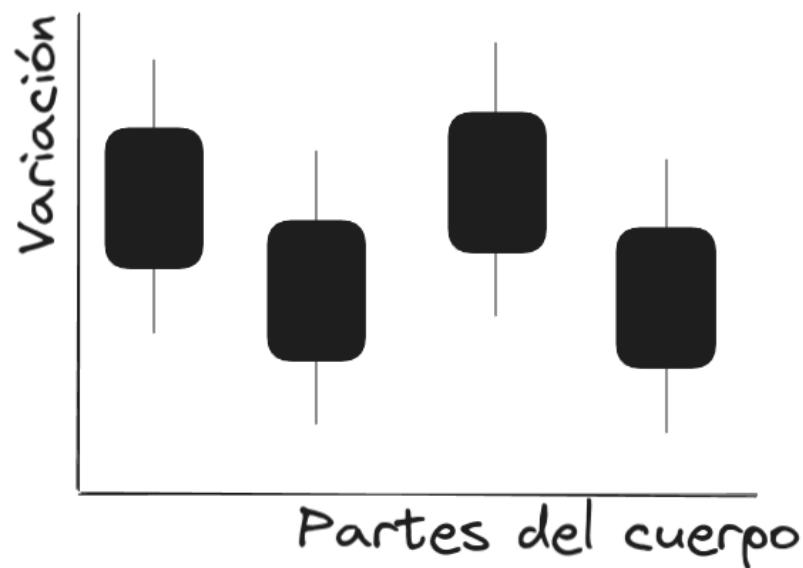


Figura E.7: Diagrama de cajas y bigotes comparando la distribución de variaciones de varias partes del cuerpo

RODILLA DERECHA

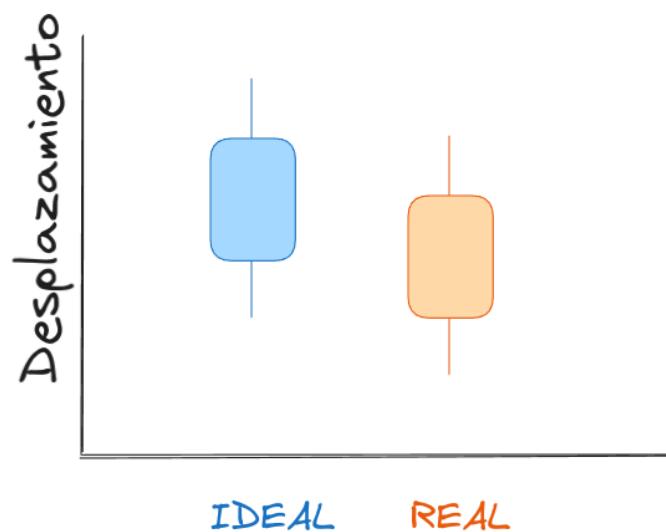


Figura E.8: Diagrama de cajas y bigotes comparando la distribución del desplazamiento real e ideal de una parte del cuerpo

E.6. Correlación entre Partes del Cuerpo

Para observar la correlación entre las diferentes partes del cuerpo, se propone utilizar las técnicas de visualización como el diagrama de burbujas mostrado en la Figura E.9 y el mapa de calor ilustrado en la Figura E.10. En dichos diagramas se relacionan las diferentes partes del cuerpo según si tienen la misma variación en un momento exacto del vídeo.

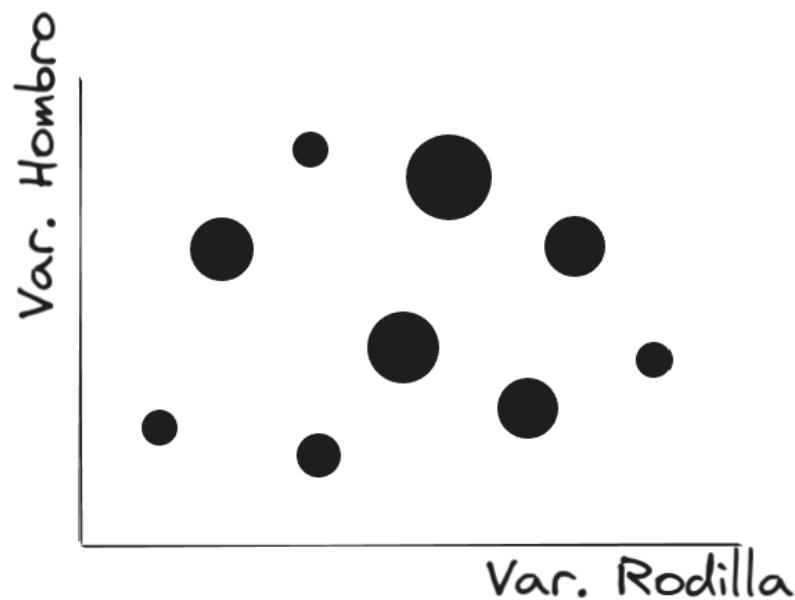


Figura E.9: Diagrama de burbujas según la variación de dos partes del cuerpo en un momento de la prueba

E.7. Evolución del Paciente

Finalmente, para analizar la evolución del paciente se emplean diversas técnicas de visualización que muestren cómo mejora o empeora la restricción de movimiento de las diferentes partes del cuerpo del paciente. Entre estas técnicas se pueden utilizar las gráficas de líneas, tal y como muestra la Figura E.11, las de barras ilustradas en la Figura E.12 y varios diagramas radiales como se observa en la Figura E.13.

Se sugiere además emplear técnicas de análisis de distribución para examinar la manera en que las restricciones de movimiento se distribuyen en distintas partes del cuerpo a lo largo del tiempo. Igualmente, se propone utilizar métodos de correlación para identificar momentos en los que dos regiones corporales presenten restricciones de movimiento similares.

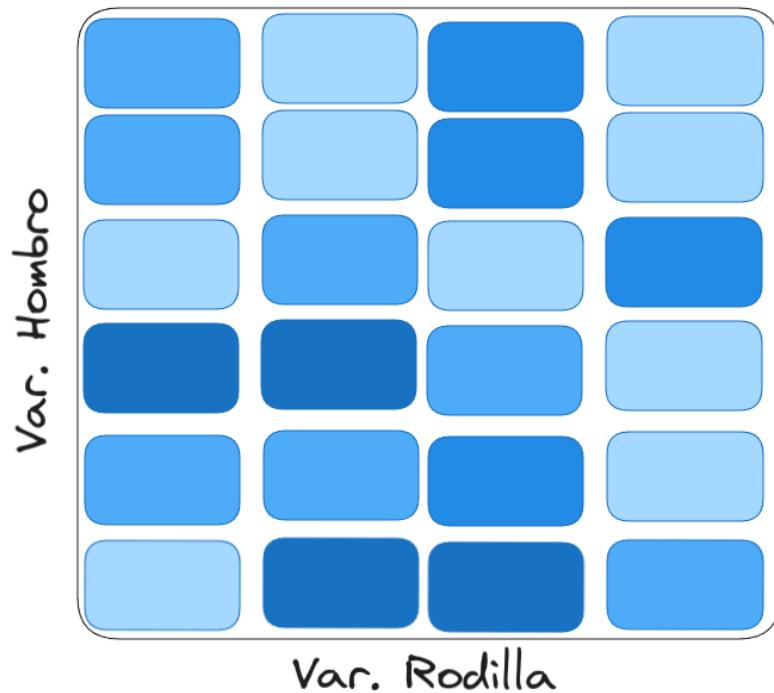


Figura E.10: Mapa de calor según la variación de dos partes del cuerpo en un momento de la prueba

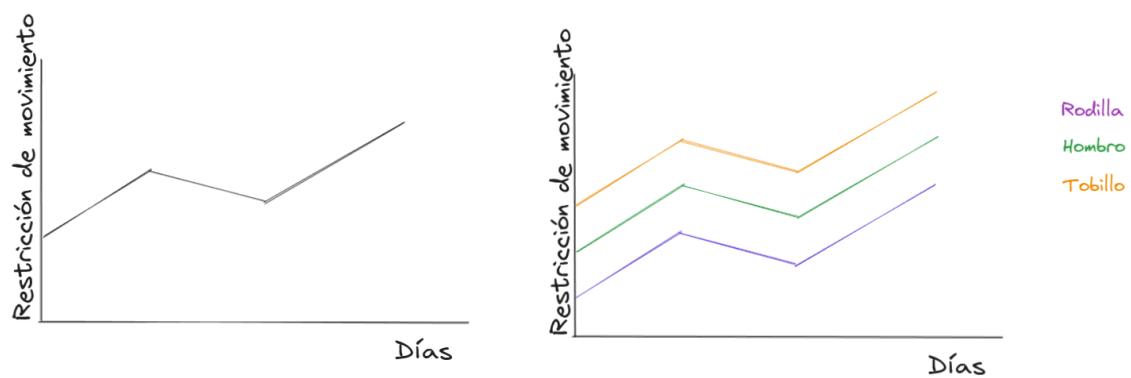


Figura E.11: Gráficas de líneas para analizar evolución del paciente

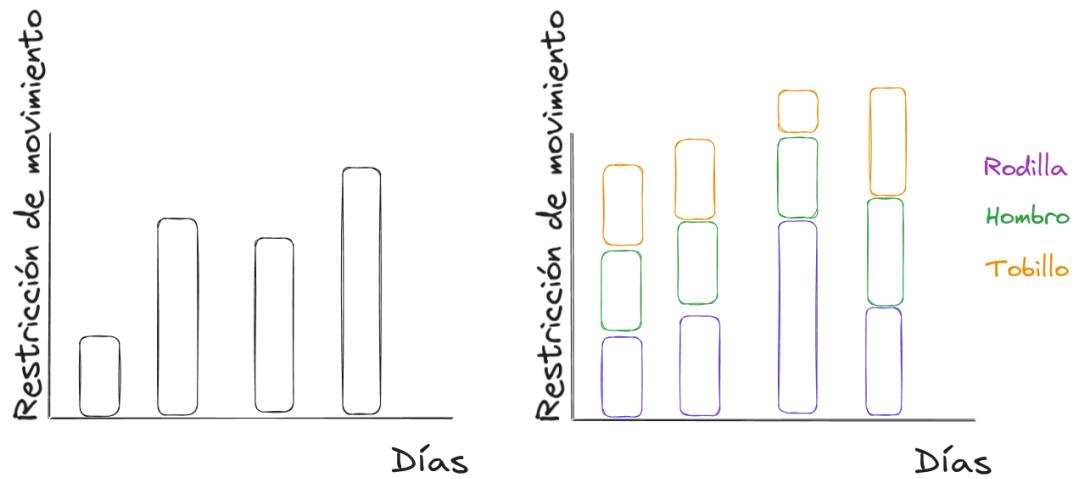


Figura E.12: Gráficas de barras para analizar evolución del paciente

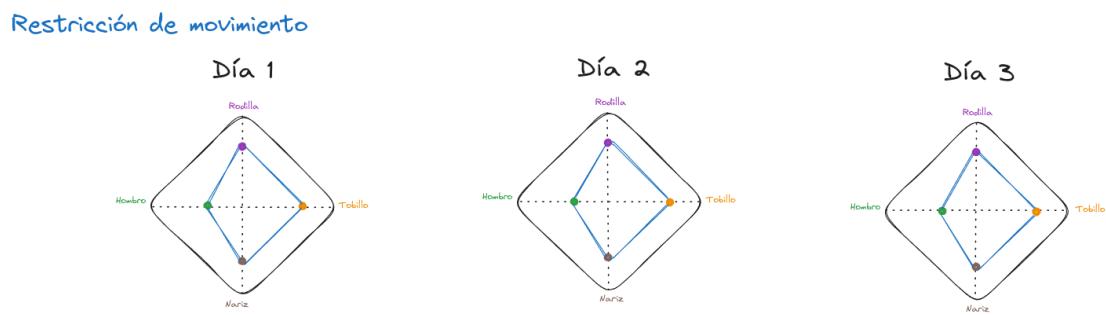


Figura E.13: Diagramas radiales para analizar evolución del paciente

Anexo F. Resultados de Evaluaciones

En este anexo se recogen los resultados del cuestionario **SUS** realizado por los participantes tras completar las tareas de la primera prueba de evaluación. Además, se detalla el proceso que se llevó a cabo para calcular el resultado final.

F.1. Resultados de Cuestionario SUS

Los resultados del cuestionario **SUS** de la primera evaluación se muestran en las siguientes Figuras:

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

F.2. Puntuación del SUS

Para conseguir la puntuación total sobre 100 se siguen los siguientes pasos, según explica Sauro [97]:

1. Para elementos impares se resta uno de la respuesta del usuario.

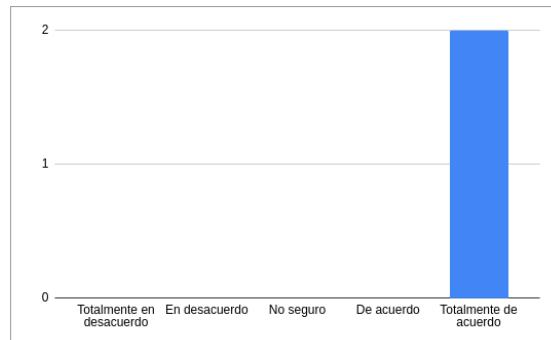


Figura F.1: Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia

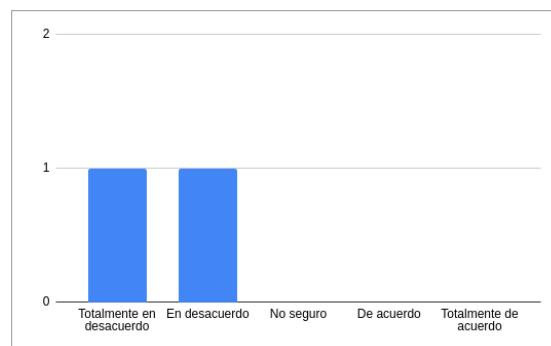


Figura F.2: El sistema me pareció innecesariamente complejo

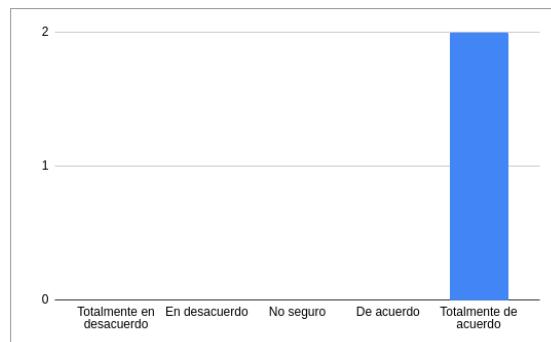


Figura F.3: Pensé que el sistema era fácil de usar

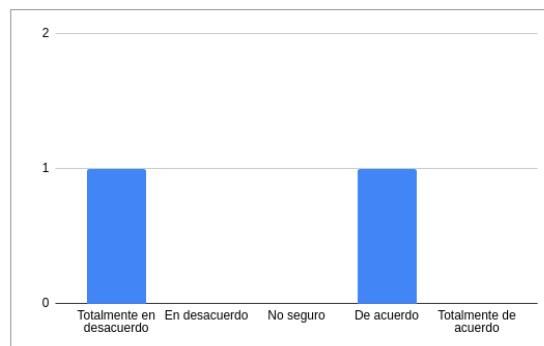


Figura F.4: Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema

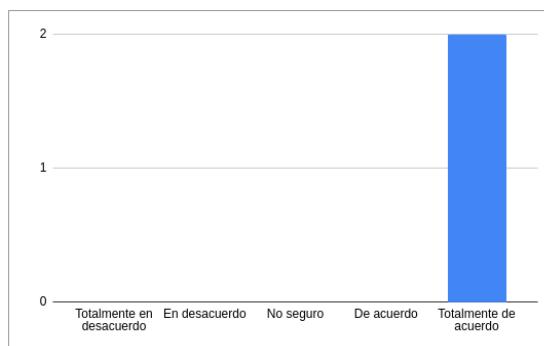


Figura F.5: Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas

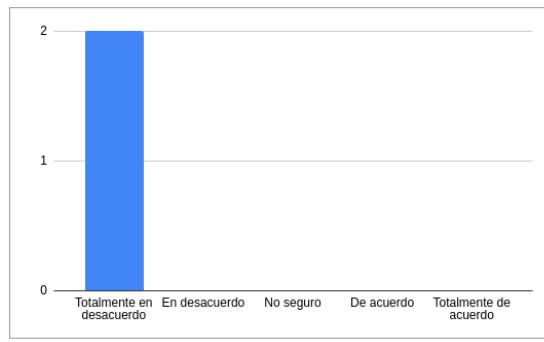


Figura F.6: Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema

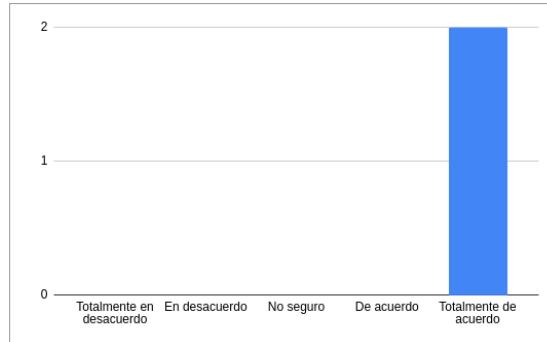


Figura F.7: Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente

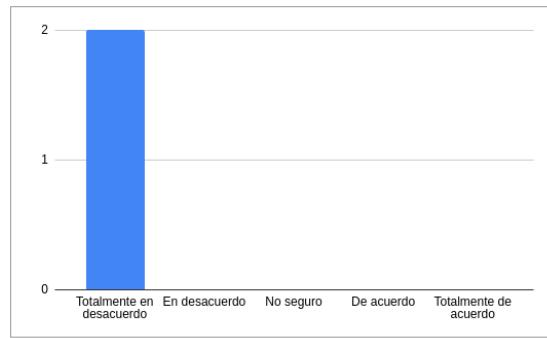


Figura F.8: El sistema me pareció muy complicado de utilizar

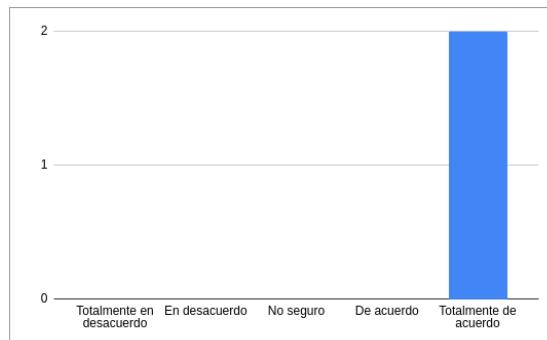


Figura F.9: Me sentí muy seguro al usar el sistema

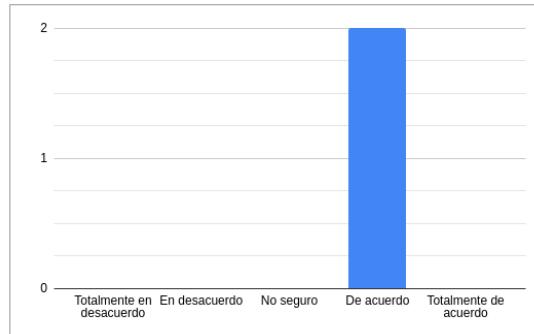


Figura F.10: Necesitaba aprender muchas cosas antes de poder empezar a utilizar este sistema

2. Para elementos pares se restan las respuestas del usuario de 5.
 3. Esto escala todos los valores de 0 a 4 (siendo cuatro la respuesta más positiva).
 4. Se suma las respuestas convertidas para cada usuario y se multiplica ese total por 2,5.
- Esto convierte el rango de valores posibles de 0 a 100 en lugar de 0 a 40.

Anexo G. Despliegue de DynaViz

En este anexo se presenta un detallado proceso para desplegar la aplicación *DynaViz* en un entorno real junto con la estimación del coste final del despliegue. Para implementar una aplicación Web de manera efectiva se requiere configurar un dominio y desplegar tanto el lado del cliente como el servidor, además de la base de datos correspondiente. A continuación, se presenta una descripción detallada de cada uno de estos elementos.

G.1. Proveedor de Dominio

Un proveedor de dominio, como lo describe Balkhi [7], es una empresa que facilita la compra y registro de nombres de dominio. Esto permite acceder a las páginas Web utilizando palabras fáciles de recordar en lugar de direcciones IP.

Los precios de los dominios varían según los servicios ofrecidos y la extensión del dominio. La Figura G.1 muestra algunos de los proveedores de dominios más populares junto con sus precios, como se detalla en *domcomp* [23].

Para *DynaViz*, una opción recomendada es utilizar *NameCheap*, ya que ofrece precios competitivos y es ampliamente reconocido en la actualidad.

Una vez seleccionado el proveedor de dominios, en el siguiente punto se procede a analizar el proveedor de hosting.

Tabla G.1: Comparativa de precios de proveedores de dominio

Servicio	Nuevo dominio	Renovación anual
z.com [112]	\$5.90	\$10.18
namecheap [76]	\$5.98	\$11.88
spaceship [99]	\$8.06	\$8.06

Servicio	Nuevo dominio	Renovación anual
dynadot [25]	\$10.19	\$10.19

G.2. Proveedor de Hosting

En cuanto al hosting, una opción viable para *DynaViz* es continuar utilizando *Render*, donde los pagos se ajustan según el uso de la aplicación Web.

Render ofrece planes mensuales con diversos beneficios, así como opciones basadas en el uso, como se detalla en su página oficial [91]. Los planes mensuales disponibles se presentan en la Figura G.2. Además, para *DynaViz* se requieren dos componentes: un “sitio estático” para el lado del cliente y un “servicio Web” para el lado del servidor.

Tabla G.2: Planes mensuales de *Render*

Características	Individual	Team	Organization	Enterprise
Precio	Gratis	\$19/usuario-mes	\$29/usuario-mes	Custom
Minutos de pipeline gratis	500/mes	500/usuario-mes	500/usuario-mes	Custom
Ancho de banda gratis	100 GB	500 GB	1 TB	Custom
Autoescalado	No	Si	Si	Si

El “sitio estático” ofrece ventajas como un **CDN** ultrarrápido, implementaciones automáticas continuas desde Git, invalidación instantánea de caché y dominios personalizados con **TLS** completamente administrado, todo ello de forma gratuita.

El coste del “servicio Web” depende de la instancia seleccionada, como se muestra en la Figura G.3. Estas instancias se pueden adaptar según las necesidades de la aplicación.

Una vez elegido el proveedor de hosting, el siguiente paso es analizar la opción más adecuada para la base de datos.

Tabla G.3: Instancias de servicios Web de *Render* [91]

Tipo de Instancia	Precio	RAM	CPU
Free	\$0/mes	512 MB	0.1
Starter	\$7/mes	512 MB	0.5
Standard	\$25/mes	2 GB	1

Tipo de Instancia	Precio	RAM	CPU
Pro	\$85/mes	4 GB	2
Pro Plus	\$175/mes	8 GB	4
Pro Max	\$225/mes	16 GB	4
Pro Ultra	\$450/mes	32 GB	8
Custom	Contacto	+512 GB	+64

G.3. Proveedor de Base de Datos

Para la base de datos, al igual que con el hosting, *MongoDB Atlas* sigue siendo una opción sólida. Este servicio ofrece tres planes distintos, como se detalla en su página oficial [69]:

- **Compartido:** es el plan más económico y el que actualmente se utiliza. Los diferentes precios de este plan se muestran en la Figura G.4.
- **Dedicado:** ofrece características mejoradas a cambio de un coste mayor. Los precios de este plan se muestran en la Figura G.5.
- **Serverless:** este plan ofrece un servicio de pago según el uso. Las características y los precios de este plan se detallan en la Figura G.6.

Para *DynaViz*, una opción recomendada es utilizar el plan *Serverless*. De esta manera, la base de datos puede escalar junto con la aplicación Web conforme se le vaya dando uso con el tiempo.

Tabla G.4: Plan compartido de *MongoDB Atlas*

Almacenamiento	RAM	vCPUs	Precio
512 MB	Compartido	Compartido	Gratis
2 GB	Compartido	Compartido	\$9/mes
5 GB	Compartido	Compartido	\$25/mes

Tabla G.5: Plan dedicado de *MongoDB Atlas*

Almacenamiento	RAM	vCPUs	Precio
10 GB	2 GB	2	\$0.08/hora
1000 GB	192 GB	48	\$10.99/hora
4000 GB	768 GB	96	\$33.26/hora

Tabla G.6: Plan serverless de *MongoDB Atlas*

Item	Descripción	Precio
RPU	Número de operaciones de lectura	\$0.10/millón ¹
WPU	Número de operaciones de escritura	\$1.00/millón
Almacenamiento	Datos guardados	\$0.25 / GB-mes
Transferencia de datos	Datos entrantes y salientes	\$0.01 - \$0.20/GB ²

G.4. Conclusiones

En conclusión, con un proveedor de dominios, un proveedor de hosting como *Render* y un proveedor de bases de datos como *MongoDB Atlas* se conseguirá desplegar la aplicación *DynaViz* de manera que el coste dependerá del uso que se le dé.

A modo de ilustración, en la Tabla G.7 se realiza una estimación basada en un uso promedio de la aplicación Web en relación con la base de datos, dando como resultado un precio final de \$40 al mes. Además, en la Tabla G.8 se opta por utilizar *Namecheap* para el dominio, el plan *Individual* de *Render* y la instancia *Standard* del servicio Web proporcionado por *Render*.

Con base en lo anterior, se llega a las conclusiones presentadas en la Tabla G.9. El primer mes implicaría un coste de \$70.98 debido al pago inicial de *Namecheap*. Posteriormente, cada mes tendría un coste de \$65 y cada primer mes del año requeriría \$76.88 para renovar el dominio en *Namecheap*.

Tabla G.7: Suposiciones de uso de *MongoDB Atlas*

Item	Suposición de uso	Precio
RPU	25 millones	\$2.50
WPU	5 millones	\$5.00
Almacenamiento	100 GB	\$25
Transferencia de datos	150 GB (a un precio promedio de \$0.05 por GB)	\$7.50

¹Para los primeros 50 millones por día

²Dependiendo del tráfico de la fuente y del destino

Tabla G.8: Suposiciones de uso de servicios

Servicios	Elección	Precio	Renovación anual
Proveedor de dominios	Namecheap	\$5.98	\$11.88
Render - Plan mensual	Individual	\$0	-
Render - Instancia Servicio Web	Standard	\$25/mes	-
Base de datos	MongoDB Atlas	\$40/mes	-

Tabla G.9: Precios finales según suposiciones

Concepto	Coste
Primer mes	\$70.98
Meses subsiguientes	\$65
Renovación anual	\$76.88

