



Universidad de Valladolid

Escuela de Ingeniería Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Informática
de Servicios y Aplicaciones

**IMM: “*Intelligent
Multipower Machine*”**

Autor:

D. Iván Prieto Rubio

Tutor:

D. Luis Ignacio Sebastián Martín

Índice general

Resumen	10
Introducción	11
1.1 Motivación.....	12
1.2 Contexto	13
1.3 Visión y alcance	17
1.3.1 Visión del proyecto.....	17
1.3.2 Alcance del proyecto	17
1.4 Objetivos.....	19
1.5 Estructura del documento	22
Estado del Arte	23
2.1 Máquina de Musculación Squat AIR300.....	23
2.2 Technogym Kinesis Personal	24
2.3 Smart Force.....	25
2.4 Comparativa Máquinas Fitness	26
Fundamentos Teóricos	28
3.1 Inteligencia Artificial y Redes Neuronales	28
3.2 Sentadilla “Squat”	29
3.3 Máquina multipower.....	30
Análisis.....	31
4.1 Actores del Sistema	31
4.2 Requisitos de Usuario	32
4.3 Casos de Uso y Especificación	33
4.4 Requisitos Funcionales	38
4.5 Requisitos No Funcionales.....	41
4.5 Requisitos de Información.....	42
Diseño	43
5.1 Arquitectura física	43
5.2 Arquitectura lógica	44
5.3 Diagramas de secuencia	45
5.4 Diseño de Interfaz.....	49
Funcionamiento.....	53
6.1 Descripción técnica.....	53
6.1.1 Sistemas de escaneo 3D	53
6.1.2 Sistemas de termografía.....	55
6.1.3 Sistema de automatización del peso	56

6.1.4 Barra olímpica multipower	56
6.1.5 Pantalla táctil	57
6.1.6 Redes neuronales recurrentes.....	57
6.1.7 Redes neuronales recurrentes LSTM.....	58
6.1.8 Aplicación web.....	60
Planificación y Presupuesto	61
7.1 Metodología empleada	61
7.2 Planificación en el calendario	63
7.3 Presupuesto	64
7.3.1 Estimación del hardware	64
7.3.2 Estimación del software	65
7.3.3 Estimación de los recursos humanos	65
7.3.4 Estimación de costes adicionales	66
7.3.5 Suma de los costes.....	67
7.4 Herramientas empleadas	67
7.4.1 Modelado de diagramas	67
7.4.2 Fabricación del software de la aplicación móvil y pantalla táctil	67
Conclusiones	68
8.1 Conclusiones	68
8.2 Futuras mejoras.....	69
Bibliografía.....	70

Índice de Figuras

Figura 1.1: Test de Turing	13
Figura 1.2: Red neuronal no recurrente	14
Figura 1.3: Red neuronal recurrente	14
Figura 1.4: Árbol de características	18
Figura 2.1: Máquina de musculación Squat AIR300	24
Figura 2.2: Technogym Kinesis Personal	25
Figura 2.3: Smart Force.....	26
Figura 4.1: Diagrama de Casos de Uso	33
Figura 4.2: Diagrama Entidad-Relación	42
Figura 5.1: Diagrama de arquitectura física	43
Figura 5.2: Diagrama de arquitectura lógica	44
Figura 5.3: Diagrama de clases	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5.4: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.01: Iniciar Sesión	45
Figura 5.5: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.02: Seleccionar peso	46
Figura 5.6: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.03: Seleccionar repeticiones	46
Figura 5.7: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.04: Seleccionar número de series.....	46
Figura 5.8: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.05: Seleccionar método	47
Figura 5.9: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.06: Comenzar ejercicio.....	47
Figura 5.10: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.07: Terminar ejercicio	48
Figura 5.11: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.08: Guardar Datos.....	48
Figura 5.12: Diagrama de Secuencia Caso de Uso U.09: Cerrar sesión	49
Figura 5.13: Inicio de sesión	49
Figura 5.14: Página principal de un usuario	50
Figura 5.15: Página selección de datos.....	50
Figura 5.16: Página realizar y finalizar ejercicio	51
Figura 5.16: Guardar datos.....	51
Figura 5.17: Máquina IMM.....	52
Figura 6.1: Funcionamiento del sistema de escaneado	53
Figura 6.2: Escaneo corporal	54
Figura 6.3: Procesado de los datos del escaneo.....	54

Figura 6.4: Cámaras termográficas.....	55
Figura 6.5: Termografía corporal.....	55
Figura 6.6: Fases de la sentadilla	56
Figura 6.7: Anclaje de la máquina multipower.....	56
Figura 6.8: Pantalla táctil	57
Figura 6.9: Redes neuronales recurrentes y temporales	58
Figura 6.10: Redes neuronales recurrentes LSTM.....	59
Figura 6.11: Redes neuronales recurrentes LSTM con varias iteraciones.....	60
Figura 6.12: App web.....	60
Figura 7.1: Planificación temporal del documento	63

Índice de Tablas

Tabla 1.1: Formato de los objetivos	19
Tabla 1.2: Objetivos del documento	19
Tabla 1.3: Formato criterios de aceptación.....	20
Tabla 1.4: Primer criterio de aceptación	20
Tabla 1.5: Segundo criterio de aceptación	20
Tabla 1.6: Tercer criterio de aceptación.....	21
Tabla 1.7: Cuarto criterio de aceptación	21
Tabla 2.1: Comparación máquinas deportivas	26
Tabla 4.1: Actores del sistema.....	31
Tabla 4.2: Actor Usuario	31
Tabla 4.3: Actor Sensores de escaneado 3D.....	31
Tabla 4.4: Actor Sensores de termografía	32
Tabla 4.5: Requisitos de Usuario	32
Tabla 4.6: Casos de Uso	33
Tabla 4.7: Caso de Uso Iniciar Sesión	34
Tabla 4.8: Caso de Uso Seleccionar Peso.....	34
Tabla 4.8: Caso de Uso Seleccionar Repeticiones	35
Tabla 4.9: Caso de Uso Seleccionar Número de series.....	35
Tabla 4.10: Caso de Uso Seleccionar Método de entrenamiento.....	36
Tabla 4.11: Caso de Uso Comenzar ejercicio.....	36
Tabla 4.12: Caso de Uso Terminar ejercicio	37
Tabla 4.13: Caso de Uso Guardar datos	37
Tabla 4.14: Caso de Uso Cerrar sesión	38
Tabla 4.15: Requisito funcional Iniciar sesión como usuario	38
Tabla 4.16: Requisito funcional Seleccionar peso	39
Tabla 4.17: Requisito funcional Seleccionar repeticiones.....	39
Tabla 4.18: Requisito funcional Seleccionar número de series.....	39
Tabla 4.19: Requisito funcional Seleccionar método de entrenamiento.....	40
Tabla 4.20: Requisito funcional Comenzar ejercicio	40
Tabla 4.21: Requisito funcional Terminar ejercicio	40
Tabla 4.22: Requisito funcional Guardar entrenamiento.....	40
Tabla 4.23: Requisito funcional Cerrar sesión	41

Tabla 4.24: Requisito no funcionales.....	41
Tabla 5.1: Inicio de sesión.....	49
Tabla 5.2: Página principal de un usuario.....	50
Tabla 5.3: Página Selección de datos.....	50
Tabla 5.4: Página realizar y finalizar ejercicio.....	51
Tabla 5.5: Guardar datos.....	51
Tabla 5.6: Máquina IMM.....	52
Tabla 7.1 Gestión del esfuerzo en horas.....	62
Tabla 7.2 Gestión del esfuerzo en puntos de historia.....	62
Tabla 7.3 Presupuesto hardware.....	64
Tabla 7.4 Presupuesto ordenador.....	65
Tabla 7.5 Presupuesto recursos humanos.....	66
Tabla 7.6 Presupuesto costes adicionales.....	66
Tabla 7.7 Presupuesto final.....	67

Resumen

Hoy en día, la tecnología se sigue presentando como una continua revolución que genera un gran impacto en la mayoría de las áreas de conocimiento existentes y, en particular, en el ámbito deportivo son muchos los avances y beneficios que se han obtenido a raíz de aplicar dicha tecnología a un conjunto específico de máquinas y métodos deportivos.

Este proyecto analiza la viabilidad de crear una máquina avanzada nombrada IMM (*intelligent multipower machine*) que ocasione un antes y un después dentro del mundo del Fitness y sea la revolución y la necesidad de muchos establecimientos deportivos.

IMM contará con un sistema de escaneo 3D y termografía, sumado a una aplicación donde un usuario registrado y tras la ejecución del ejercicio específico de sentadilla “squat”, obtendrá un conjunto de análisis y resultados con el objetivo de mejorar sus capacidades, su rendimiento y así, conseguir evitar posibles situaciones lesivas, además de mejorar sus conocimientos deportivos.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Redes Neuronales, Sistema de escaneo 3D, Sistema de termografía, Sentadilla.

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad, son incontables la cantidad de masas de personas que ponen su vida en riesgo debido a la inactividad física, siendo este uno de los principales factores de riesgo de mortalidad a nivel mundial. Según un estudio de la Organización Mundial de la Salud en 2018, uno de cada cuatro adultos y con una cifra superior al 80% de la población mundial adolescente, no poseen un nivel suficiente de actividad física, ocasionando un incremento del número de enfermedades no transmisibles como pueden ser el cáncer o la diabetes.

Sin embargo y siendo conscientes de esto, muchos usuarios han decidido luchar y llevar a cabo un estilo de vida saludable, causando un crecimiento considerable desde hace años. En España, el número de socios se ha visto incrementado desde 2015 hasta 2020, sumando un total de 5,3 millones de personas que están apuntadas a un gimnasio o club de fitness, es decir, un 11,4% de la población española según un estudio de la empresa NetSportg (2020). Así mismo, abrir un centro deportivo en 2022 se está convirtiendo en una gran carrera de obstáculos debido al gran impacto de la pandemia y al nivel de regreso de los usuarios a este tipo de instalaciones.

Los centros de acondicionamiento físico dotan del material, personal e implementos necesarios para que las personas puedan seguir esa línea fitness y logren una evolución positiva tanto a nivel personal como en salud. Sin embargo, muchas de ellas sufren de un desconocimiento general a la hora de poner en práctica una metodología de entrenamiento, realizar una correcta técnica en determinados ejercicios, establecer un rango específico de repeticiones o un intervalo de peso en función de una máquina u otra, dando lugar a un importante fenómeno de abandono tanto en personas adultas como en adolescentes. Debido a esto, resulta importante destacar que los trabajadores o instructores de estos centros, deben ser personal altamente cualificado y con conocimientos en áreas médicas como fisiología, anatomía, etc, ya que su trabajo es guiar en todo momento a este grupo de personas, pero el factor clave que ha conseguido que el sector del fitness y la musculación evolucione con gran intensidad, es la introducción y el avance de la tecnología en las distintas máquinas deportivas.

Como consecuencia de esto, son muchos los establecimientos o su gran mayoría los que buscan actualizar y mejorar sus instalaciones, con el objetivo de que la práctica de la actividad física se convierta en un hábito constante a lo largo de la vida de todas las personas, por los beneficios que genera, y que aporten un mínimo de conocimientos para lograr que el usuario consiga una base rígida con la cual, pueda realizar los ejercicios y movimientos de forma correcta.

La inteligencia artificial se presenta como un recurso imprescindible para satisfacer las necesidades y los objetivos de los clientes. Dentro de la rama de la IA aparecen las redes neuronales artificiales, como representación de los sistemas neuronales del ser humano, que han demostrado interpretar la información para generar y predecir posibles resultados, logrando avances en la planificación de entrenamientos y ejecución de los ejercicios.

La investigación que se redacta a continuación busca el planteamiento para crear una máquina deportiva llamada IMM (*intelligent multipower machine*) que ayude en específico a un usuario a mejorar su rendimiento en la ejecución de una sentadilla “*squat*” mediante la obtención de un conjunto de análisis y resultados en función de unos parámetros específicos.

1.1 Motivación

La realización de este trabajo es consecuencia de los conocimientos aprendidos en mi evolución en el grado de Ingeniería Informática y Servicios de Aplicaciones, sumado al gran interés por mejorar la calidad, la experiencia y la filosofía de entrenamiento de muchos usuarios en centros deportivos.

La influencia de la informática y la tecnología en el deporte es cada vez mucho más amplia, desde el nivel más básico hasta el más profesional. Todas las mejoras e innovaciones que han ido surgiendo, han sabido adaptarse a este ámbito tan complejo ofreciendo materiales con los que mejorar el rendimiento, instrumentos de análisis y medición precisos, dispositivos que previenen lesiones o que facilitan al usuario una correcta recuperación, etc. Gracias a estas dos, el sector fitness y deportivo se ha visto mejorado y muy reforzado, aportando una gran lista de beneficios y ventajas que poco a poco, van llegando a más y más personas.

Durante estos cuatro años de carrera universitaria, he tenido la gran oportunidad de trabajar como instructor de gimnasio y monitor de alto rendimiento en Dreamfit Segovia, siendo esta una de las principales razones por las que me he guiado a realizar este proyecto. Dentro de este establecimiento deportivo, son muchos los usuarios que, durante mi trayecto, se han visto introducidos en este mundo desconocido del fitness y se han visto obligados a pedir ayuda a mi persona con el objetivo de obtener unos conocimientos mínimos con los que comenzar a entrenar dentro de un gimnasio. No obstante, hay que destacar que cada máquina y ejercicio posee unas características únicas. Por otro lado, no me puedo olvidar del gran rango de usuarios que acuden por lesiones o enfermedades, y que requieren de un material específico o de algún personal experto. Como consecuencia de esto, cada vez es mayor el número de personas que buscan contratar un entrenador personal que les guíe en todo momento durante los entrenamientos para que puedan afrontar con seguridad los nuevos retos que vayan encontrando dentro de este mundo, aunque su situación económica se vea afectada y de qué forma.

Debido a esto, me he limitado a estudiar el movimiento y la ejecución de la sentadilla, pues se trata de un ejercicio muy completo que requiere de mucha técnica y que se ve realizado por una gran mayoría de los usuarios que entrenan de forma constante en un centro deportivo.

Con este trabajo y la posible creación de la máquina deportiva IMM, busco proyectar la importancia de seguir avanzando en esta revolución tecnológica que logra grandes resultados, afianzar la relación “máquina – ser humano” con la cual recojan los conocimientos mínimos para que puedan entrenar de forma independiente y dotar al usuario del material necesario para que puedan conseguir las mejoras y objetivos que se propongan.

1.2 Contexto

Este apartado describe el contexto en el que se desarrolla el documento, incluyendo las definiciones y conceptos importantes relacionados con este mismo. Se pretende dotar al lector de unos conocimientos con los que pueda entender las bases en las que se sustenta dicho proyecto, tanto teóricas como procedimentales. Estos aspectos pueden ser consultados en varias secciones de nuestra memoria.

Inteligencia Artificial

Hacemos referencia a la IA como el conjunto de sistemas que piensan/actúan como humanos/racionalmente. Tiene su base en muchas áreas de conocimiento como pueden ser la filosofía, economía, matemáticas, neurociencia... Se parte de un modelo que es el ser humano, y el objetivo es crear un sistema que se haga pasar por uno de ellos. Para concluir si una máquina es inteligente, se creó en 1950 el “*Test de Turing*” por Alan Turing, en el cual se establece un evaluador humano con la función de identificar si las respuestas obtenidas a partir de una serie de preguntas planteadas procedían o no de un ser humano, y de no saberlo, la máquina superaría esta prueba.

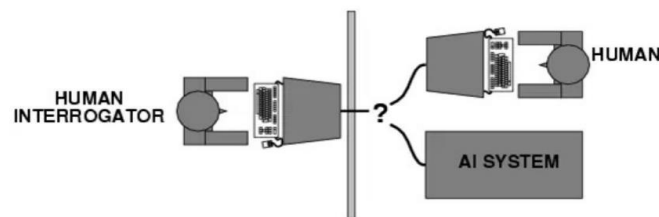


Figura 1.1: Test de Turing

A raíz de esto, se han ido creando modelos que determinan cómo piensan los humanos, se han intentado establecer teorías sobre cómo trabaja la mente, se ha estudiado la lógica como concepto en el que cual se fundamentan las leyes de pensamiento y se han creado agentes inteligentes o racionales que perciban el entorno mediante sensores y lo modifiquen a través de actuadores. En la actualidad, son incontables la cantidad de aplicaciones que involucran IA, como puede ser la robótica, medicina, reconocimiento de voz, predicciones de demanda y planificación...

Redes neuronales

Una red neuronal es un conjunto de nodos, es decir, de neuronas que se encuentran interconectadas entre ellas. La estructura básica está formada por tres capas: una de entrada, otra de salida y una intermedia (capa oculta). La neurona es el elemento principal de la red neuronal que se encarga de recibir la información o los parámetros que van a ser procesados mediante una serie de funciones o algoritmos matemáticos para distribuirlos a otras neuronas de las siguientes capas. Dependiendo de la tarea a desarrollar, encontramos dos tipos de conexiones:

- Redes neuronales no recurrentes: No existe la retroalimentación, la información trabaja en un único sentido y las neuronas carecen de memoria.

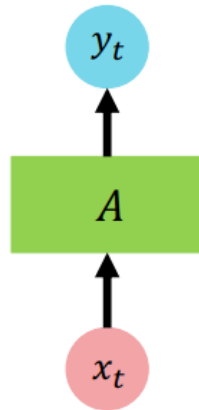


Figura 1.2: Red neuronal no recurrente

- Redes neuronales recurrentes: Existe la retroalimentación, las neuronas pueden trabajar con otras de la misma o de diferentes capas, permitiendo que estas tengan memoria. Suelen ser más potentes que las no recurrentes.

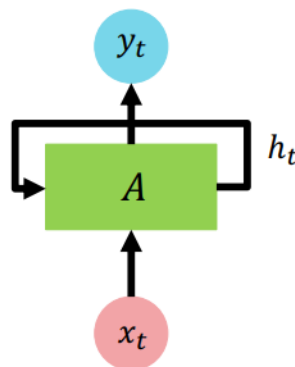


Figura 1.3: Red neuronal recurrente

Sistema de escaneado 3D

El escaneado 3D es un sistema que implica la recopilación de datos sobre la forma y la apariencia de un concepto, y a continuación, el uso de esos datos para construir modelos 3D digitales. La mayoría de los escáneres cuentan con un sensor para medir la distancia entre una cámara y un objeto. Estos, además son capaces de identificar puntos 3D calculados a partir de fotos y medición de profundidad mediante triangulación con cada punto que aparece en la pantalla individualmente. En su conjunto, se crea una nube de puntos que es una representación visual de nuestro objeto y se construye una malla que será nuestro modelo 3D formado por superficies y que puede estar texturizada.

Sistema de termografía (termografía infrarroja)

Un sistema de termografía es una técnica que determina la temperatura de cualquier objeto o ser vivo. Permite captar la radiación infrarroja utilizando cámaras térmicas o de termovisión. Dentro de este campo, encontramos la termografía infrarroja como una técnica de diagnóstico de enfermedades y patologías, cuyo funcionamiento consiste en calibrar cambios en la temperatura superficial de la piel de un ser humano a través de imágenes térmicas infrarrojas. La gama de colores revela un aumento o disminución de la radiación infrarroja que emite la superficie cutánea. Dentro del ámbito deportivo, podremos observar aquellos grupos musculares más usados para la realización de un determinado ejercicio o en caso de lesiones, las zonas más afectadas marcadas con un color más intenso. Normalmente y debido al alto grado de simetría de nuestro cuerpo, será sencillo resaltar e identificar las asimetrías de temperaturas anormales.

Razonamiento automático

El razonamiento automático es la rama de la Inteligencia Artificial que se encarga de aplicar razonamiento en forma de lógica a los sistemas informáticos. Su finalidad es obtener un resultado final esperado mediante una serie de suposiciones previas y la realización de unas inferencias lógicas. El programa de razonamiento recibirá el dominio de un problema como entrada y generará una solución como salida. Principalmente, este término es usado para verificar y encontrar pruebas matemáticas, resolver razonamientos filosóficos, obtención de análisis y resultados estadísticos, etc.

Metodología de trabajo UVAgile

Por otro lado, creo conveniente destacar el tipo de metodología que he llevado a cabo para la realización de este proyecto. Se trata de la metodología UVAgile, una propuesta docente lanzada por la Universidad de Valladolid cuyo objetivo es implantar los valores y principios de Agile en la enseñanza universitaria.

El aula ágil apuesta por un proceso de enseñanza-aprendizaje incremental, es decir, un trabajo que se encuentre dividido en “sprints de aprendizaje” de semejante duración, durante los cuáles se llevarán a cabo las tareas marcadas para alcanzar los objetivos propuestos. En lo que se refiere a este TFG, el trabajo ha sido planificado para realizarlo durante 4 Sprints de 4-5 semanas cada uno. Dentro de cada sprint, encontramos una serie de eventos que deben ejecutarse para cumplir con los requisitos de esta metodología y conseguir un trabajo más organizado y estructurado, entre ellos encontramos:

- **Sprint Planning:** Primera reunión en la que se detallan los objetivos y se planifican las tareas necesarias del sprint, destacando cómo se llevarán a cabo, el tiempo que vamos a requerir y quién las realizará.
- **Weekly Meetings:** Reuniones de corta duración (máximo 15 minutos) en las que se comunica el trabajo realizado, se repasa y se analizan los impedimentos encontrados y se continúa con el trabajo a realizar.
- **Sprint Review:** Reunión que se realiza al final de cada sprint con la intención de evaluar el trabajo realizado y analizar la satisfacción de los objetivos.
- **Sprint Retrospective:** Última reunión del sprint en la que nos autoevaluamos y creamos planes de mejoras y formas de avanzar en la calidad del producto para el siguiente sprint.

La adaptación de la metodología la encontramos especificada en el Capítulo 7 de Planificación y Presupuesto

Sentadilla Squat

La sentadilla o “*Squat*” es un tipo de ejercicio físico que se realiza con el objetivo de desarrollar los músculos y fortalecer los ligamentos y tendones que intervienen en su ejecución, sobre todo enfocada para el entrenamiento del tren inferior del cuerpo humano.

Este ejercicio consiste en flexionar las rodillas, mantener el torso, el abdomen y el cuello rectos para conseguir verticalidad y bajar el cuerpo para regresar posteriormente a una posición erguida.

Dentro de las modalidades de la sentadilla, podemos realizar este ejercicio incluyendo algún tipo de resistencia o peso, es decir, material deportivo como pueden ser una barra y discos laterales, sacos de resistencia, ketelbells... o de la forma más sencilla, con nuestro propio peso corporal.

Es importante recalcar que esta actividad requiere de una técnica específica, pues una mala posición o incorrecta realización de la sentadilla, puede derivar en lesiones o desgarros musculares.

1.3 Visión y alcance

1.3.1 Visión del proyecto

IMM es una máquina multipower deportiva inteligente que permite a un usuario mejorar su rendimiento, técnica y conocimientos mediante el uso de un escáner 3D, un dispositivo de termografía y la recopilación de una serie de recomendaciones y resultados a una aplicación móvil. Gracias a esto, el usuario podrá llevar a cabo la ejecución de una sentadilla mucho más segura y estable, consiguiendo una evolución positiva en trabajo y fuerza.

1.3.2 Alcance del proyecto

El planteamiento que se propone en este proyecto para la creación de la máquina IMM se prevé que se lleve a cabo en un futuro y se trabaje de forma exhaustiva para su inmediata incorporación en cualquier centro deportivo fitness o de alto rendimiento.

Para un correcto análisis de la máquina, se explican las características más relevantes:

- Por un lado, IMM se limitará a analizar nuestro cuerpo mediante el uso del sistema de escaneo 3D y termografía. Para que estos sistemas se activen, es necesario que un deportista inicie sesión mediante un ID de usuario y una contraseña en una pantalla táctil que adquiere la máquina junto a sus componentes.
- Para llevar a cabo el proceso de obtención de resultados y análisis, se establece que IMM contará con un desarrollado software, en el cual se incorporan redes neuronales recurrentes. Gracias a estas, se pueden predecir rutinas de entrenamiento y futuras formas de ejecución de la sentadilla para una correcta evolución en su realización.
- Además, esta máquina estará conectada a una aplicación móvil sencilla donde un usuario podrá observar los ejercicios realizados y las anotaciones reflejadas mediante imágenes y texto por la máquina tras un previo inicio de sesión.
- Por otro lado, la interfaz cuenta con un alto rendimiento y velocidad para poder utilizar cualquiera de las funcionalidades que se le ofrece dentro de un perfil.

Para conseguir ilustrar las características que se plantean anteriormente de forma efectiva, voy a emplear una herramienta de trazabilidad denominada árbol de características que se muestra en la figura 1.4. Un árbol de características es un diagrama que representa las características de un producto agrupadas lógicamente. Las jerarquías representadas tienen hasta un máximo de tres niveles, de los cuales, cada nivel/característica describe una jerarquía de subcaracterísticas reflejadas con mayor detalle.

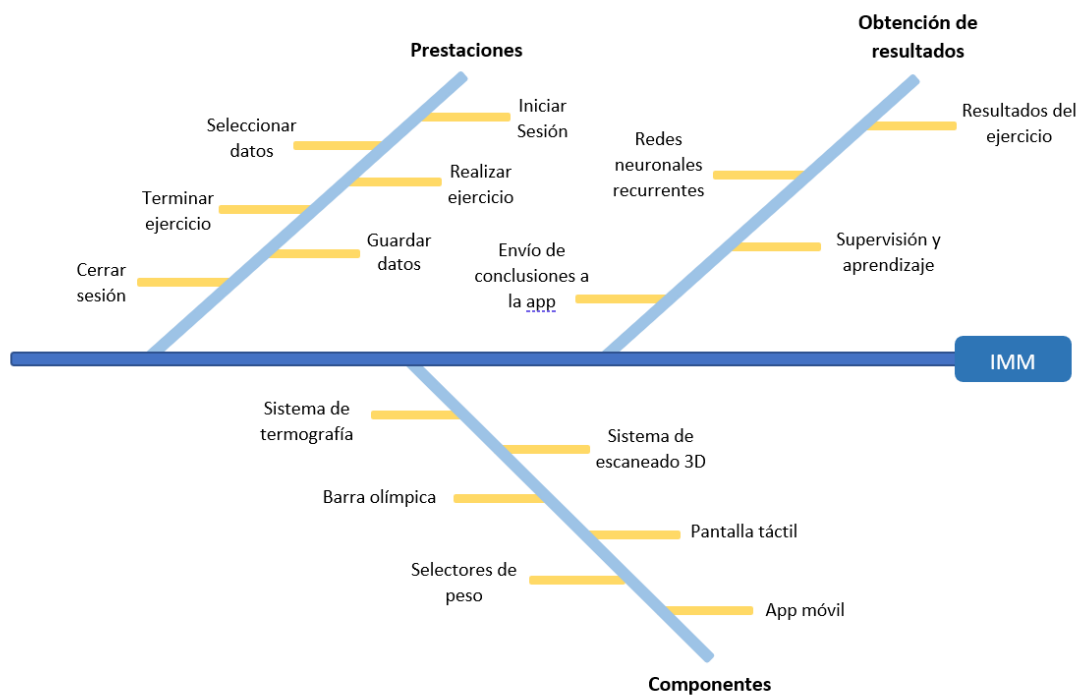


Figura 1.4: Árbol de características

1.4 Objetivos

Para detallar cada uno de los objetivos de este proyecto, voy a utilizar la siguiente estructura:

Número Objetivo	Nombre Objetivo	Descripción Objetivo
------------------------	------------------------	-----------------------------

Tabla 1.1: Formato de los objetivos

A continuación, se citan los principales objetivos que se pretenden conseguir con este trabajo:

Número Objetivo	Nombre Objetivo	Descripción Objetivo
OB.01	Estudio y análisis de los conceptos fundamentales de IMM para su futura fabricación	Consiste en el desarrollo teórico y analítico completo de todos los aspectos relevantes de IMM explicados a lo largo del documento.
OB.02	Estudio de la tecnología actual en gimnasios	Consiste en la realización de un análisis y estudio del material y herramientas utilizadas actualmente en máquinas deportivas.
OB.03	Analizar detalladamente el sistema de funcionamiento y sus componentes	Consiste en la especificación de las características y del material software y hardware usado por la máquina
OB.04	Analizar detalladamente los requisitos	Consiste en un correcto análisis de todos los requisitos necesarios para la futura construcción de IMM

Tabla 1.2: Objetivos del documento

Alguno de los objetivos anteriores los encontramos asociados a una serie de criterios de aceptación cuyo cumplimiento indicará una correcta consecución hasta su logro. Cada criterio sigue la siguiente estructura definida a continuación:

Número Criterio	Número Objetivo	
	Descripción Criterio	

Tabla 1.3: Formato criterios de aceptación

Encontramos los siguientes criterios de aceptación adjuntos al respectivo objetivo de cada uno:

Número Criterio	Número Objetivo	OB.01
	Descripción Criterio	
C.01	El proyecto refleja los objetivos y beneficios a largo plazo que se quieren conseguir con la futura fabricación de IMM	
C.02	El documento incluye los aspectos teóricos relevantes para la comprensión del desarrollo de IMM.	
C.03	El estudio incluye un análisis del diseño de IMM, incorporando una serie de diagramas para su entendimiento	
C.04	El estudio incluye un análisis del Software y Hardware recomendado para su creación	
C.05	El proyecto incluye un apartado de presupuesto real para la fabricación de la máquina	
C.06	El estudio incluye un apartado de conclusiones sobre la creación de IMM	

Tabla 1.4: Primer criterio de aceptación

Número Criterio	Número Objetivo	OB.02
	Descripción Criterio	
C.01	El estudio refleja las últimas novedades incorporadas a máquinas deportivas	
C.02	El estudio incluye un análisis de los componentes adaptados a las máquinas deportivas	
C.03	El estudio incluye una comparativa entre las máquinas antiguas y las actuales	
C.04	El estudio incorpora un apartado de conclusiones sobre la comparativa de las máquinas	

Tabla 1.5: Segundo criterio de aceptación

Número Criterio	Número Objetivo	OB.03
	Descripción Criterio	
C.01	El estudio detalla el funcionamiento de los distintos componentes materiales de IMM	
C.02	El estudio detalla el funcionamiento de las redes neuronales usadas	
C.03	El estudio incorpora el uso de imágenes para el entendimiento de los conceptos por el lector	
C.04	El estudio detalla los materiales usados con sus correspondientes nombres y presupuestos	

Tabla 1.6: Tercer criterio de aceptación

Número Criterio	Número Objetivo	OB.04
	Descripción Criterio	
C.01	El estudio analiza correctamente los actores del sistema que se pueden encontrar	
C.02	El estudio analiza correctamente los requisitos de usuario que se pueden encontrar	
C.03	El estudio analiza correctamente los casos de uso y la especificación de cada uno de ellos	
C.04	El estudio analiza correctamente los requisitos funcionales que se pueden encontrar	
C.05	El estudio analiza correctamente los requisitos no funcionales que se pueden encontrar	
C.06	El estudio analiza correctamente los requisitos de información que se pueden encontrar	
C.07	El estudio incorpora una serie de diagramas para el entendimiento de los requisitos	

Tabla 1.7: Cuarto criterio de aceptación

1.5 Estructura del documento

Este apartado describe la organización del documento y refleja de forma resumida el contenido en el que se encuentra dividido. El trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma:

1. **Introducción:** Primer capítulo en el que se describe la motivación que me impulsa a crear este proyecto de investigación, además de detallar el contexto en el que nos encontramos y en el cual, vamos a llevar a cabo nuestro trabajo. Por otro lado, se pretende dotar al lector de una visión y alcance reales, sumado a unos objetivos y sus respectivos criterios de aceptación que se persiguen con la realización de este documento.
2. **Estado del arte:** Este capítulo analiza la última tecnología usada y aplicada en máquinas fitness en la actualidad, abarcando sus características principales y su funcionamiento práctico. Además, se da la visión de una máquina multipower avanzada que posee detalles similares a IMM, sumado a una tabla comparativa de todas las máquinas fitness nombradas.
3. **Fundamentos teóricos:** En este apartado se profundiza en las bases teóricas que se encuentran asociadas a la ejecución del ejercicio de sentadilla, materiales de los que consta la máquina multipower y su tecnología aplicada.
4. **Análisis:** Este capítulo describe el dominio del proyecto y los distintos tipos de requisitos asociados a este. Además, se presenta los casos de uso y la especificación para cada uno de ellos con la ayuda de diagramas para su entendimiento.
5. **Diseño:** En este capítulo se explica las diferentes etapas por las que pasa IMM en su fase de diseño, incluyendo los distintos tipos de arquitectura, un conjunto de diagramas y el primer acercamiento a una interfaz de usuario.
6. **Funcionamiento:** Este capítulo desarrolla un acercamiento a los materiales y el software que se recomienda emplear para la fabricación de IMM.
7. **Planificación y presupuesto:** En este capítulo se expone la metodología usada con su planificación en el tiempo para el desarrollo de este documento, además de una estimación del coste real de IMM teniendo en cuenta varios aspectos.
8. **Conclusiones:** En este capítulo se incluye unas conclusiones acerca del trabajo ejecutado y la máquina a fabricar, además de una serie de posibles mejoras que se pueden adaptar en un futuro.

Capítulo 2

Estado del Arte

El mundo del fitness y de la actividad física es un fenómeno que se encuentra en crecimiento desde hace años a nivel internacional y que, al parecer, se trata de un sector cuya evolución no tiene fin. Actualmente, son incontables la cantidad de máquinas fitness que incorporan de algún modo algún aspecto o material tecnológico con el objetivo de ayudar o apoyar a deportistas, usuarios de centros deportivos, entrenadores personales, monitores, etc, en la práctica de la actividad física. Gracias a estas máquinas, el mundo tecnológico avanza cada vez más, fabricando tecnologías de todo tipo, con infinidad de aplicaciones y para cualquier rango de edad de usuarios.

En la actualidad, los centros fitness disponen de una maquinaria muy actualizada que ofrece la posibilidad de realizar múltiples ejercicios enfocados a distintos objetivos y a distintos tipos de personas. A pesar de ello, no todas las máquinas se encuentran en su mejor versión, y se requiere de unos conocimientos mínimos por parte del usuario para la realización de cualquier movimiento de forma correcta.

A continuación, dentro de las máquinas fitness más actualizadas analizaremos las siguientes, investigando su funcionamiento y sus características más destacables.

2.1 Máquina de Musculación Squat AIR300

Es una de las primeras máquinas creadas por la empresa Keiser. Se trata de un artefacto extremadamente popular debido a su capacidad para desarrollar una gran fuerza, potencia y velocidad utilizando una resistencia suave. Cuenta con una gran base ajustable donde la persona ha de colocarse, unas hombreras autoajustables, unos botones en los agarres que le permiten al usuario cambiar la resistencia sin cambiar de posición (incluso durante el ejercicio) y una gran pantalla digital que muestra un conjunto de datos como la resistencia, repeticiones, series, velocidad media, potencia mínima y máxima, etc. Sumado a esto, encontramos un sistema chip y tecnología integrada, es decir, una tarjeta de entrenamiento eléctrica que recuerda y muestra los entrenamientos anteriores, pudiendo descargarlos en nuestro teléfono, tableta o computadora.

Además de todo el HW empleado, AIR300 squat dispone de una serie de ventajas que benefician a nuestro usuario. Por un lado, genera un menor riesgo de lesiones, ya que la propia máquina te reduce la resistencia donde más vulnerable eres a las lesiones. Su baja inercia del sistema de resistencia elimina la carga de choque, preservando sus articulaciones y tejidos conectivos de fuerzas dañinas.



Figura 2.1: Máquina de musculación Squat AIR300

Por otro lado, puedes trabajar tus músculos al máximo potencial en cada punto del rango del movimiento del ejercicio. Esta máquina te permite aumentar la resistencia donde más fuerte seas y disminuirla donde más débil te encuentres. Su gran base es enfocarse en la eficiencia, ya que el objetivo es maximizar el entrenamiento con la realización del menor número de repeticiones.

Además, te permite entrenar a cualquier tipo de velocidad a diferencia de los equipos convencionales, ya que estos se encuentran fabricados para estudiar los movimientos a velocidades bajas, pero la AIR300, con su resistencia de baja inercia te permitirá entrenar de forma eficaz a cualquier rango de velocidad.

2.2 Technogym Kinesis Personal

Es una máquina fitness que permite realizar movimientos naturales en todas las direcciones gracias a la tecnología patentada "FullGravity", fabricada para realizar más de 200 ejercicios en tan solo dos metros cuadrados de espacio. Consiste en un único módulo independiente que no necesita instalación ni anclajes, por lo que puede usarse y ubicarse en cualquier zona de forma inmediata. Permite combinar movimientos básicos en patrones más complejos en los que intervienen músculos del tronco con el objetivo de mejorar actividades de la vida cotidiana o algún gesto específico del deporte.

Kinesis Personal está desarrollada con exclusivas y avanzadas tecnologías, entre ellas, destaca a simple vista su avanzado sistema de cables de resistencias variables que ofrecen la posibilidad de un entrenamiento que mezcle equilibrio, flexibilidad y fuerza. Cada uno de estos cables está sujeto a unos brazos de aleación de aluminio que contiene tres pivotes por los que se desliza el cable durante los movimientos de extensión y retorno. Cuenta con un mando digital que, al girarlo, puede cambiar el nivel de resistencia de 0 a 20 en una pantalla redonda que contiene la propia máquina, una forma original de cambiar la carga de trabajo en los distintos ejercicios.



Figura 2.2: Technogym Kinesis Personal

Gracias a Kinesis Personal, conseguimos un gran número de ventajas en muchas áreas de estudio, como pueden ser la fisioterapia, centros de relajación, centros de musculación, etc, debido a su amplitud de movimientos. Además, es una máquina utilizada para aplicar variadas terapias bajo supervisión médica, pero, sobre todo, empleada con mucha frecuencia por atletas de diferentes disciplinas.

2.3 Smart Force

Esta máquina multipower supone un gran salto en la evolución y desarrollo del mundo del fitness, ya que reúne una gran capacidad de prestaciones y posibilidades a la hora de trabajar y emplear los distintos grupos musculares.

Smart Force cuenta con un avanzado y estudiado hardware, consta de una serie de agarres con un recubrimiento de polvo de zinc que les confiere propiedades antimicrobianas. Sumado a esto, un banco específico acolchado y tapizado en alta calidad de gran resistencia con el que un usuario podrá realizar los distintos ejercicios, un chasis característico en acero que le proporciona robustez y estabilidad, y un acabado que se defiende ante altos niveles de salinidad y humedad.

Entre las muchas prestaciones que ofrece esta máquina cabe destacar el control de las cargas concéntricas y excéntricas durante la ejecución de un ejercicio, permitiendo aumentar y disminuir el peso en cada una de las repeticiones. Además, cuenta con un alto sistema de seguridad, estando en todo momento en contacto con el usuario y ajustándose a sus respectivos entrenamientos, por ejemplo, no será necesario que el usuario tenga que cargar el peso por cada lateral de la barra, será la propia máquina la que se encargue de dicho trabajo en función de lo que se determine en una pantalla táctil.



Figura 2.3: Smart Force

Gracias a Smart Force, los usuarios podrán lograr sus objetivos más rápido y en menos tiempo, además de reducir el nivel de riesgo de lesión debido al entrenamiento guiado y controlado que nos ofrece, generando un trabajo muscular de mayor calidad.

2.4 Comparativa Máquinas Fitness

A continuación, se detalla una tabla con las características más relevantes con el objetivo de realizar unos análisis y comparaciones entre las distintas máquinas fitness estudiadas. Así mismo, creo conveniente incluir nuestra máquina en desarrollo IMM, donde se podrán reflejar aquellas características deseables que se pretenden conseguir con su fabricación. Se espera que implemente la mayoría, no todas de ellas, ajustándonos al desarrollo y planificación de un proyecto de trabajo de fin de grado.

<i>Máquinas fitness analizadas</i>	Peso automatizado	Control rango excéntrico y concéntrico	Accesorios adicionales a la máquina	Escaneo del cuerpo 3D y termografía	Conexión máquina-aplicación	Precio
Squat AIR300	✓	✓	✗	✗	✓	12800€
Kinesis Personal	✓	✓	✗	✗	✗	11950€
Smart Force	✓	✓	✓	✗	✓	40000€
IMM	✓	✓	✗	✓	✓	120000€

Tabla 2.1: Comparación máquinas deportivas

Conclusión

De los resultados obtenidos, podemos observar que tanto Smart Force como IMM poseen la mayoría de las características analizadas, por lo que estamos ante una de las máquinas más potentes y revolucionarias del mundo del fitness. Si es cierto que, cuanto mayor es el número de prestaciones que nos ofrecen, mayor es el precio, siendo claramente las dos más caras entre las estudiadas.

Por un lado, cabe destacar que tanto Squat Air 300 como Kinesis Personal poseen unas características impactantes, ya que cuentan con unos sistemas de automatización y control de resistencia avanzados. Con respecto a las otras máquinas, su precio se ve muy reducido, convirtiéndose en uno de los artefactos más envidiables y solicitados por los gimnasios en la actualidad.

Por otro lado, entre las más caras destaca nuestra máquina IMM, y se debe al evolucionado y desarrollado sistema de escaneado 3D y termografía. Toda la instalación del material, componentes, posterior puesta en marcha y resultados obtenidos y enviados a la aplicación, suponen un trabajo amplio y complejo que aumentan su coste de forma relevante.

Tras el análisis realizado sobre estas máquinas actuales, se considera importante la posibilidad de incorporar lo siguiente:

- Un banco accesorio para una realización mucho más amplia de ejercicios de tren superior e inferior.
- Sistema de railes anclado a la máquina con el objetivo de optimizar el espacio y perfeccionar las distintas técnicas.
- Facilidades en la interfaz de la aplicación, para permitir un control completo de los datos y de las distintas funcionalidades de las que consta.

Capítulo 3

Fundamentos Teóricos

En este capítulo se especifica sobre los distintos fundamentos teóricos que se encuentran relacionados con el planteamiento principal de este proyecto. En el capítulo 1.2 hemos resumido de forma general cada uno de los conceptos que se desarrollan en este contexto, y se pretende dar otra aproximación más cercana a aquellos que se ven más involucrados y que requieren de una profundización en su área de conocimiento.

A continuación, se procede a explicar con detalle cada uno de los conceptos más relevantes:

3.1 Inteligencia Artificial y Redes Neuronales

La IA es el campo de la ciencia informática que intenta replicar y desarrollar la inteligencia y sus procesos a través de la computación. Su objetivo es crear sistemas que sean capaces de adquirir información, realizar una serie de análisis, llevar a cabo un aprendizaje y finalmente, tomar decisiones.

La IA en el ámbito deportivo está siendo aplicada con profusión, debido a las mejoras ocasionadas en el rendimiento, forma física, gestión de los entrenamientos, recuperación de lesiones, reclutamiento de jugadores, etc. Respecto a los deportistas, la IA se ha usado para aprender y mejorar técnicas en el mismo momento que llevan a cabo el entrenamiento o la actividad deportiva. Dentro del ámbito de musculación y trabajo de fuerza, las máquinas más avanzadas incorporan un mecanismo de supervisión y autoaprendizaje que analiza de forma exhaustiva la realización de los ejercicios de las personas y saca nuevas conclusiones en función de las características de cada usuario.

En 2015, un artículo publicado por Iztok Fister Jr, “*Computational intelligence in sports*”, nos intenta concienciar de que el uso de algoritmos inspirados en la minería de datos es útil en el ámbito deportivo, con el objetivo de obtener un plan de entrenamiento seguro y controlado. Se basa en la necesidad del requerimiento de un entrenador deportivo ficticio o artificial que desarrolle la capacidad de procesar un conjunto de datos y fabricar resultados o conclusiones para sesiones futuras, alentando a la investigación y análisis de posibles algoritmos que sean capaces de incorporar estas funcionalidades.

A raíz de esta publicación y otras muchas no mencionadas en este documento, se profundizó en la incorporación de redes neuronales. En 2017, un artículo publicado por Krzysztof Przednowek, “*Planning Training Loads for The 400 M Hurdles in Three-Month Mesocycles Using Artificial Neural Networks*”, refleja un enfoque relevante acerca del uso de modelos de redes neuronales artificiales para la planificación de cargas de entrenamiento en carreras de obstáculos. Gracias a estos modelos, se consiguió generar unas determinadas cargas en función de las características de los deportistas como puede ser la velocidad del usuario, la zancada obtenida, distancia recorrida en 400 metros, etc, para llevar a cabo una serie de entrenamientos eficaces y completos en un período seleccionado.

Con el análisis de la viabilidad de creación de IMM, se persigue conseguir un estudio de las redes neuronales implicadas que permitan obtener una serie de resultados en función de las características de un deportista y su ejecución durante la sentadilla, además de incorporar tecnología avanzada que logre una correcta recolección de datos y su procesamiento.

3.2 Sentadilla “Squat”

La sentadilla es uno de los ejercicios físicos que se incorpora en las rutinas o entrenamientos de la mayoría de las actividades deportivas. Muchos de estos la denominan como la “*reina de los ejercicios*” debido a la implicación de diversos grupos musculares y a los beneficios que genera si se realiza de forma correcta.

Entre los músculos y articulaciones que intervienen en el proceso de realización, el principal es el cuádriceps, considerado el más voluminoso y potente del cuerpo humano. Por otro lado, encontramos el femoral, que se encarga de controlar la velocidad de descenso durante el recorrido de la sentadilla y de activar la extensión de cadera durante el ascenso. Otros músculos que se incorporan en su ejecución son aductores, los isquios, el glúteo mayor, los erectores espinales, el semimembranoso, el semitendinoso...

Se considera que la intensidad de trabajo que implica la sentadilla y los beneficios que producen, no han podido ser igualados por ningún otro ejercicio de tren inferior. Algunas de las claves para una correcta realización y ejecución son las siguientes:

- Mantener el torso recto y erguido
- Realizar un descenso controlado y completo
- Ajustar una buena apertura de piernas en función de cada usuario
- Si se usa peso, dejarlo firme sobre los hombros

Dentro de los errores más comunes que se pueden encontrar en deportistas que comienzan a realizar la sentadilla por primera vez, podemos nombrar los siguientes:

- Arqueo de la espalda baja
- Giro de rodillas hacia su interior
- Levantamiento de las plantas de los pies
- Distorsión de la verticalidad del ejercicio

Con el desarrollo de IMM, se pretende corregir estos problemas que pueden aparecer en usuarios gracias a la obtención de un conjunto de consejos y representaciones gráficas tras la ejecución de la sentadilla, con el objetivo de que su evolución sea positiva y no derive en situaciones lesivas.

3.3 Máquina multipower

Una máquina multipower, también denominada “máquina Smith”, es un aparato de centro deportivo reconocido a gran escala debido a su versatilidad para la realización de ejercicios y entrenamiento de grandes grupos musculares.

En la mayoría de los casos, tiene forma de jaula y está formada por unos rodamientos que se encuentran conectados a la estructura por los laterales. Consta de una barra horizontal que se puede deslizar verticalmente para que un usuario pueda levantar un determinado peso de arriba hacia abajo o viceversa. Sumado a esto, dispone de unos anclajes para la colocación de la barra a una altura específica en función del ejercicio a realizar.

Dentro de la gran amplitud de ejercicios que se pueden ejecutar, los principales que podemos hacer en ella son: Sentadillas, Press de banca y Press militar.

Gracias a las prestaciones que nos ofrece esta máquina, un usuario es capaz de concentrarse en la ejecución y desarrollo del ejercicio en vez de intentar mantener el equilibrio, logrando una mejora en su rendimiento. Además, te permite ejecutar movimientos suaves para evitar tensiones y lesiones musculares, además de ser ideal para aquellas personas principiantes cuyo objetivo es mejorar la técnica de determinados ejercicios. Se trata de un aparato que cuenta con un alto nivel de seguridad, gracias a las ranuras y a los sistemas de anclaje que permiten que la barra no se caiga, evitando posibles riesgos y accidentes.

Capítulo 4

Análisis

IMM es una máquina que puede estar al alcance de muchos gimnasios debido a sus prestaciones y su comportamiento ante usuarios que quieran desarrollar de forma adecuada su tren inferior. Para entender su funcionamiento, es necesario realizar un previo análisis del producto teniendo en cuenta una serie de factores en la realización de la sentadilla.

4.1 Actores del Sistema

Un actor de un sistema representa una entidad que interviene en un producto, en nuestro caso, en el proceso de ejecución de la sentadilla. Para el uso de la máquina IMM consideramos varios actores, que son los siguientes:

ID Actor del sistema	Nombre del actor
A.01	Usuario
A.02	Sensores de escaneado 3D
A.03	Sensores de termografía

Tabla 4.1: Actores del sistema

A.01	Usuario
Descripción	Persona que va a realizar la ejecución de la sentadilla
Comentarios	El actor debe registrarse en la máquina para identificarse y así, poder seleccionar el modo de entrenamiento.

Tabla 4.2: Actor Usuario

A.02	Sensores de escaneado 3D
Descripción	Sensores que van a permitir detectar y escanear a nuestro usuario
Comentarios	Este sistema de sensores funcionará cuando el usuario se disponga a realizar la ejecución de la sentadilla, creando un video de su realización.

Tabla 4.3: Actor Sensores de escaneado 3D

A.03	Sensores de termografía
Descripción	Sensores que captan la radiación infrarroja utilizando cámaras térmicas
Comentarios	Gracias a estos sensores, podremos mapear el movimiento del usuario, analizando los músculos que intervienen en la ejecución de la sentadilla.

Tabla 4.4: Actor Sensores de termografía

4.2 Requisitos de Usuario

Describen las tareas que nuestro usuario quiere realizar y su finalidad. Una buena forma de analizar requisitos de usuario es aplicando el método “*Como X, quiero Y para Z*”, de tal forma que el “*Como*” hace referencia al rol del sistema, “*Quiero*” declara el objetivo que se pretende conseguir y “*Para*” la motivación que anima a cumplir ese objetivo. Encontramos los siguientes requisitos de usuario para nuestra máquina IMM:

ID Requisito de usuario	Nombre del requisito de usuario
RU.01	Como usuario quiero iniciar sesión en la máquina para poder realizar el ejercicio
RU.02	Como usuario quiero cambiar el peso de la máquina para cumplir con la rutina
RU.03	Como usuario quiero cambiar el número de repeticiones para llegar a mi límite sin pasarme
RU.04	Como usuario quiero cambiar el número de series para poder repetir la secuencia varias veces.
RU.05	Como usuario quiero adaptar el método de entrenamiento excéntrico para poder ganar fuerza
RU.06	Como usuario quiero escoger el método de entrenamiento concéntrico para poder generar impacto de subida
RU.07	Como usuario quiero colocarme en la máquina para poder ejecutar la sentadilla
RU.08	Como usuario quiero descansar para recuperarme de la fatiga
RU.09	Como usuario quiero cambiar terminar la realización del ejercicio para ir a entrenar otro grupo muscular
RU.10	Como usuario quiero guardar los datos para ver mi progreso en la aplicación
RU.11	Como usuario quiero cerrar sesión para que no entren en mi perfil

Tabla 4.5: Requisitos de Usuario

4.3 Casos de Uso y Especificación

Los casos de uso describen una secuencia de interacciones entre el sistema y un actor externo, satisfaciendo el objetivo del actor. Para nuestra máquina IMM, identificamos los siguientes:

ID Caso de Uso	Nombre del caso de uso
U.01	Iniciar sesión como usuario
U.02	Seleccionar peso
U.03	Seleccionar repeticiones
U.04	Seleccionar número de series
U.05	Seleccionar fase concéntrica o excéntrica
U.06	Colocar usuario
U.07	Terminar ejercicio
U.08	Obtener resultados y análisis en la aplicación
U.09	Cerrar sesión de usuario

Tabla 4.6: Casos de Uso

Para obtener una representación visual de los casos de uso citados anteriormente, en la Figura 4.1 se presenta el diagrama de casos de uso asociado a este proyecto:

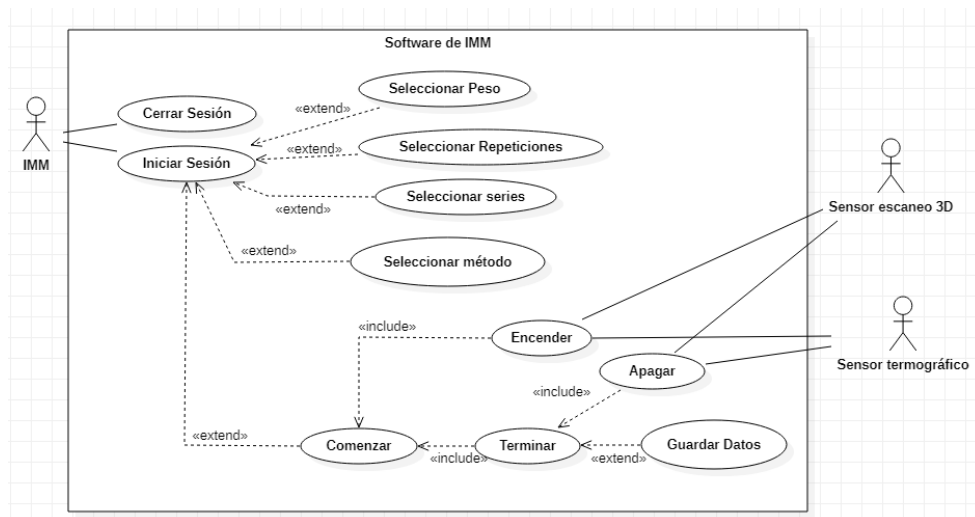


Figura 4.1: Diagrama de Casos de Uso

A continuación, se presenta la especificación de los casos de uso identificados en nuestra máquina IMM:

U.01	Iniciar sesión
Precondición	Estar dado de alta en la aplicación antes de usar la máquina
Descripción	El usuario tiene que escribir su ID de usuario y contraseña en la pantalla táctil que contiene la máquina para poder identificarse y acceder a sus datos
Postcondición	Acceso al perfil del usuario
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario tiene que apretar en la pantalla para encenderla 2. El usuario tiene que introducir su ID 3. El usuario tiene que introducir su contraseña 4. El sistema verifica si existe una cuenta con ese ID y contraseña 5. El sistema accede al perfil del usuario
Importancia	Alta
Prioridad	Alta
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 4a. El usuario introduce un ID que no existe o una contraseña que no corresponde con un ID de usuario. 2b. El sistema nos muestra un mensaje de error advirtiendo que el ID de usuario no existe. 3c. El sistema nos muestra un mensaje de error advirtiendo que la contraseña es incorrecta para ese ID de usuario.

Tabla 4.7: Caso de Uso Iniciar Sesión

U.02	Seleccionar peso
Precondición	El usuario tiene que estar registrado en la aplicación
Descripción	El usuario tiene que escribir el peso que quiere introducir en la máquina para la ejecución de la sentadilla.
Postcondición	El peso se ha ajustado
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario tiene que apretar en la pantalla la opción de peso del ejercicio 2. El usuario tiene que introducir un peso en kg determinado 3. El sistema verifica el peso introducido 4. El sistema introduce el peso en la máquina 5. El sistema muestra un mensaje de verificación
Importancia	Alta
Prioridad	Media
Excepciones	Ninguna

Tabla 4.8: Caso de Uso Seleccionar Peso

U.03	Seleccionar repeticiones
Precondición	El usuario tiene que estar registrado en la aplicación
Descripción	El usuario tiene que escribir el número de repeticiones que quiere realizar en la máquina para la ejecución de la sentadilla.
Postcondición	El número de repeticiones se ha fijado
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario tiene que apretar en la pantalla la opción de número de repeticiones del ejercicio 2. El usuario tiene que introducir un número de repeticiones determinado 3. El sistema verifica el peso introducido 4. El sistema ajusta la máquina para realizar el número de repeticiones fijado 5. El sistema muestra un mensaje de verificación
Importancia	Alta
Prioridad	Media
Excepciones	Ninguna

Tabla 4.8: Caso de Uso Seleccionar Repeticiones

U.04	Seleccionar número de series
Precondición	El usuario tiene que estar registrado en la aplicación
Descripción	El usuario tiene que escribir el número de series que quiere realizar en la máquina para la ejecución de la sentadilla.
Postcondición	El número de series se ha fijado
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario tiene que apretar en la pantalla la opción de número de series del ejercicio 2. El usuario tiene que introducir un número de repeticiones determinado 3. El sistema verifica el peso introducido 4. El sistema ajusta la máquina para realizar el número de series fijado 5. El sistema muestra un mensaje de verificación
Importancia	Alta
Prioridad	Media
Excepciones	Ninguna

Tabla 4.9: Caso de Uso Seleccionar Número de series

U.05	Seleccionar método de entrenamiento
Precondición	El usuario tiene que estar registrado en la aplicación
Descripción	El usuario tiene que escribir el método que va a ejecutar en la máquina para la ejecución de la sentadilla.
Postcondición	El tipo de método se ha fijado
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario tiene que apretar en la pantalla la opción de tipo de fase en la ejecución del ejercicio 2. El usuario tiene que apretar si desea trabajar la fase concéntrica, la fase excéntrica o si desea volver atrás y trabajar normal el recorrido de la sentadilla. 3. El sistema verifica la opción escogida 4. El sistema ajusta la máquina para realizar el método fijado 5. El sistema muestra un mensaje de verificación
Importancia	Alta
Prioridad	Media
Excepciones	Ninguna

Tabla 4.10: Caso de Uso Seleccionar Método de entrenamiento

U.06	Comenzar ejercicio
Precondición	El usuario tiene que estar registrado en la aplicación y haber metido todos los datos para la ejecución de la sentadilla
Descripción	El usuario se coloca dentro de la máquina y coge la barra y posición del ejercicio
Postcondición	Comienza la ejecución de nuestro ejercicio
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario tiene que apretar en la pantalla la opción comenzar ejercicio 2. El sistema activa los sensores de la máquina 3. El sistema muestra un mensaje a nuestro usuario indicando que puede comenzar con el ejercicio 3. El sistema detecta a nuestro usuario 4. El usuario se coloca bajo la barra y puede comenzar a realizar la sentadilla
Importancia	Alta
Prioridad	Alta
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 3a. Nuestra máquina no detecta a ningún usuario en la máquina en un intervalo de 30 segundos 1b. El sistema nos muestra un mensaje de error advirtiendo al usuario que debe apretar a comenzar de nuevo 2c. Se apagan los sensores 1d. El usuario debe apretar de nuevo al botón de comenzar

Tabla 4.11: Caso de Uso Comenzar ejercicio

U.07	Terminar ejercicio
Precondición	El usuario ha realizado como mínimo una serie en la ejecución de sentadilla
Descripción	Este botón de la pantalla táctil permite al usuario finalizar en cualquier momento el ejercicio, independientemente de haber completado o no los datos establecidos
Postcondición	Se finaliza el proceso de realización de sentadilla
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario tiene que apretar en la pantalla la opción de terminar el ejercicio 2. El sistema desactiva los sensores de la máquina 3. El sistema muestra un mensaje de ejercicio finalizado
Importancia	Alta
Prioridad	Alta
Excepciones	Ninguna

Tabla 4.12: Caso de Uso Terminar ejercicio

U.08	Guardar datos
Precondición	El usuario ha realizado como mínimo una serie en la ejecución de sentadilla y ha apretado al botón de terminar ejercicio
Descripción	Los datos de la ejecución de la sentadilla se guardan en la base de datos y mediante el uso de redes neuronales, se establece una serie de conclusiones y se predice la línea a seguir para futuros entrenamientos con esta máquina.
Postcondición	Se guardan todos los datos en la aplicación
Secuencia normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario tiene que apretar en la pantalla la opción de guardar datos 2. El sistema procesa la petición 3. El sistema guarda los datos de la sentadilla 4. El sistema genera unas conclusiones y pautas a seguir que se podrán ver en la aplicación 5. El sistema muestra un mensaje "Datos guardados".
Importancia	Alta
Prioridad	Alta
Excepciones	Ninguna

Tabla 4.13: Caso de Uso Guardar datos

U.09	Cerrar sesión
Precondición	Haber iniciado sesión en la máquina
Descripción	El usuario tiene que escribir su ID de usuario y contraseña en la pantalla táctil que contiene la máquina para poder identificarse y acceder a sus datos
Postcondición	Se cierra y se sale del perfil del usuario, volviendo a la pantalla de inicio de sesión
Secuencia normal	1. El usuario tiene que apretar en la pantalla el botón de cerrar sesión 2. El sistema cierra el perfil de nuestro usuario
Importancia	Alta
Prioridad	Alta
Excepciones	Ninguna

Tabla 4.14: Caso de Uso Cerrar sesión

4.4 Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales especifican las funcionalidades que nos ofrece el sistema cuando el usuario interactúa con él, es decir, establecen los comportamientos del software. A continuación, se describen los requisitos funcionales derivados de cada uno de los casos de uso analizados anteriormente:

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará la pantalla principal donde el usuario puede iniciar sesión
RF.02	El sistema habilitará dos campos de texto para introducir el ID de usuario y la contraseña
RF.03	El sistema ofrecerá un botón para iniciar sesión una vez los datos estén introducidos
RF.04	El sistema procesará los datos introducidos en los campos de texto
RF.05	El sistema le redirige al perfil del usuario

Tabla 4.15: Requisito funcional Iniciar sesión como usuario

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará un botón con las letras <i>“Seleccionar peso”</i>
RF.02	El sistema mostrará un indicador de números decimales positivos con dos botones laterales, uno para sumar peso y otro para restarlo
RF.03	El sistema contiene un botón para establecer en la máquina el peso seleccionado
RF.04	El sistema procesa el peso establecido
RF.05	El sistema muestra el mensaje: <i>“Peso seleccionado”</i>

Tabla 4.16: Requisito funcional Seleccionar peso

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará un botón con las letras <i>“Seleccionar repeticiones”</i>
RF.02	El sistema mostrará un indicador de números enteros positivos con dos botones laterales, uno para sumar y otro para restar
RF.03	El sistema contiene un botón para establecer en la máquina el número de repeticiones seleccionado
RF.04	El sistema procesa el número de repeticiones establecido
RF.05	El sistema muestra el mensaje: <i>“Número de repeticiones seleccionado”</i>

Tabla 4.17: Requisito funcional Seleccionar repeticiones

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará un botón con las letras <i>“Seleccionar número de series”</i>
RF.02	El sistema mostrará un indicador de números enteros positivos con dos botones laterales, uno para sumar y otro para restar
RF.03	El sistema contiene un botón para establecer en la máquina el número de series seleccionado
RF.04	El sistema procesa el número de series establecido
RF.05	El sistema muestra el mensaje: <i>“Número de series seleccionado”</i>

Tabla 4.18: Requisito funcional Seleccionar número de series

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará un botón con las letras “ <i>Seleccionar método de entrenamiento</i> ”
RF.02	El sistema mostrará tres botones, uno para elegir trabajar la fase excéntrica, otro para la concéntrica y otro para volver atrás
RF.04	El sistema procesa el método de entrenamiento establecido
RF.03	El sistema muestra el mensaje: “ <i>Método de entrenamiento seleccionado</i> ”

Tabla 4.19: Requisito funcional Seleccionar método de entrenamiento

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará un botón con las letras “ <i>Comenzar</i> ”
RF.02	El sistema procesa el comienzo del ejercicio
RF.03	El sistema enciende los sensores de escaneado y termografía
RF.04	El sistema muestra un mensaje de confirmación de ejecución del ejercicio
RF.05	El sistema detecta a nuestro usuario en su colocación

Tabla 4.20: Requisito funcional Comenzar ejercicio

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará un botón con las letras “ <i>Terminar ejercicio</i> ”
RF.02	El sistema mostrará el mensaje: “ <i>Entrenamiento finalizado</i> ”

Tabla 4.21: Requisito funcional Terminar ejercicio

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará un botón con las letras “ <i>Guardar entrenamiento</i> ”
RF.02	El sistema mostrará una pantalla de carga donde los datos se procesan y se envían al móvil.
RF.03	El sistema muestra el mensaje: “ <i>Entrenamiento guardado, puede ver su evolución en la aplicación</i> ”

Tabla 4.22: Requisito funcional Guardar entrenamiento

ID Requisito funcional	Descripción del requisito funcional
RF.01	El sistema mostrará un botón en el perfil del usuario con las letras “Cerrar sesión”
RF.02	El sistema muestra el mensaje: “Método de entrenamiento seleccionado”
RF.03	El sistema le redirige a la pantalla principal

Tabla 4.23: Requisito funcional Cerrar sesión

4.5 Requisitos No Funcionales

Los requisitos no funcionales describen los criterios que se usan para juzgar una operación del sistema, como la fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia, etc. Se trata de un tipo de requisitos muy importante, pues hace referencia a aquellos atributos de calidad que impone el cliente al programa. En nuestra máquina encontramos los siguientes:

ID Requisito no funcional	Descripción del requisito no funcional
RNF.01	La pantalla digital mantiene el uso de colores y de imágenes para mejorar el aspecto y crear atención en el usuario
RNF.02	La máquina esta fabricada con material avanzado que confiere propiedades antimicrobianas para su uso
RNF.03	La barra de la máquina contiene un mecanismo de movimiento para permitir al usuario desplazarse y sentirse cómodo en la realización del ejercicio
RNF.04	La pantalla digital presenta una fuente legible y visible por el usuario
RNF.05	La pantalla digital muestra mensajes de confirmación o de advertencia en caso de error
RNF.06	La máquina posee un sistema de seguridad elevado, ninguna acción se verá realizada hasta la confirmación del usuario
RNF.07	La máquina posee un alto grado de fiabilidad debido al uso de material tecnológico avanzado como sensores de escaneo 3D, cámaras termográficas y peso automatizado

Tabla 4.24: Requisito no funcionales

4.5 Requisitos de Información

Los requisitos de información describen los aspectos relacionados con los datos creados, gestionados o emitidos por el sistema para su uso efectivo. Para analizar de forma completa este apartado, conviene usar un recurso como el Diagrama Entidad-Relación, es decir, un diagrama conceptual que describe las entidades del sistema y las relaciones que se establecen entre estas para lograr un correcto funcionamiento del sistema. De esta forma, desplegamos el siguiente diagrama construido para nuestra máquina IMM:

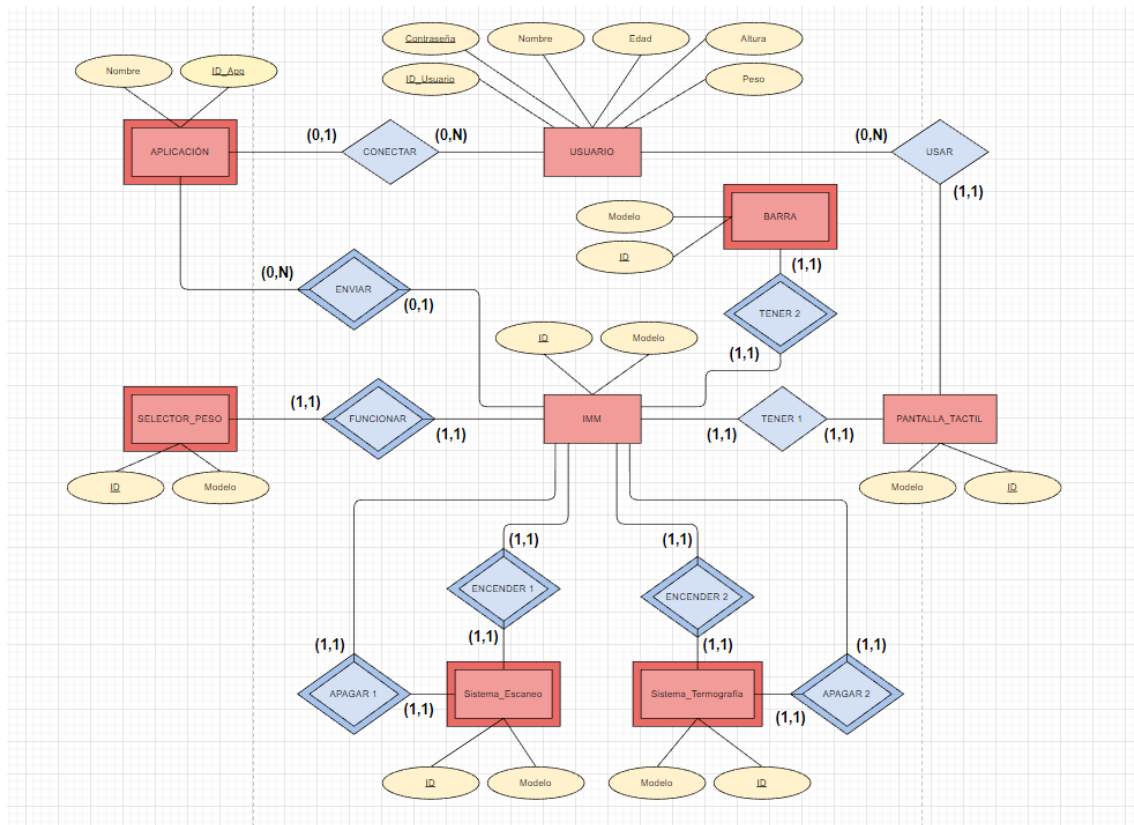


Figura 4.2: Diagrama Entidad-Relación

Capítulo 5

Diseño

En este capítulo se desarrolla lo correspondiente a la etapa de diseño software. Para la fase de diseño de un producto, hay que llevar a cabo un procedimiento de planificación adecuado para que se ajusten las posteriores etapas de implementación y codificación. De esta forma, hay que estudiar la estructura del sistema de IMM, dividida en varios apartados para analizarlo al completo.

5.1 Arquitectura física

Rama del diseño que expresa cuales son los componentes físicos que intervienen en el flujo de operación de un producto y las relaciones existentes entre ellos para su correcto funcionamiento.

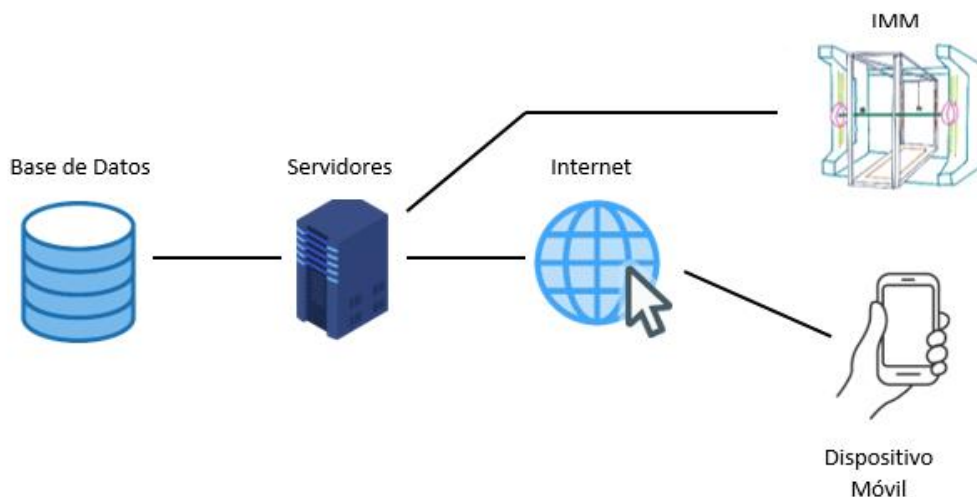


Figura 5.1: Diagrama de arquitectura física

5.2 Arquitectura lógica

La arquitectura lógica determina cuales son los componentes lógicos en los que se estructura el producto y la relación existente entre estos. Su especificación es muy parecida al anterior tipo de arquitectura y proporciona una visión de alto nivel de cómo se organiza el sistema.

A continuación, se establece un diagrama que representa la arquitectura lógica del funcionamiento de la aplicación web en la que un usuario/cliente puede ver su progreso en la ejecución de la sentadilla.

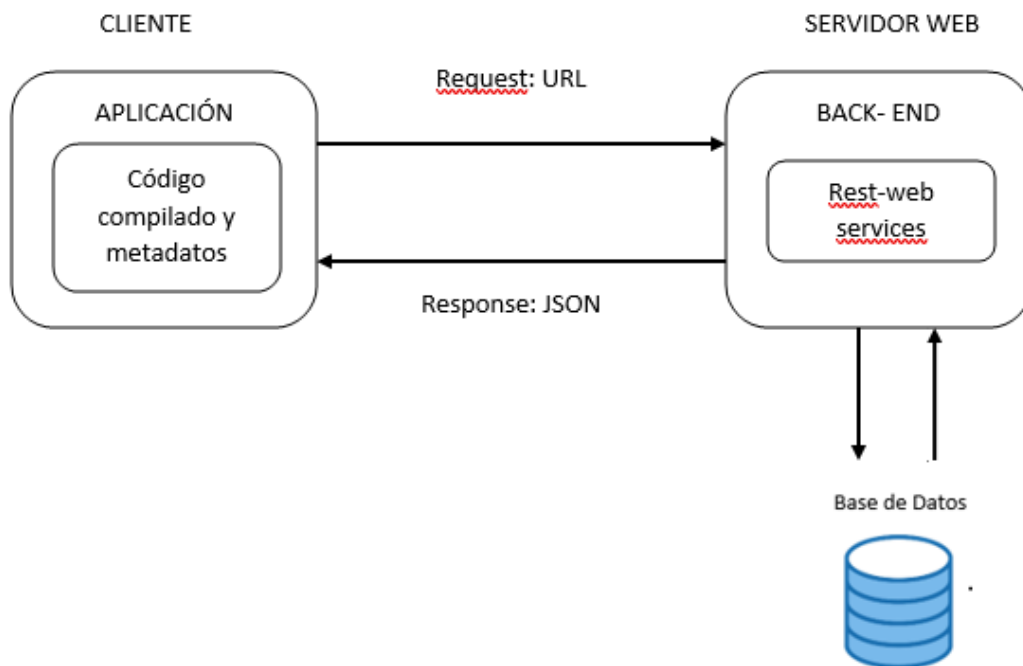


Figura 5.2: Diagrama de arquitectura lógica

5.3 Diagramas de secuencia

Un diagrama de secuencia define los pasos y el orden que deben seguir un conjunto de objetos para lograr el funcionamiento de un producto. Gracias a este tipo de diagramas, podemos entender los requisitos que se nos pide y documentar un proceso existente. Para nuestra máquina IMM, se presenta una serie de diagramas de secuencia correspondientes a cada uno de los casos de uso, con el objetivo de comprender lo que se lleva a cabo en cada uno de ellos.

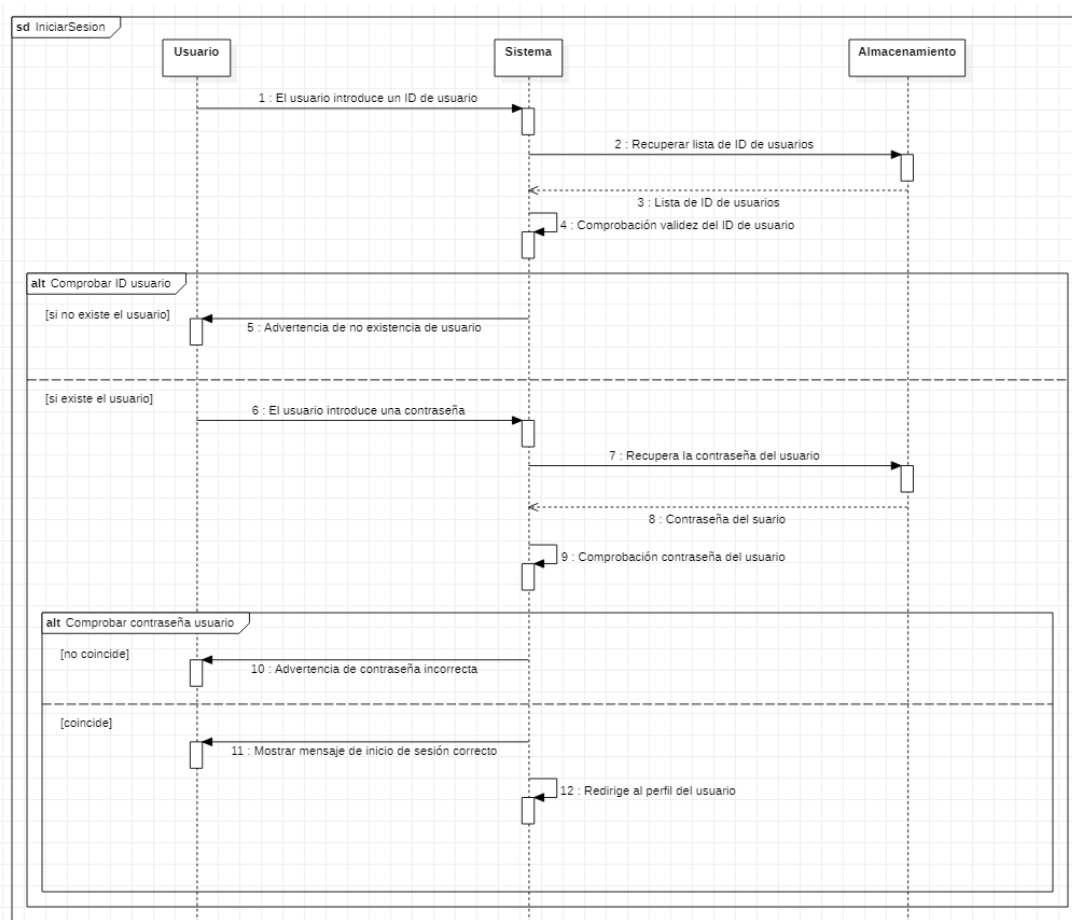


Figura 5.4: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.01: Iniciar Sesión

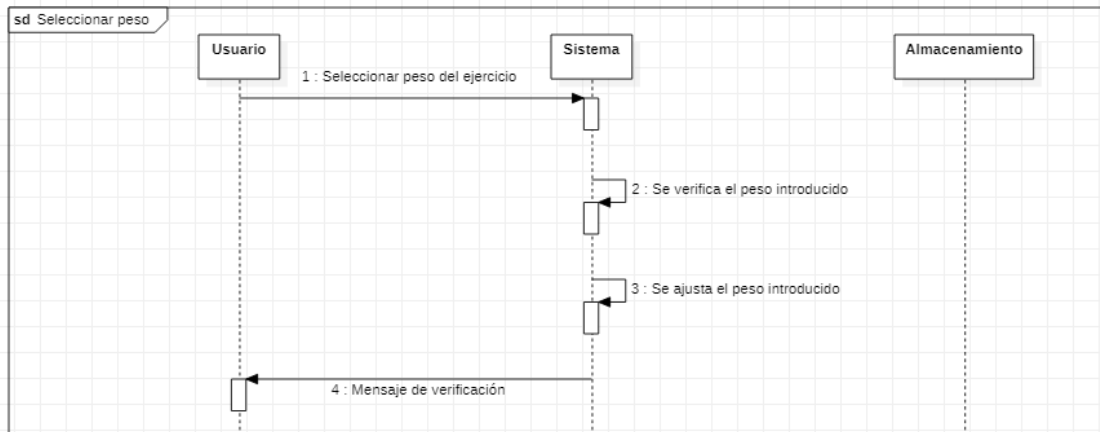


Figura 5.5: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.02: Seleccionar peso

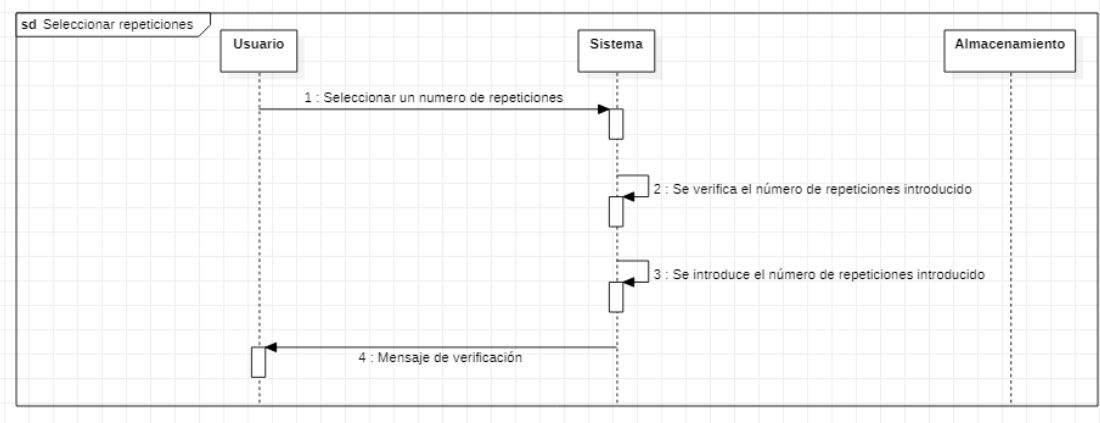


Figura 5.6: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.03: Seleccionar repeticiones

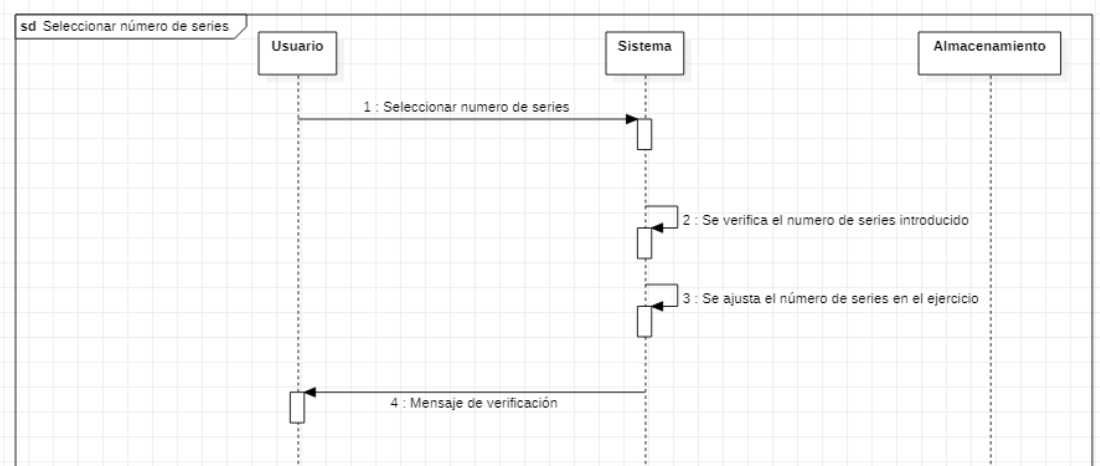


Figura 5.7: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.04: Seleccionar número de series

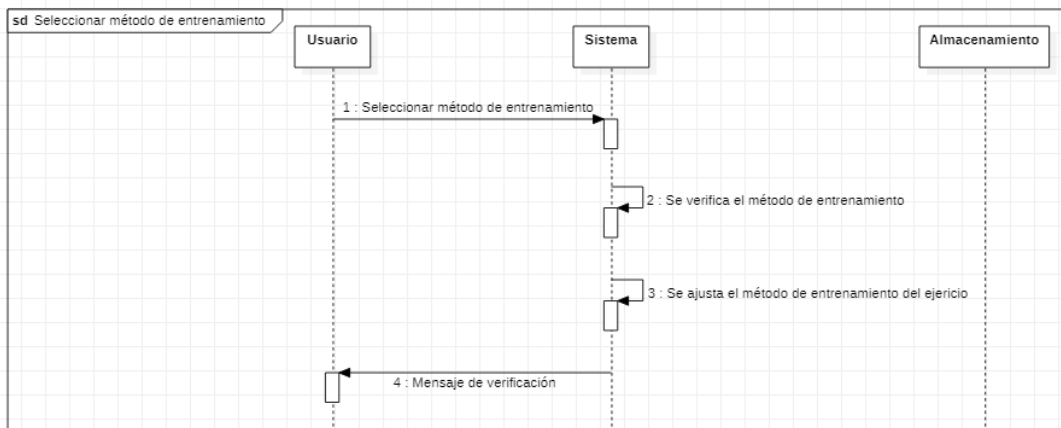


Figura 5.8: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.05: Seleccionar método de entrenamiento

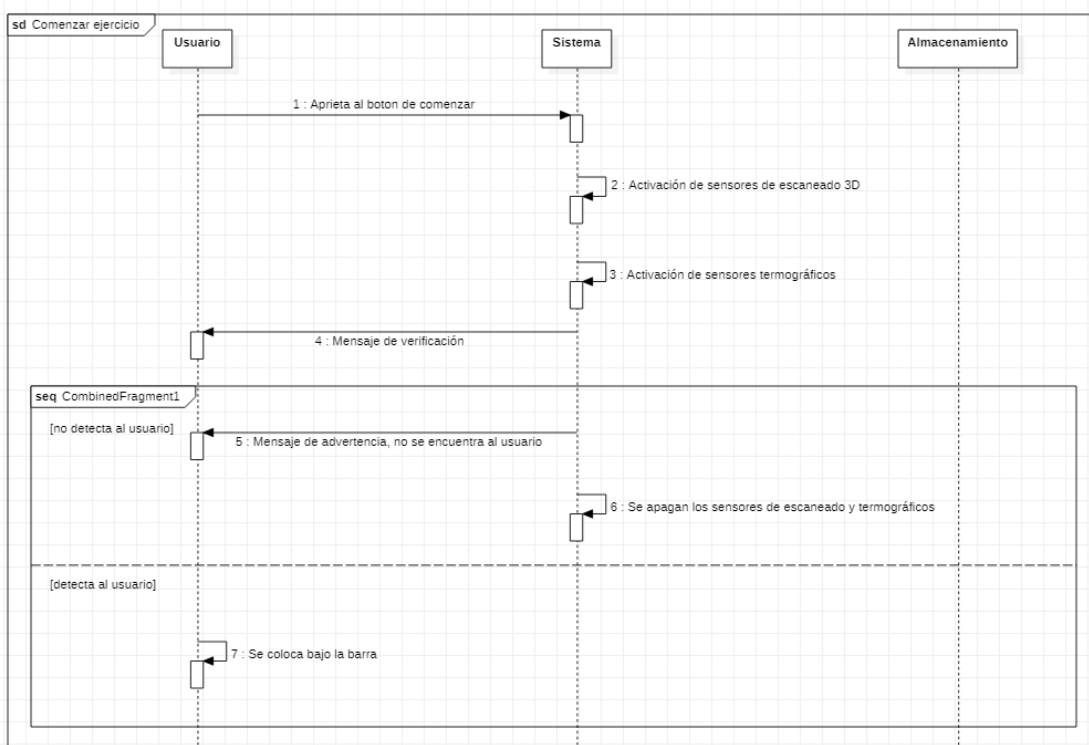


Figura 5.9: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.06: Comenzar ejercicio

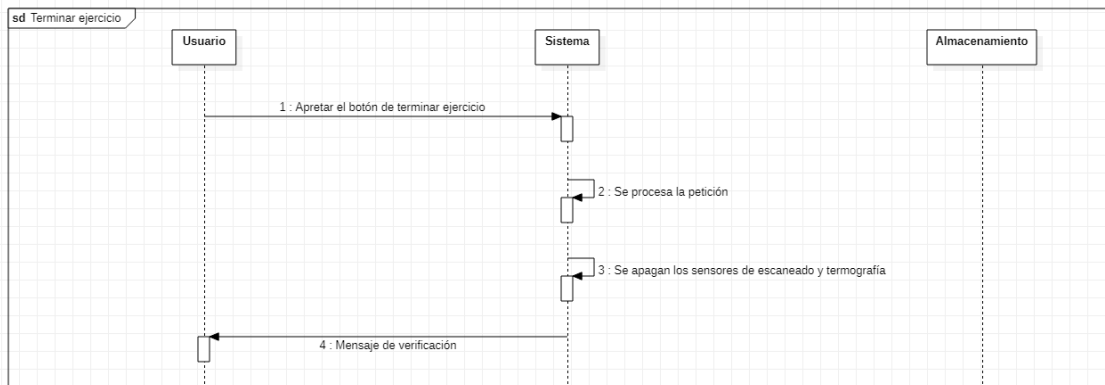


Figura 5.10: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.07: Terminar ejercicio

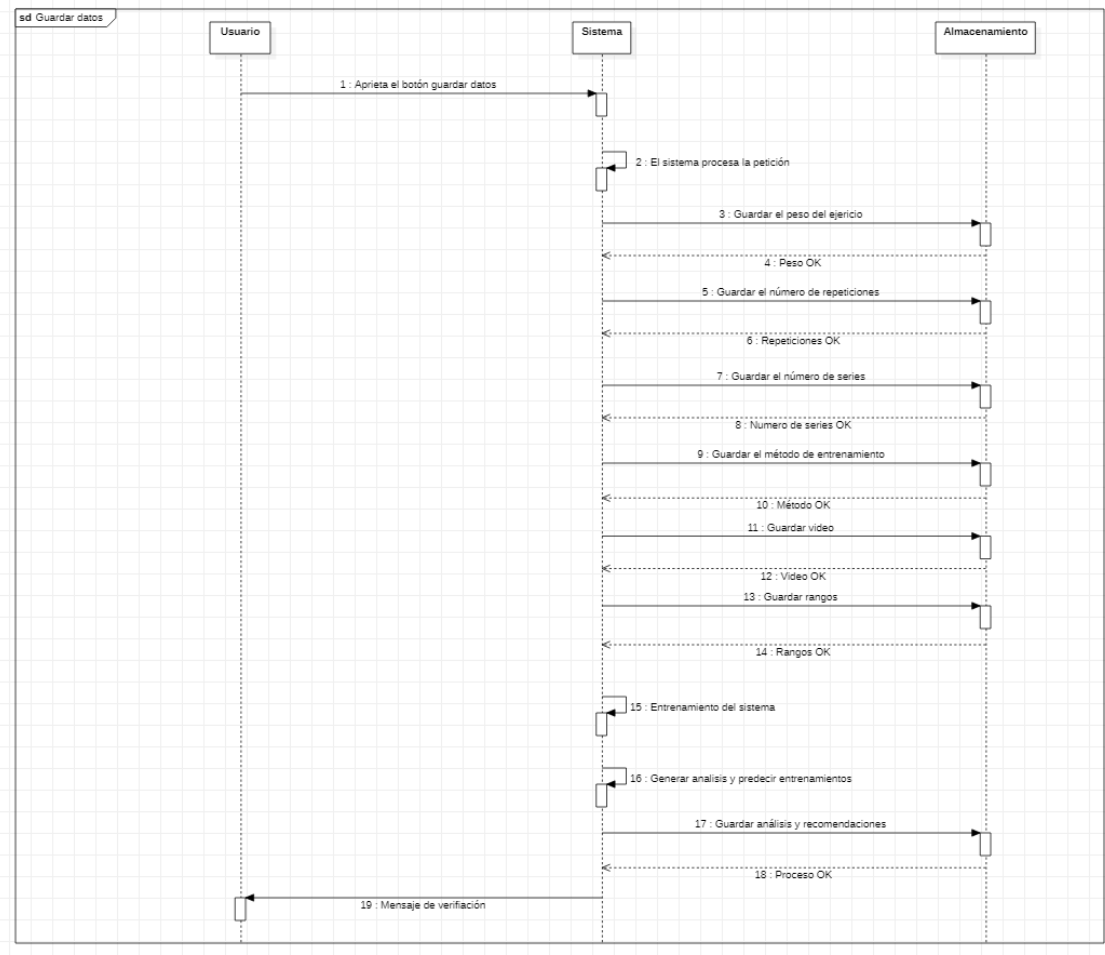


Figura 5.11: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.08: Guardar Datos

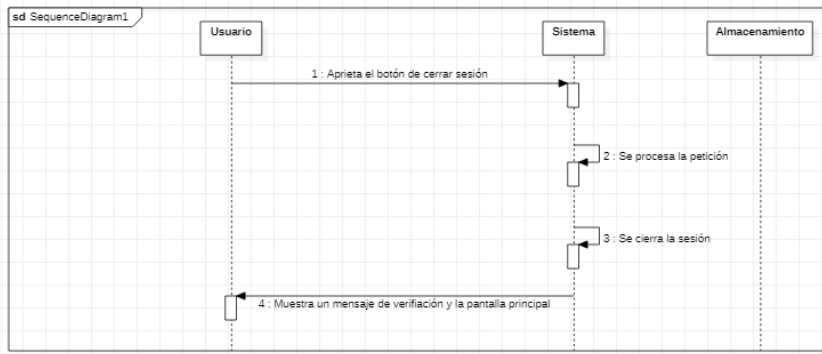


Figura 5.12: Diagrama de Secuencia correspondiente al Caso de Uso U.09: Cerrar sesión

5.4 Diseño de Interfaz

Este apartado pretende dotar al lector de una primera aproximación física del diseño de nuestra máquina IMM, teniendo en cuenta algunos de los requisitos funcionales citados. Para entender este diseño, se sigue un formato específico, de manera que, de cada consideración de nuestra máquina, se declara una breve descripción, los elementos partícipes en cada uno de ellos, un boceto y los posibles eventos que se pueden realizar.

A continuación, se presentan las tablas que corresponden con las distintas prestaciones que nos ofrece IMM:


Tabla 1	Inicio de Sesión
Boceto	
	
Figura 5.13: Inicio de sesión	
Descripción	La página que vemos en el boceto corresponde con el inicio de sesión de la pantalla táctil de la máquina IMM
Eventos	Se puede escribir el ID de usuario, se puede escribir la contraseña de usuario, se aprieta al botón de "Entrar"

Tabla 5.1: Inicio de sesión


Tabla 2	Página principal de un usuario
Boceto	
	
Figura 5.14: Página principal de un usuario	
Descripción	La página que vemos en el boceto corresponde con la página principal de un usuario, que corresponde con la selección de los datos de la sentadilla
Eventos	Se puede apretar el botón de “ <i>Seleccionar peso</i> ”, “ <i>Seleccionar repeticiones</i> ”, “ <i>Seleccionar series</i> ” y “ <i>Seleccionar método</i> ” para introducir los datos, el botón de “ <i>Comenzar</i> ” para ejecutar el ejercicio y el botón de “ <i>Cerrar sesión</i> ” para salir del perfil

Tabla 5.2: Página principal de un usuario


Tabla 3	Página selección de datos
Boceto	
	
Figura 5.15: Página selección de datos	
Descripción	La página que vemos en el boceto corresponde con una de las opciones de selección de datos
Eventos	Se puede sumar y restar el peso en kg con los botones “+” y “-”, se puede apretar el botón “ <i>Fijar</i> ” para introducir el peso en la máquina

Tabla 5.3: Página Selección de datos


Tabla 4	Página realizar y finalizar ejercicio
Boceto	
	
Figura 5.16: Página realizar y finalizar ejercicio	
Descripción	La página que vemos en el boceto corresponde con el proceso de realización de la sentadilla por nuestro usuario, además de la finalización
Eventos	Se puede observar el progreso del entrenamiento y apretar el botón de “Finalizar” para acabar con la ejecución

Tabla 5.4: Página realizar y finalizar ejercicio


Tabla 5	Guardar datos
Boceto	
	
Figura 5.16: Guardar datos	
Descripción	La página que vemos en el boceto corresponde con el guardado de los datos de la ejecución de la sentadilla
Eventos	Se puede apretar el botón de “Guardar” para almacenar la información en la base de datos y generar los análisis y conclusiones o se puede apretar el botón de “Cancelar” para no guardar lo ejecutado

Tabla 5.5: Guardar datos

Tabla 6	Máquina IMM
Boceto	
<p style="text-align: center;">Figura 5.17: Máquina IMM</p>	
Descripción	El boceto que aparece corresponde con la estructura física de IMM
Eventos	Realización de la sentadilla e interacción con la pantalla táctil

Tabla 5.6: Máquina IMM

Capítulo 6

Funcionamiento

El funcionamiento de IMM comprende el proceso de materialización de todo lo citado en los capítulos anteriores. En este apartado, se procede a la creación de un modelo de ejemplo que cumpla con todos los requisitos declarados y el alcance fijado, además de contener las tecnologías y herramientas necesarias para su correcto funcionamiento.

6.1 Descripción técnica

Para conocer de forma correcta y ordenada las características de nuestra máquina, vamos a dividir este apartado en varias secciones:

6.1.1 Sistemas de escaneo 3D

Los sistemas que incorporan un mecanismo de escaneo tridimensional, pueden recoger información digital de todo el cuerpo humano, capturando una gran cantidad de instantáneas que se juntan formando un modelo 3D de nubes de puntos.

Nuestra máquina incorpora una cabina de escaneo avanzada, similar al modelo actual “*Vitronic Vitus 3D*”. Se trata de un escáner que permite la captura rápida de una persona en tres dimensiones debido al equipamiento de un dispositivo que proyecta un patrón de línea infrarroja sobre el cuerpo a escanear. Posee un pedestal central donde se coloca el usuario para realizar la sentadilla y cuatro columnas de sensores que adaptan una serie de sensores, tres cámaras y un proyector para la luz estructurada.

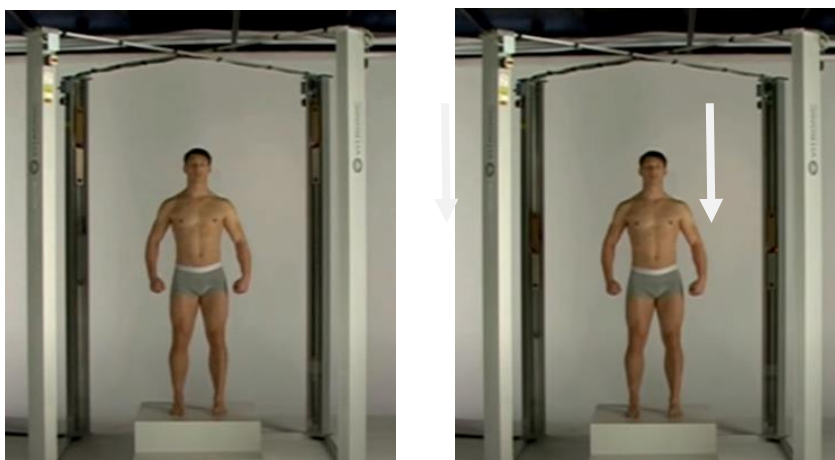


Figura 6.1: Funcionamiento del sistema de escaneo

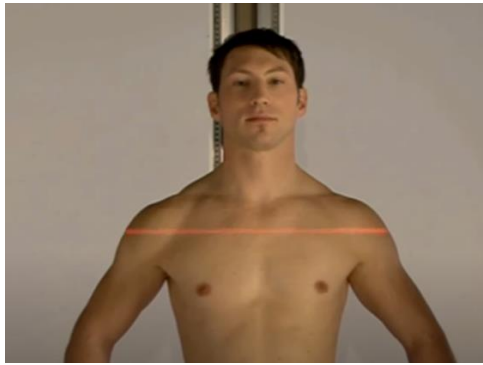


Figura 6.2: Escaneo corporal

El volumen de escaneo de nuestra máquina es de aproximadamente 1 metro de diámetro y 2 de altura. La medición de nuestro usuario se realiza en un intervalo de 10 a 15 segundos desde su colocación estática en el pedestal, período en el cuál, los sensores se desplazan de arriba a abajo para capturar a la persona. Dos de las tres cámaras estéreo detectan el patrón de luz infrarroja existente sobre la persona, mientras que la restante se encarga de capturar la información de color para crear un modelo 3D coloreado. El tiempo total de grabación y de procesado de los datos está alrededor de los 60 segundos.

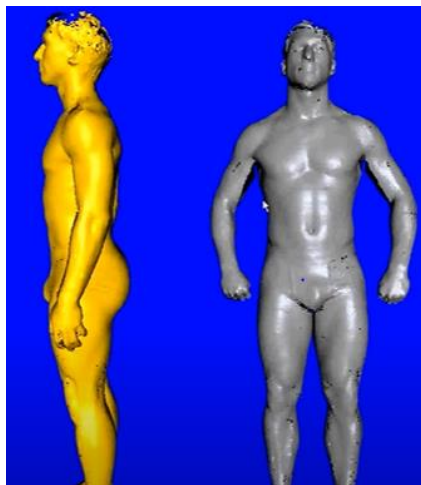


Figura 6.3: Procesado de los datos del escaneo

A diferencia de la fotogrametría, el escaneo de luz estructurada tiene la ventaja de ofrecer medidas precisas y en un intervalo de tiempo menor. Además, los sistemas usados son más baratos que las cámaras DSLR utilizadas por los dispositivos de fotogrametría, sumado a que estos pueden exportar un modelo 3D escalado correctamente después del escaneo.

6.1.2 Sistemas de termografía

La termografía deportiva es una técnica que permite recopilar información acerca del comportamiento térmico de una persona a través de una medición no invasiva de la temperatura de la piel. Con esto, se puede calcular el rendimiento de un deportista, evaluar la técnica de un determinado ejercicio, evitar y prevenir lesiones o patologías, etc.

IMM cuenta con dos cámaras termográficas del modelo Fluke RSE600, una delantera y otra lateral para la medición completa del cuerpo humano. Estas cámaras están equipadas con una serie de funciones avanzadas y un software específico para la transmisión continua y el procesado de los datos infrarrojos. Transmiten 60 secuencias de datos por segundo para controlar los mínimos cambios de temperatura y poder conocer qué músculos y de qué forma intervienen en la ejecución de la sentadilla.



Figura 6.4: Cámaras termográficas

Las cámaras termográficas se encienden en el momento en el que el usuario aprieta el botón “Comenzar” de la pantalla táctil, de forma que estas le captan y le mapean en el momento que se sube al pedestal central. Durante la ejecución de la sentadilla, los músculos de cuádriceps, femoral y glúteo, que son aquellos que se ejercitan y juegan un papel importante en su realización, verán su temperatura aumentada debido a la disipación de la energía en forma de calor y a un aumento de la fatiga.

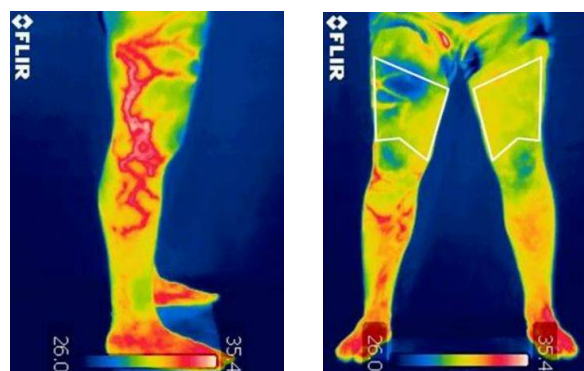


Figura 6.5: Termografía corporal

Tras finalizar el ejercicio, con el uso de redes neuronales y el procesado de los datos, se obtendrá un resumen con los datos recogidos por estas cámaras. En caso de lesión, dolor muscular o una mala ejecución del ejercicio, se podrá detectar debido al desequilibrio de temperatura en un determinado músculo, con el objetivo de proporcionar al usuario una serie de recomendaciones y consejos para su próximo entrenamiento.

6.1.3 Sistema de automatización del peso

IMM cuenta con un proceso de automatización del peso para la ejecución de la sentadilla, es decir, no es necesario que nuestro usuario tenga que introducirlo de forma manual, es la propia máquina la que se encarga de ajustarlo.

Para ello, IMM cuenta con dos selectores de peso motorizados para modificar el peso del ejercicio, uno para cada lateral de la máquina. Estos dispositivos siempre estarán activos durante la ejecución de la sentadilla, ya que IMM cuenta con distintos tipos de entrenamiento. En caso de que el usuario seleccione trabajar la fase concéntrica o excéntrica de la sentadilla, el peso de la máquina se verá aumentado o reducido en las distintas subidas y bajadas por cada repetición del ejercicio, por ejemplo, si el usuario quiere trabajar la fase excéntrica, los selectores introducirán menos peso en la bajada durante un mayor tiempo de recorrido, sin embargo, el peso se verá aumentado de forma automática debido a un impacto más rápido en la subida.



Figura 6.6: Fases de la sentadilla

6.1.4 Barra olímpica multipower

La barra de IMM es una barra olímpica que pesa 20 kg, presenta una alta capacidad de carga y está fabricada en su totalidad de acero inoxidable para garantizar la estabilidad y la resistencia de las conexiones de la máquina. Los laterales de la barra están unidos a los selectores de peso, de tal forma que se ajusta el mismo peso a los dos lados.



Figura 6.7: Anclaje de la máquina multipower

Para la ejecución de la sentadilla, la barra tiene que estar colocada a la altura de los hombros, de forma que la espalda y el cuello se queden rectos en todo momento. Para facilitar su colocación, IMM cuenta con un sistema de anclaje por alturas, permitiendo al usuario su correcta colocación debajo de la barra.

6.1.5 Pantalla táctil

Es el dispositivo que permite al usuario realizar distintas acciones para la ejecución de la sentadilla. La pantalla táctil está formada por una capa fina y transparente de óxido de indio y estaño, que detecta el contacto con el ser humano debido a la modificación del campo electrostático de la capa semiconductor, ya que los seres humanos conducimos la electricidad. De esta forma, la máquina detecta dónde se ha producido el cambio con el objetivo de conocer las necesidades de nuestro usuario y así, poder realizar y ejecutar las distintas funcionalidades de IMM que se encuentran conectadas a esta.

Entre las máquinas buscadas, se pretende conseguir un modelo parecido al *“Digital Kiosk Display 32” de Windows 10”*.



Figura 6.8: Pantalla táctil

6.1.6 Redes neuronales recurrentes

Las redes neuronales recurrentes son un tipo de red neuronal artificial que se encargan de procesar datos secuenciales o temporales, permitiendo que la red obtenga una especie de memoria artificial. Gracias a este tipo de redes, IMM es capaz de predecir una serie de conclusiones y consejos futuros para un usuario en la ejecución de la sentadilla.

La neurona recurrente es aquella que es capaz de enviar la información hacia delante y hacia atrás, es decir, recibe datos de las neuronas anteriores, pero también la recibe de ella misma en el paso anterior.

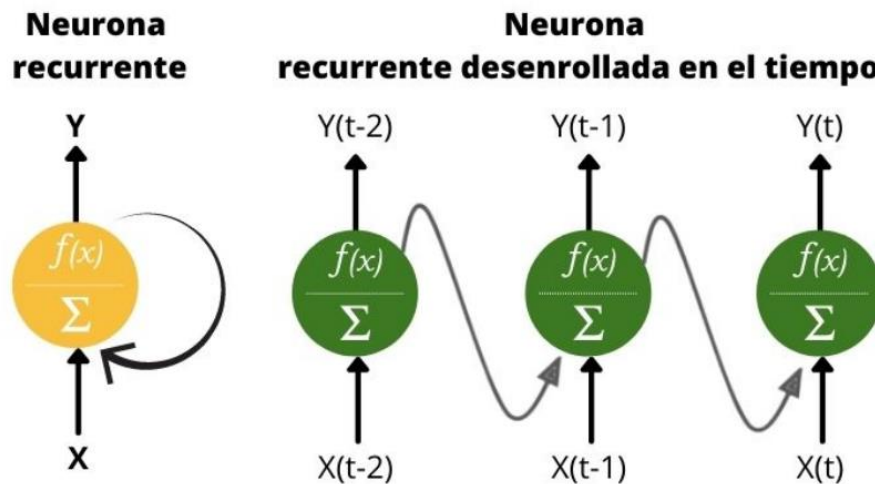


Figura 6.9: Redes neuronales recurrentes y temporales

La memoria en este tipo de redes es muy limitada debido a un suceso denominado “*gradient vanishing*”, por el cual una parte de la información se va olvidando a medida que se aleja en el tiempo durante el entrenamiento de la red neuronal, causando una disminución del gradiente y perdiendo la capacidad de aprendizaje del modelo.

Para evitar este tipo de situaciones, se crearon unas “*puertas*”, es decir, una serie de operaciones matemáticas que funcionan como mecanismos para almacenar aquella información que resulte relevante y eliminar aquella que carece de importancia para el aprendizaje. Existen dos tipos de redes neuronales recurrentes que incorporan estos mecanismos que permiten una memoria a largo plazo: LSTM y GRU.

A continuación, se procede a explicar las redes neuronales recurrentes LSTM, que son las que pretenden usar IMM para su aprendizaje y entrenamiento.

6.1.7 Redes neuronales recurrentes LSTM

Las LSTM (long-short term memory) son un tipo especial de redes neuronales recurrentes que persisten la información usando bucles en el diagrama de red, es decir, presentan “memoria”. Su uso en las máquinas deportivas es de gran relevancia al permitir recordar patrones, movimientos, lesiones... que han ocurrido anteriormente, pudiendo inferir la información ya almacenada de forma correcta.

Como bien se citaba anteriormente, estas neuronas están formadas por células de memoria que contienen una serie de puertas o mecanismos matemáticos que desempeñan distintas funciones. Para comprender su funcionamiento, se proporciona una imagen de una célula de memoria con las distintas puertas y capas que podemos encontrar:

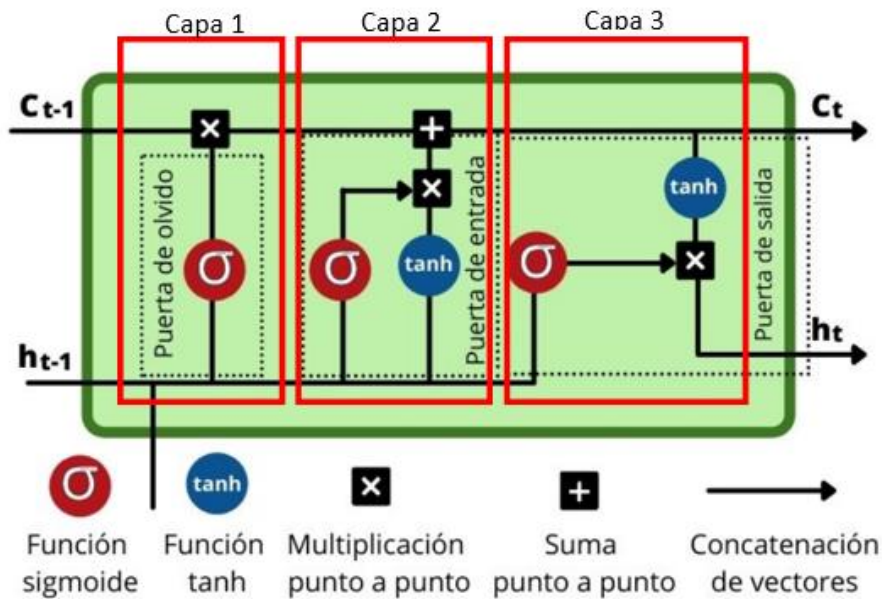


Figura 6.10: Redes neuronales recurrentes LSTM

- Puerta de olvido “*forget gate*”: Esta operación decide la información que se almacena y se olvida gracias a la función “*sigmoide*”. Esta función presenta valores en un rango de $[0,1]$, siendo 0 lo menos importante y 1 lo más relevante.
- Puerta de entrada “*input gate*”: El trabajo de esta puerta consiste en actualizar el estado oculto de la célula, es decir, añadir el nuevo input a lo que ya contenía anteriormente. La información que se almacena es controlada de nuevo por otra función “*sigmoide*” que actúa de la misma forma que en la puerta de olvido.
- Puerta de salida: Esta puerta se encarga de declarar cuál será el estado oculto de la célula en su siguiente paso. Encontramos dos funciones, una “*sigmoide*” y una “*tanh*”. Esta última es de gran importancia, ya que su trabajo es reducir los valores de un rango $[-1,1]$, con el fin de evitar problemas del gradiente durante el entrenamiento que complicarían el aprendizaje de la red.

Para comprender el funcionamiento de una forma más sencilla, se procede a explicar el funcionamiento por capas que constituyen el módulo de la red:

1. En primer lugar, se avanza por la primera capa con la función sigmoide que decide qué información se almacena o se desecha.
2. En la segunda capa, las funciones sigmoide y tangente deciden la información que se añade al estado de la siguiente forma: primero se decide que valores del estado se actualizan, se crea un vector con aquellos valores candidatos que pueden ser añadidos y finalmente, se combinan estos dos, actualizando el estado.
3. En la tercera y última capa, se decide el resultado final del estado que se va a convertir en la salida del módulo y en la entrada del siguiente. Este estado es el resultado de combinar lo obtenido con una función de activación tangente.

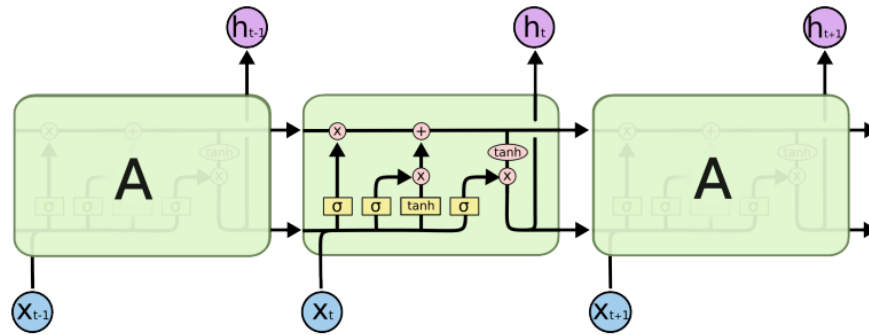


Figura 6.11: Redes neuronales recurrentes LSTM con varias iteraciones

6.1.8 Aplicación web

En este apartado se recomienda desarrollar un ejemplo de lo que sería la aplicación web que se conecta a IMM.

Para su implementación, se aconseja el uso de un patrón “MVC” (Modelo-Vista-Controlador), es decir, un modelo de arquitectura de software que permite la separación de los datos de una interfaz de usuario, una aplicación y una lógica de control en tres componentes diferentes:

- Modelo: Se encarga de la representación de los datos que usa el sistema, definir la funcionalidad del sistema (reglas de negocio) y llevar un seguimiento cercano de las vistas y controladores del sistema.
- Vista (interfaz de usuario): Encargada de recibir la información o los datos y mostrárselo a un usuario que puede interactuar con ellos.
- Controlador: Capa que actúa como intermediaria entre las anteriores, ya que contiene las reglas de gestión de eventos, es decir, las distintas peticiones al modelo o a las vistas.

Un primer acercamiento de la interfaz de la aplicación web de IMM podría ser la siguiente:



Figuras 6.12: App web

Capítulo 7

Planificación y Presupuesto

Este capítulo desarrolla la metodología empleada para el desarrollo de este proyecto y su adaptación, además de un presupuesto económico aproximado de la fabricación de IMM valorando un conjunto de aspectos relevantes. Para su comprensión, se va a hacer uso de múltiples tablas y operaciones matemáticas.

7.1 Metodología empleada

Como bien se citaba al principio del documento, la metodología que se ha puesto en práctica ha sido la UVagile. Para la realización de este proyecto, se han empleado 4 Sprints de 4 o 5 semanas cada uno, en los cuáles, he ido desarrollando distintas tareas y empleando distintas herramientas. Para ser conscientes del trabajo empleado, se detalla a continuación una gestión del esfuerzo con el fin de cumplir los objetivos marcados en la tabla XX.

7.1.1 Gestión del esfuerzo

Para comprender las tareas que se han llevado a cabo en cada Sprint, se presenta la siguiente tabla dividida en semanas y el número total de horas empleadas en su conjunto:

Número de Sprint	Semanas	Descripción de las Tareas	Número de Horas
1	1,2,3,4	1.1 Estudio de la máquina a analizar 1.2 Estudio de tecnologías involucradas 1.3 Búsqueda y aprendizaje de variedad de máquinas deportivas similares 1.4 Primera aproximación de los objetivos a conseguir	20 h
2	5,6,7,8,9	2.1 Segunda aproximación de los objetivos a conseguir 2.2 Detallar los distintos fundamentos teóricos implicados en el desarrollo de IMM 2.3 Identificar los requisitos y los principales casos de uso del sistema	32 h
3	10,11,12,13,14	3.1 Realización de los diagramas de los requisitos y casos de uso 3.2 Estudio del diseño de IMM, con sus arquitecturas y diagramas 3.3 Estudio y desarrollo de la interfaz de usuario que presta IMM	39 h

4	15,16,17,18,19	4.1 Estudio y análisis del funcionamiento de IMM 4.2 Estudio de la planificación y del presupuesto de IMM 4.3 Realización del apartado de conclusiones 4.4 Realización del apartado de bibliografía 4.5 Corrección de fallos y aplicación de mejoras	27 h
----------	----------------	--	-------------

Tabla 7.1 Gestión del esfuerzo en horas

Para estas tareas generales, se debe hacer una estimación de la dificultad de cada una de ellas. Para evaluarlas, se va a seguir un modelo específico, de manera que se asigna a cada una de ellas un número del 1 al 10, siendo 1 la mínima dificultad y 10 la máxima. Con esto, podemos sacar conclusiones del trabajo realizado durante cada Sprint y el costo en esfuerzo de cada uno ellos:

Sprint	Tareas	Valor	Total de cada Sprint
1	Estudio de la máquina a analizar	6	19
	Estudio de tecnologías involucradas	6	
	Búsqueda y aprendizaje de variedad de máquinas deportivas similares	3	
	Primera aproximación de los objetivos a conseguir	4	
2	Segunda aproximación de los objetivos a conseguir	6	20
	Detallar los distintos fundamentos teóricos implicados en el desarrollo de IMM	6	
	Identificar los requisitos y los principales casos de uso del sistema	8	
3	Realización de los diagramas de los requisitos y casos de uso	9	25
	Estudio del diseño de IMM, con sus arquitecturas y diagramas	9	
	Estudio y desarrollo de la interfaz de usuario que presta IMM	7	
4	Estudio y análisis del funcionamiento de IMM	7	21
	Estudio de la planificación y del presupuesto de IMM	5	
	Realización del apartado de conclusiones	3	
	Realización del apartado de bibliografía	2	
	Corrección de fallos y aplicación de mejoras	4	

Tabla 7.2 Gestión del esfuerzo en puntos de historia

7.2 Planificación en el calendario

En el anterior apartado se citan las principales tareas que se han llevado a cabo durante el proyecto en forma de Sprints. Para comprender el tiempo que nos ha empleado en forma de días, se procede a reflejar la duración de estos en un calendario, marcando el día de comienzo y el día de finalización de cada Sprint:

- Primer Sprint
- Segundo Sprint
- Tercer Sprint
- Cuarto Sprint

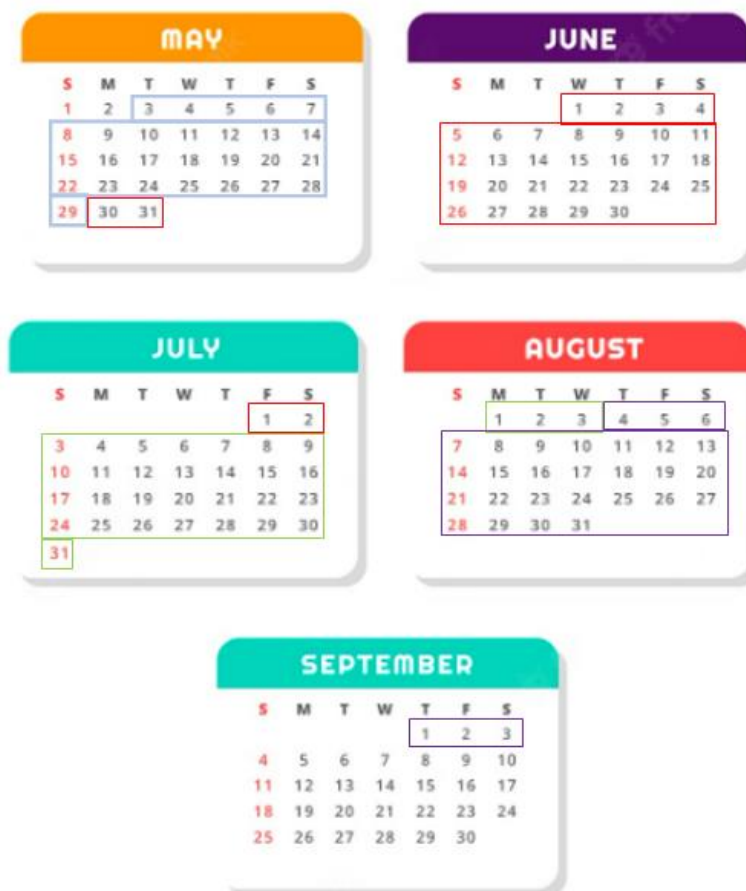


Figura 7.1: Planificación temporal del documento

7.3 Presupuesto

La fabricación de IMM requiere de un cálculo total del presupuesto, incluyendo la mayoría de los aspectos posibles para aproximarse a la realización de un proyecto real. Se va a calcular una estimación, cabe destacar que su coste final real puede variar con respecto a lo analizado en este documento.

Para su estimación, es necesario tener en cuenta los aspectos software, hardware, recursos humanos y otros adicionales.

7.3.1 Estimación del hardware

Dentro de los costes que puede suponer el hardware, hay que destacar todo componente material implicado en el funcionamiento de IMM. Encontramos los siguientes:

Material	Precio
Escáner “Vitronic Vitus 3D”	60000 €
Cámara termográfica “Fluke RSE600”	40000 €
Selectores de peso	500 €
Barra olímpica multipower	250 €
Pantalla táctil	1600 €
Sistema de cableado	200 €
TOTAL	102550€

Tabla 7.3 Presupuesto hardware

Para la determinación del precio de nuestro escáner, se incluye en el precio la incorporación de todos los materiales como sensores, cámaras, mecanismos de engranaje, etc. De la misma forma, se obvia los componentes integrados en una cámara termográfica, calculado directamente su precio final para ese modelo.

A estos materiales, hay que sumar el coste que le supone a nuestro fabricante usar un dispositivo para la creación de la aplicación web y el desarrollo del software de IMM. Para una estimación real, se presenta a continuación las características de un ordenador que se recomienda usar en casos de alto nivel de programación:

Ordenador “MSI Bravo 15 B5DD-005XES”	
Características	Precio
Procesador	AMD® Ryzen 7 5800H
Memoria RAM	DDR IV 16GB
Tarjeta gráfica	RX5500M, GDDR6 4GB
Disco duro	512GB NVMe PCIe Gen3x4 SSD
Dimensiones	359 x 254 x 21.7 mm
Precio	1000€

Tabla 7.4 Presupuesto ordenador

El precio que tenemos que sumar a los materiales hardware, corresponde con el tiempo de vida de este ordenador que se va a emplear en la fabricación de IMM. Para este proyecto, se estima que el ordenador puede tener de vida media alrededor de 8 años, de los cuales, se emplea 1/2 año en la fabricación de todo el software, es decir, un 6,25%. Por lo tanto, se calcula el 6,25% del precio total del ordenador, dándonos como resultado **62,5€**. El resultado final del Hardware es de **102612,5€**.

7.3.2 Estimación del software

Para el cálculo del coste del software, se tiene en cuenta las herramientas y sistemas operativos que pueden jugar un papel importante en su desarrollo. El ordenador detallado en el apartado anterior, a pesar de tener instalado el Sistema Operativo de Windows 10, lleva a cabo la realización de la aplicación y del software de IMM sobre una máquina virtual que tiene la distribución Ubuntu de Linux. La programación en estos casos, como sus licencias y herramientas son totalmente gratuitas, no influye en la suma del presupuesto.

7.3.3 Estimación de los recursos humanos

En este apartado se estima el coste humano que supone desarrollar el proyecto. Para ello, hay que tener en cuenta el trabajo empleado por cada profesional que participa en la fabricación de IMM. En este proyecto, se tienen en cuenta unos determinados roles, lo que gana económicamente mensualmente cada uno de ellos, las horas empleadas y el coste por cabeza.

Trabajo	Salario mensual	Horas empleadas	Coste final
Analista de software	2500€/mes 15,625€/hora	150h	2343,75€
Desarrollador de Frontend	1666,66€/mes 10,416€/hora	200h	2083,2€
Desarrollador de Backend	2500€/mes 15,625€/hora	200h	3125€
Constructor	2000€/mes 12,5€/hora	120h	1500€
Arquitecto	2916,66€/mes 18,229€/hora	150h	2734,35€
Jefe de proyecto	2916,66€/mes 18,229€/hora	80h	1458,32€
Coste total			13244,62€

Tabla 7.5 Presupuesto recursos humanos

7.3.4 Estimación de costes adicionales

En este apartado se tienen en cuenta aspectos externos que influyen en el funcionamiento y desarrollo de IMM. Cabe destacar la conexión a Internet y el uso de electricidad. Se tiene en cuenta para la estimación del coste, el gasto eléctrico que corresponde al ordenador usado para la fabricación del software, calculando una media de 12 euros mensual.

Además, se da por hecho que para el uso de Internet se ha usado una tarifa básica de 50 euros mensuales. A continuación, se presenta la tabla con los cálculos realizados:

Recurso	Coste mensual (Mensual => Jornada Laboral)	Tiempo empleado	Costes
Electricidad	12=>2,8387	1/2 año	17,0322€
Internet	50=>11,8279	1/2 año	70,9677€
Coste total			88€

Tabla 7.6 Presupuesto costes adicionales

7.3.5 Suma de los costes

A continuación, se obtiene el presupuesto final para IMM:

Tipo de recurso	Coste
Hardware	102612,5€
Software	0€
Humanos	13244,62€
Adicionales	88€
Presupuesto total	115945,12€

Tabla 7.7 Presupuesto final

7.4 Herramientas empleadas

7.4.1 Modelado de diagramas

StarUML: herramienta con posibilidad de pago, para la fabricación de diagramas UML. Se ha utilizado para la realización de los Diagramas de Casos de uso y de los Diagramas de Secuencia

Draw.io: herramienta gratuita para la fabricación de diagramas software. Se ha utilizado para la realización del Árbol de Características, los Diagramas de Arquitectura y el Diagrama Entidad-Relación.

7.4.2 Fabricación del software de la aplicación móvil y pantalla táctil

Power Apps: Es una aplicación de móvil que permite crear formularios, aplicaciones y flujos de trabajo personalizados de una forma rápida y sencilla.

Capítulo 8

Conclusiones

Para este capítulo, se declaran una serie de conclusiones relevantes a raíz del documento desarrollado. Además, se presentan un conjunto de posibles mejoras futuras que se pueden incorporar en su fabricación.

8.1 Conclusiones

Considero que la realización de este documento ayuda a concienciar a un gran sector del fitness y del deporte, pues se busca una mejora y un aprendizaje de los usuarios en la realización de la actividad física. La posible creación de IMM es probable que cause un gran impacto en este mundo debido a los recursos usados y a las prestaciones que ofrece, generando un gran número de solicitudes por parte de gimnasios o centros deportivos.

A nivel personal, hacer la documentación de este proyecto ha supuesto afrontar el final de esta ingeniería de otra forma totalmente distinta a todo lo realizado durante mi transcurso en la carrera, ya que ha sido mucho mayor el número de horas empleadas, la investigación a gran escala, el contacto con los distintos profesores para la resolución de dudas... Además, gracias a la metodología Agile, he podido profundizar y llevar a cabo un desarrollo estable y completo, pues se han conseguido los objetivos marcados inicialmente y he conseguido una evolución incremental del documento.

Por otro lado, desde el punto de vista técnico, he aprendido las nuevas y distintas tecnologías que nos ofrece el mercado del fitness, ya que durante mi tiempo trabajando en el centro deportivo Dreamfit, no se disponía del material que se ha desarrollado en este documento. Además, considero importante el aprendizaje y el análisis de las redes neuronales, ya que, hoy en día, son más los dispositivos inteligentes que presentan estos mecanismos para facilitar al ser humano la realización de tareas.

Gracias a la realización de este proyecto, he podido mejorar una serie de competencias que son importantes para el desarrollo de un trabajo de fin de grado, como son la organización, la toma de decisiones, la capacidad de análisis, la gestión del tiempo, habilidades de estudio y de investigación, etc.

Finalmente, considero que este proyecto es de gran relevancia, ya que el sector deportivo es un mundo que se encuentra en constante cambio debido a las tecnologías involucradas, la virtualidad aparece cada vez con más fuerza en este entorno, y la máquina IMM cumple con las expectativas.

8.2 Futuras mejoras

El desarrollo de IMM implica la incorporación de tecnologías avanzadas y de material único, pero puede verse mejorado en algunos aspectos. A continuación, se redactan un conjunto de posibles mejoras que pueden añadirse en su desarrollo:

1. **Reconocimiento de voz:** Una de las funcionalidades que no incorpora IMM es el reconocimiento de voz, pero cabría la posibilidad de instalarlo con el objetivo de que nuestro usuario interaccionase con la máquina para el ajuste de peso, la realización de descansos, la ejecución de la sentadilla, etc.
2. **Adaptación de otros ejercicios físicos:** IMM está pensada para el estudio y el análisis de la sentadilla squat, pero si es cierto que se pueden incorporar otras actividades como un “press banca” o un “press de hombros”, pues son ejercicios que se pueden realizar con barra y también requieren de una técnica y movimientos específicos.
3. **Representación visual de los ejercicios como asistencia:** Podría ser interesante incorporar un panel digital en uno de los laterales frontales de nuestra máquina, donde se realice una representación visual del ejercicio, para que un usuario que desconoce su movimiento comience con una base mínima de conocimientos.
4. **Acceso a la aplicación web desde la propia máquina:** Esta característica es relevante, pues el acceso a la máquina sólo se consigue si ya te has creado un perfil anteriormente desde una aplicación web. Se recomienda añadir a la pantalla digital, la funcionalidad que permita crear un perfil y ver los resultados analizados en vez que tener que acceder a la app para obtener las conclusiones generadas por IMM.

Bibliografía

- [1] Alfonso Peña (12 de julio de 2022) “*La digitalización revoluciona los gimnasios y la Inteligencia Artificial se integra en la preparación física*” en ELESPAÑOL
- [2] Analía Llorente (12 marzo 2018). “*Qué es la inteligencia, qué tan importante es y por qué no deberías decirle a nadie que es inteligente*” en BBC NEWS MUNDO
- [3] *Campus virtual de la Universidad de Valladolid*. Universidad de Valladolid. 2022 <<https://campusvirtual.uva.es/>>
- [4] Carlos Cubo Izquierdo (2022). *Annotator: una herramienta de anotación de textos asistida por aprendizaje automático*. Trabajo Final de Grado. Segovia: Universidad de Valladolid. Septiembre de 2022. <<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/47380/TFG-B.1665.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- [5] Emilio Gómez Milán (1 julio 2020). “*Qué es la termografía infrarroja y cómo puede delatarte si estás mintiendo*” en The Conversation, BBC NEWS MUNDO
- [6] *Evolución del sector Fitness y Gimnasios en España*. Net Sport. 28 de octubre de 2020. <<https://netsportg.com/evolucion-del-sector-fitness-y-gimnasios-en-espana/>>
- [7] Iztok Fister Jr. (1 July 2015). “*Computational intelligence in sports: Challenges and opportunities within a new research domain*” en ScienceDirect. Septiembre de 2022. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0096300315004300>>
- [8] Jacob`s Ladder (22 de abril de 2017) “*El gym del futuro: 5 nuevas y sofisticadas máquinas para entrenar*” en Clarín
- [9] Jorge Sánchez Bermúdez. (2017-2018) “*Use of technologies and wearables in the field of fitness by gym users*”. Universidad de Zaragoza. <<https://zaguan.unizar.es/record/77513/files/TAZ-TFG-2018-4899.pdf>>
- [10] José Ignacio Garzón. (6 de noviembre de 2018). “*¿Cómo usar las redes neuronales (LSTM) en la predicción de averías en las máquinas*” en GFT. <<https://blog.gft.com/es/2018/11/06/como-usar-redes-neuronales-lstm-en-la-prediccion-de-averias-en-las-maquinas/>>
- [11] José Luis Pérez Triviño. (Mayo de 2022) “*La Inteligencia Artificial en el deporte: Problemas y principios para su adopción*”. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/profile/Jose-Luis-Perez-Trivino/publication/360950926_La_Inteligencia_Artificial_en_el_deporte_Problemas_y_principios_para_su_adopcion/links/6294fdcd431d5a71e76de215/La-Inteligencia-Artificial-en-el-deporte-Problemas-y-principios-para-su-adopcion.pdf>
- [12] *La aplicación de las nuevas tecnologías en el deporte*. Euncet Business School. Septiembre 2022. <<https://blog.euncet.com/aplicacion-de-nuevas-tecnologias-en-el-deporte/>>
- [13] *La evolución de la tecnología fitness*. Amigosysocios. 13 de febrero de 2019. <<https://www.amigosysocios.com/la-evolucion-de-la-tecnologia-fitness/>>

- [14] *La máquina multipower automática Nexa seduce al mercado internacional*. CMD Sport. Septiembre 2022. <<https://www.cmdsport.com/esencial/cmd-fitnessgym/la-maquina-multipower-automatica-nexa-seduca-al-mercado-internacional/>>
- [15] *La termografía, nueva tecnología en el deporte*. Euncet Business School. Septiembre 2022. <<https://blog.euncet.com/termografia-tecnologia-aplicada-al-deporte/>>
- [16] Luis Alejandro Rivera Bedoya y Carlos Alberto Sánchez Zapata. (2020) *DISEÑO DE UN ALGORITMO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO PERSONALIZADOS*. Universidad del Valle, Guadalajara. <<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/21205/Dise%C3%B1o-Algorithmo-Redes-Rivera-Luis-3751-R621d.pdf?sequence=1>>
- [17] Mariano Ahijado (30 de julio de 2019) “Los aparatos del gimnasio también pueden ser inteligentes” en ELPAIS
- [18] Miguel A. Gutiérrez Naranjo. (18 de Mayo, 2018). “Redes neuronales recurrentes con puertas Gated Recurrent Neural Networks” en cs.us.es. <http://www.cs.us.es/~fsancho/ficheros/IAML/Intro_LSTM.pdf>
- [19] MJ MAS (1 de febrero de 2016) “¿Qué es la inteligencia?” en Neuropediatría, Septiembre de 2022. <<https://neuropediatra.org/2016/02/01/que-es-la-inteligencia/>>
- [20] Nestor Cenizo (2019) “Termografía infrarroja: cuando el calor revela lesiones” en Saludeporte. Septiembre de 2022 <<https://www.saludmasdeporte.com/termografia-infrarroja-lesiones/>>
- [21] ¿Qué es el escaneo 3D?, Definición, ventajas y usos. DescubreArduino. Septiembre 2022. <<https://descubrearduino.com/que-es-el-escaneo-3d-definicion-ventajas-y-usos/>>
- [22] ¿Qué es la inteligencia artificial? NetApp TV. Septiembre de 2022. <<https://www.netapp.com/es/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence/>>
- [23] Rubén Cañadas. (22 de noviembre de 2022) “Redes neuronales recurrentes”. Abdatum. <<https://abdatum.com/tecnologia/redes-neuronales-recurrentes>>
- [24] Smart Force. Nexa. Septiembre 2022. <<https://www.nexarevolution.com/smart-force/>>
- [25] Svetlana Golubeva. (8 de septiembre de 2020) “Todo sobre el escaneo corporal en 3D”. Artec3d. <https://www.artec3d.com/es/learning-center/3d-body-scanner>
- [26] Universidad Europea. (24 de Agosto de 2021). *El uso de la tecnología en el deporte*. Universidad Europea. <<https://universidadeuropea.com/blog/tecnologia-en-deporte/>>