



Universidad de Valladolid

E.T.S. Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Laboratorio Virtual de física que muestra la variación de la fuerza
electromotriz según los diferentes parámetros.

Autor:

Stoyan Veselinov Andreev

Tutor:

Manuel Ángel González Delgado

Índice

1. Índice de Imágenes	1
2. Índice de Tablas	3
3. Resumen	5
4. Abstract	6
5. Agradecimientos	7
6. Introducción	8
6.1. Descripción del Proyecto	8
6.1.1. Metodología Utilizada	9
6.2. Objetivos	9
6.3. Fundamentos Teóricos	10
6.3.1. Campo Magnético	10
6.3.2. Inducción Electromagnética	11
6.3.3. Ley de Faraday-Lenz	12
6.3.4. Coeficiente de Autoinducción	14
6.3.5. Coeficiente de Autoinducción de Solenoides	15
6.3.6. Experimento - Ajuste	16
6.4. Contexto de Desarrollo	22
6.4.1. Entorno de Desarrollo	22
7. Planificación	24
7.1. Organización del Trabajo	24
7.1.1. Roles y Responsabilidades	24
7.1.2. Estimación del Tiempo	25
7.1.3. Plan de Proyecto	26
7.1.4. Calendario del Proyecto	27
7.1.5. Recursos del Proyecto	29
7.1.6. Análisis de Riesgos	30
7.1.7. Planificación de Fases	33
7.1.8. Estimación de Costes	37
8. Análisis	38
8.1. Propósito del Sistema	38
8.2. Planteamiento del Problema	38
8.3. Bocetos	38
8.4. Requisitos del Sistema	41

8.4.1.	Requisitos de Usuario	41
8.4.2.	Requisitos Funcionales	41
8.4.3.	Requisitos No Funcionales	43
8.5.	Casos de Uso	45
8.5.1.	Diagrama de Casos de Uso	45
8.6.	Casos de Uso del Sistema	46
8.6.1.	CU01 - Consultar la teoría relativa al experimento	46
8.6.2.	CU02 - Realizar experimento (guardar valores)	47
8.6.3.	CU03 - Analizar resultados / Realizar ajuste	48
8.6.4.	CU04 - Realizar ejercicios de evaluación	49
8.6.5.	CU05 - Consultar manual	50
8.6.6.	CU06 - Elegir Ajuste Guardado	51
8.7.	Modelo de Dominio	52
8.8.	Diagramas de Secuencia	53
8.8.1.	Diagrama de Secuencia CU01	53
8.8.2.	Diagrama de Secuencia CU02	54
8.8.3.	Diagrama de Secuencia CU03	55
8.8.4.	Diagrama de Secuencia CU04	56
8.8.5.	Diagrama de Secuencia CU05	57
8.8.6.	Diagrama de Secuencia CU06	58
9.	Diseño	59
9.1.	Objetivos de Arquitectura	59
9.1.1.	Configurabilidad	59
9.1.2.	Extensibilidad	59
9.1.3.	Reutilización	59
9.1.4.	Portabilidad	60
9.1.5.	Solidez	60
9.2.	Arquitectura del Sistema	60
9.2.1.	Visión Global	60
9.3.	Diagrama de Clases	63
9.3.1.	Inicio	64
9.3.2.	Teoría	64
9.3.3.	Experimento	65
9.3.4.	Análisis	66
9.3.5.	Discusión	67
9.3.6.	DRY Code	68
9.4.	Diagramas de Actividad	70
9.4.1.	Inicio - Teoría	70
9.4.2.	Montaje Experimental	71
9.4.3.	Experimento	72

9.4.4. Análisis	73
9.4.5. Discusión de Resultados	74
10.Implementación	75
10.1. Decisiones Importantes de la Implementación	75
10.1.1. Interfaz Gráfica y su Concordancia con los Dispositivos Móviles	75
10.1.2. Servidor	76
10.1.3. Almacenamiento de datos	76
10.1.4. Construcción del circuito	77
10.2. Librerías Utilizadas	78
11.Pruebas	79
11.1. Pruebas del Dominio	79
11.2. Pruebas de la Interfaz	93
11.3. Pruebas en Dispositivos Móviles	94
12.Control, Seguimiento y Versiones	96
12.1. Objetivos Conseguidos	96
12.2. Control del Tiempo de Realización del Proyecto	97
12.3. Reuniones con el Tutor	98
12.4. Problemas Econtrados	98
12.5. Versiones	99
13.Conclusiones y Trabajo Futuro	101
13.1. Conclusiones	101
13.2. Trabajo Futuro	102
14.Contenidos del CD	103
15.Referencias	104

1. Índice de Imágenes

Imágenes:

Imagen 1: Fórmula 1 Ley Faraday-Lenz	pág. 12
Imagen 2: Fórmula 2 Ley Faraday-Lenz	pág. 12
Imagen 3: Ilustración Campo Inducido	pág. 13
Imagen 4: Fórmula 3 Ley Faraday-Lenz	pág. 14
Imagen 5: Fórmula 1 Coeficiente Autoinducción	pág. 14
Imagen 6: Fórmula 2 Coeficiente Autoinducción	pág. 15
Imagen 6.1: Fórmula 1 Coeficiente Autoinducción Solenoides	pág. 15
Imagen 7: Fórmula 2 Coeficiente Autoinducción Solenoides	pág. 15
Imagen 8: Fórmula 3 Coeficiente Autoinducción Solenoides	pág. 15
Imagen 9: Fórmula 1 Mínimos Cuadrados	pág. 17
Imagen 10: Fórmula 2 Mínimos Cuadrados	pág. 17
Imagen 11: Fórmula 3 Mínimos Cuadrados	pág. 18
Imagen 12: Fórmula 4 Mínimos Cuadrados	pág. 19
Imagen 13: Fórmula 5 Mínimos Cuadrados	pág. 19
Imagen 14: Fórmula 6 Mínimos Cuadrados	pág. 20
Imagen 15: Fórmula 7 Mínimos Cuadrados	pág. 20
Imagen 16: Fórmula 8 Mínimos Cuadrados	pág. 21
Imagen 17: Calendario del Proyecto	pág. 27
Imagen 18: Diagrama de Gantt del Proyecto 1	pág. 27
Imagen 19: Diagrama de Gantt del Proyecto 2	pág. 28
Imagen 20: Diagrama de Gantt del Proyecto 3	pág. 28
Imagen 21: Diagrama de Gantt del Proyecto 4	pág. 28
Imagen 21: Calendario Fase de Inicio: Iteración 1	pág. 33
Imagen 22: Diagrama de Gantt Fase de Inicio: Iteración 1	pág. 33
Imagen 23: Calendario Fase de Elaboración: Iteraciones 1 y 2	pág. 34
Imagen 24: Diagrama de Gantt Fase de Elaboración: Iteraciones 1 y 2	pág. 34
Imagen 25: Calendario Fase de Construcción: Iteraciones 1 y 2	pág. 35
Imagen 26: Diagrama de Gantt Fase de Construcción: Iteraciones 1 y 2	pág. 35
Imagen 27: Calendario Fase de Transición: Iteración 1	pág. 36
Imagen 28: Diagrama de Gantt Fase de Transición: Iteración 1	pág. 36
Imagen 29: Boceto Inicial 1	pág. 39
Imagen 30: Boceto Inicial 2	pág. 39
Imagen 31: Boceto Inicial 3	pág. 40
Imagen 32: Boceto Inicial 4	pág. 40
Imagen 33: Diagrama Casos de Uso	pág. 45
Imagen 34: Diagrama Modelo del Dominio	pág. 52
Imagen 35: Diagrama Secuencia CU01	pág. 53

Imagen 36: Diagrama Secuencia CU02	pág. 54
Imagen 37: Diagrama Secuencia CU03	pág. 55
Imagen 38: Diagrama Secuencia CU04	pág. 56
Imagen 39: Diagrama Secuencia CU05	pág. 57
Imagen 40: Diagrama Secuencia CU06	pág. 58
Imagen 41: Diagrama Despliegue	pág. 62
Imagen 42: Diagrama Clases	pág. 63
Imagen 42: Diagrama Clases - Inicio	pág. 64
Imagen 43: Diagrama Clases - Teoría	pág. 64
Imagen 44: Diagrama Clases - Experimento	pág. 65
Imagen 45: Diagrama Clases - Análisis	pág. 66
Imagen 46: Diagrama Clases - Discusión	pág. 67
Imagen 47: Diagrama Clases - DRY Code	pág. 68
Imagen 48: Diagrama Actividad - InicioTeoría	pág. 70
Imagen 49: Diagrama Actividad - MontajeExperimental	pág. 71
Imagen 50: Diagrama Actividad - Experimento	pág. 72
Imagen 51: Diagrama Actividad - Análisis	pág. 73
Imagen 52: Diagrama Actividad - Discusión	pág. 74
Imagen 53: Capturas de Pantalla Dispositivo Móvil	pág. 76
Imagen 54: Captura Pantalla Barra Navegación	pág. 79
Imagen 55: Botón Siguiente	pág. 80
Imagen 56: Botón Anterior	pág. 80
Imagen 57: Botón Manual	pág. 81
Imagen 58: Botón Dispositivo Experimental	pág. 81
Imagen 59: Botón Montar Circuito	pág. 82
Imagen 60: Botón Simular Experimento	pág. 82
Imagen 61: Checkbox Confirmar Valores	pág. 84
Imagen 62: Checkbox Cambiar Valores	pág. 85
Imagen 63: Botón Guardar Valor	pág. 86
Imagen 64: Botón Guardar Valor	pág. 87
Imagen 65: Botón Eliminar Valor	pág. 87
Imagen 66: Botón Realizar Ajuste	pág. 88
Imagen 67: Botón Realizar Ajuste	pág. 88
Imagen 68: Botón Realizar Ajuste 2	pág. 89
Imagen 69: Botón Realizar Ajuste 2	pág. 89
Imagen 70: Botón Realizar Ajuste 2	pág. 90
Imagen 71: Botón Guardar Ajuste	pág. 91
Imagen 72: Versiones 1	pág. 99
Imagen 73: Versiones 2	pág. 100

2. Índice de Tablas

Tablas:

Tabla 1: Roles y Responsabilidades	pág. 25
Tabla 2: Fases e Hitos	pág. 26
Tabla 3: Fases e Iteraciones	pág. 26
Tabla 4: Recursos del Proyecto	pág. 29
Tabla 5: Riesgo-001	pág. 30
Tabla 6: Riesgo-002	pág. 30
Tabla 7: Riesgo-003	pág. 31
Tabla 8: Riesgo-004	pág. 31
Tabla 9: Riesgo-005	pág. 32
Tabla 10: Riesgo-006	pág. 32
Tabla 11: CU-01	pág. 46
Tabla 12: CU-02	pág. 47
Tabla 13: CU-03	pág. 48
Tabla 14: CU-04	pág. 49
Tabla 15: CU-05	pág. 50
Tabla 15: CU-06	pág. 51
Tabla 17: Prueba Dominio 001	pág. 79
Tabla 18: Prueba Dominio 002	pág. 79
Tabla 19: Prueba Dominio 003	pág. 80
Tabla 20: Prueba Dominio 004	pág. 80
Tabla 21: Prueba Dominio 005	pág. 81
Tabla 22: Prueba Dominio 006	pág. 81
Tabla 23: Prueba Dominio 007	pág. 82
Tabla 24: Prueba Dominio 008	pág. 82
Tabla 25: Prueba Dominio 009	pág. 83
Tabla 26: Prueba Dominio 010	pág. 83
Tabla 27: Prueba Dominio 011	pág. 83
Tabla 28: Prueba Dominio 012	pág. 84
Tabla 29: Prueba Dominio 013	pág. 84
Tabla 30: Prueba Dominio 014	pág. 85
Tabla 31: Prueba Dominio 015	pág. 85
Tabla 32: Prueba Dominio 016	pág. 86
Tabla 33: Prueba Dominio 017	pág. 86
Tabla 34: Prueba Dominio 018	pág. 86
Tabla 35: Prueba Dominio 019	pág. 87
Tabla 36: Prueba Dominio 020	pág. 87
Tabla 37: Prueba Dominio 021	pág. 88

Tabla 38: Prueba Dominio 022	pág. 88
Tabla 39: Prueba Dominio 023	pág. 89
Tabla 40: Prueba Dominio 024	pág. 89
Tabla 41: Prueba Dominio 025	pág. 90
Tabla 42: Prueba Dominio 026	pág. 90
Tabla 43: Prueba Dominio 027	pág. 90
Tabla 44: Prueba Dominio 028	pág. 91
Tabla 45: Prueba Dominio 029	pág. 91
Tabla 46: Prueba Dominio 030	pág. 91
Tabla 47: Prueba Dominio 031	pág. 92
Tabla 47: Prueba Dominio 032	pág. 92
Tabla 48: Prueba Dominio 033	pág. 92
Tabla 49: Prueba Dominio 034	pág. 93
Tabla 50: Prueba Interfaz 001	pág. 93
Tabla 51: Prueba Interfaz 002	pág. 93
Tabla 52: Prueba Interfaz 003	pág. 94
Tabla 53: Prueba Dispositivos Móviles 001	pág. 94
Tabla 54: Prueba Dispositivos Móviles 002	pág. 94
Tabla 54: Prueba Dispositivos Móviles 003	pág. 95

3. Resumen

El proyecto consiste en el desarrollo de un laboratorio virtual de física que simule una de las prácticas que los alumnos del Grado de Ingeniería Informática de la E.T.S.I.I. realizan a lo largo del curso de la propia asignatura de Física.

Se trata de virtualizar el método de realización de la práctica para que los alumnos puedan acceder a la misma en cualquier momento, sin necesidad de estar presentes en la facultad, ampliando además ciertas funcionalidades y proporcionando material teórico para no obligar al alumno a buscarlo por su cuenta.

La práctica en sí conlleva medir la variación de la fuerza electromotriz según cuatro parámetros: Frecuencia, Intensidad, N° de Espiras y Diámetro, y posteriormente hacer un ajuste con los valores obtenidos, ya sea lineal o logarítmico.

Dado que será una página web, estará disponible en variadas resoluciones de pantalla, tanto de ordenadores, como de tablets o dispositivos móviles.

4. Abstract

The project consists in the development of a virtual physics laboratory which will simulate one of the tasks that the students of the Computer Engineering Grade of the E.T.S.I.I. are doing throughout the course of the Physics subject.

It's about virtualizing the method through which the task is done so that the students can access the task in every moment, without the necessity to be physically in the faculty, and also expanding some functionalities and providing theoretical material without making the student search for it on his own.

The task consists in measuring the variation of the electromotive force depending on four parameters: Frequency, Intensity, Number of Turns and Diameter, and after, doing an adjustment with the obtained values, either lineal or logarithmic.

Given that it will be a webpage, it will be available in various screen resolutions, both for computers and mobiles devices such as tablets or mobile phones.

5. Agradecimientos

A mi tutor Manuel Ángel González Delgado por su gran ayuda durante todo este trayecto que conllevó el desarrollo del trabajo fin de grado.

A mis amigos y compañeros de clase por ayudarme a comprender ciertas cuestiones técnicas.

A mi familia, amigos y novia por el continuo apoyo.

6. Introducción

6.1. Descripción del Proyecto

Los alumnos que cursan la asignatura de Física de nuestra carrera tienen que hacer todos los años varias prácticas presenciales en el laboratorio de Física para adquirir los conocimientos necesarios y sacar cierta nota para aprobar la asignatura.

Normalmente estas prácticas son algo costosas y con limitaciones físicas, dado que solo hay X aparatos para Y alumnos, y si el número de alumnos es mucho mayor que el número de aparatos hay que buscar alternativas como su realización en grupos, en cuyo caso ya se pierde cierta parte del aprendizaje individual.

Por esta razón se ha decidido a empezar a virtualizar estas prácticas transformándolas y agrupándolas en una página web para facilitar el acceso de todo los alumnos a dichas prácticas en cualquier momento y lugar en el que se encuentren.

En este caso solo se ha desarrollado la virtualización de una de las prácticas, concretamente la que consiste en medir la variación de la fuerza electromotriz según los cambios en cuatro parámetros (Frecuencia, Intensidad, N° de Espiras y Diámetro).

La idea principal de la práctica es montar un circuito que conecte a un solenoide y una bobina con los medidores de la intensidad, frecuencia y el voltaje, e ir introduciendo la bobina en el solenoide. Dependiendo del caso, se mantienen constantes tres de los cuatro parámetros y se modifica el cuarto (p.e. cambiar una bobina por otro con un diámetro diferente y volver a introducirla en el solenoide). Después se toman los valores de las modificaciones de las medidas y la fuerza electromotriz y se realiza un ajuste (lineal o logarítmico) con ellos.

Todo esto se ha implementado en el laboratorio virtual, añadiendo además otras funcionalidades como la posibilidad de consultar la teoría del tema correspondiente, la posibilidad de realizar el ajuste y visualizar la gráfica con un simple click, en vez de tener que hacerlo a mano y perder incluso horas, y la posibilidad de comprobar lo aprendido a través de varios ejercicios al final de la práctica.

6.1.1. Metodología Utilizada

Vamos a usar casi todas las técnicas de desarrollo de software aprendidas a lo largo de la carrera, tanto planificación temporal, como análisis del problema y del dominio, desarrollo siguiendo unos requisitos y casos de uso previamente identificados, estimación de recursos y costes y temás de interacción con usuarios.

6.2. Objetivos

El objetivo general del proyecto es, obviamente, que se consiga desarrollar la práctica anteriormente explicada de manera virtual y que sea completamente funcional, sin errores, con posibilidad de mejoras y de expandir el laboratorio virtual con las demás prácticas del laboratorio real.

Los objetivos más específicos identificados que el sistema debe de cumplir son los siguientes:

- **1. Aprendizaje sobre la inducción electromagnética:**
El sistema deberá proporcionar al usuario los medios necesarios para aprender los fundamentos teóricos de la inducción electromagnética, en concreto, la variación de la fuerza electromotriz inducida.
- **2. Realizar experimento virtual:**
El sistema deberá permitir al usuario realizar el experimento en cuestión de manera virtual, pudiendo comprobar como varía la fuerza electromotriz inducida según los diferentes valores de las medidas correspondientes junto con sus tablas y ajustes.
- **3. Realización de ejercicios/tests:**
El sistema deberá proporcionar al usuario una pequeña autoevaluación en forma de ejercicios cortos interactivos o preguntas tipo test, con la opción de ver la respuesta correcta después de su realización.
- **4. Facilitar el aprendizaje del usuario:**
El sistema en su totalidad, debe ser un entorno virtual que se asemeje lo máximo posible al experimento real, de manera que el usuario pueda acceder a él siempre que quiera y las veces que quiera, dado que realizar el experimento en la realidad siempre que se desee sería muy costoso y muy difícil de conseguir (horarios del profesor y del alumno, necesidad de estar presente en el laboratorio, etc.).

- **5. Facilidad de uso:**

El sistema deberá ser fácil de manejar y relativamente fácil de entender para un usuario con unos conocimientos de física muy básicos .

- **6. Solidez del sistema:**

El sistema deberá garantizar que es confiable y sin posibilidad de fallos, mediante la realización previa de diversas pruebas.

- **7. Funcionalidad en Dispositivos Móviles:**

El sistema deberá poder utilizarse en cualquier dispositivo móvil sin variar su funcionalidad.

6.3. Fundamentos Teóricos

El laboratorio virtual trata del estudio de la variación de la fuerza electromotriz según los cambios en diferentes parámetros. Para entenderlo mejor habría que tener un conocimiento mínimo de los siguientes fundamentos teóricos:

6.3.1. Campo Magnético

Un campo magnético es una descripción matemática de la influencia magnética de las corrientes eléctricas y de los materiales magnéticos. El campo magnético en cualquier punto está especificado por dos valores, la dirección y la magnitud; de tal forma que es un campo vectorial. Específicamente, el campo magnético es un vector axial, como lo son los momentos mecánicos y los campos rotacionales.

El campo magnético es más comúnmente definido en términos de la fuerza de Lorentz ejercida en cargas eléctricas. Campo magnético puede referirse a dos separados pero muy relacionados símbolos B y H . Los campos magnéticos son producidos por cualquier carga eléctrica en movimiento y el momento magnético intrínseco de las partículas elementales asociadas con una propiedad cuántica fundamental, su espín.

6.3.2. Inducción Electromagnética

La inducción electromagnética es el fenómeno que origina la producción de una fuerza electromotriz (f.e.m. o voltaje) en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático. Es así que, cuando dicho cuerpo es un conductor, se produce una corriente inducida. Este fenómeno fue descubierto por Michael Faraday quién lo expresó indicando que la magnitud del voltaje inducido es proporcional a la variación del flujo magnético (Ley de Faraday).

El descubrimiento de Oersted según el cual las cargas eléctricas en movimiento interactúan con los imanes y el descubrimiento posterior de que los campos magnéticos ejercen fuerzas sobre corrientes eléctricas, no solo mostraba la reacción entre dos fenómenos físicos hasta entonces independientes, sino también porque podría ser un camino para producir corrientes eléctricas de un modo mas barato que con la pila de volta. Faraday fue el que obtuvo primeros resultados positivos en la producción de corrientes eléctricas mediante campos magnéticos.

El descubrimiento, debido a Oersted, de que una corriente eléctrica produce un campo magnético estimuló la imaginación de los físicos de la época y multiplicó el número de experimentos en busca de relaciones nuevas entre la electricidad y el magnetismo. En ese ambiente científico pronto surgiría la idea inversa de producir corrientes eléctricas mediante campos magnéticos. Algunos físicos famosos y otros menos conocidos estuvieron cerca de demostrar experimentalmente que también la naturaleza apostaba por tan atractiva idea. Pero fue Faraday el primero en precisar en qué condiciones podía ser observado semejante fenómeno. A las corrientes eléctricas producidas mediante campos magnéticos Faraday las llamó corrientes inducidas. Desde entonces al fenómeno consistente en generar campos eléctricos a partir de campos magnéticos variables se denomina inducción electromagnética.

La inducción electromagnética constituye una pieza destacada en ese sistema de relaciones mutuas entre electricidad y magnetismo que se conoce con el nombre de electromagnetismo. Pero, además, se han desarrollado un sin número de aplicaciones prácticas de este fenómeno físico. El transformador que se emplea para conectar una calculadora a la red, la dinamo de una bicicleta o el alternador de una gran central hidroeléctrica son sólo algunos ejemplos que muestran la deuda que la sociedad actual tiene contraída con ese modesto encuadernador convertido, más tarde, en físico experimental que fue Michael Faraday.

Cuando movemos un imán permanente por el interior de las espiras de una bobina solenoide, formada por espiras de alambre de cobre, se genera de inmediato una fuerza electromotriz (FEM), es decir, aparece una corriente eléctrica fluyendo por las espiras de la bobina, producida por la “inducción magnética” del imán en movimiento.

Si al circuito de esa bobina le conectamos una segunda bobina a modo de carga eléctrica, la corriente al circular por esta otra bobina crea a su alrededor un “campo electromagnético”, capaz de inducir, a su vez, corriente eléctrica en una tercera bobina.

6.3.3. Ley de Faraday-Lenz

La corriente inducida aparece debido a un cambio del flujo magnético a través del circuito. La ley de **Faraday-Lenz** establece que la fuerza electromotriz inducida es :

$$\varepsilon = - \frac{d\phi_m}{dt}$$

Imagen 1: Fórmula 1 Ley Faraday-Lenz

El signo ‘-’ indica que la corriente inducida se opone ‘a la causa que la produce’, que es la variación del flujo magnético. En función del E inducido la ley de Faraday-Lenz se escribe:

$$\varepsilon = \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Imagen 2: Fórmula 2 Ley Faraday-Lenz

La corriente inducida toma su energía del agente externo responsable de la variación del flujo. El fenómeno de inducción se debe a dos causas distintas que dan lugar a la misma expresión de la ley de Faraday-Lenz :

- La fuerza que un campo magnético ejerce sobre un carga en movimiento, $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$, que aparece, por ejemplo, cuando un circuito con cargas libres se mueve en un campo magnético.
- La variación con el tiempo de campos magnéticos que originan un campo eléctrico inducido sin existencia de movimiento relativo, como en la inducción de corriente en un circuito al variar la corriente en otro próximo.

Un campo magnético variable en el tiempo da lugar a un campo eléctrico inducido. El flujo a través de un circuito cerrado cambia al variar la intensidad de B sin necesidad de movimiento o variación del circuito y da lugar a un campo inducido y a una corriente inducida en el circuito. El campo eléctrico inducido depende del ritmo de cambio del campo magnético.

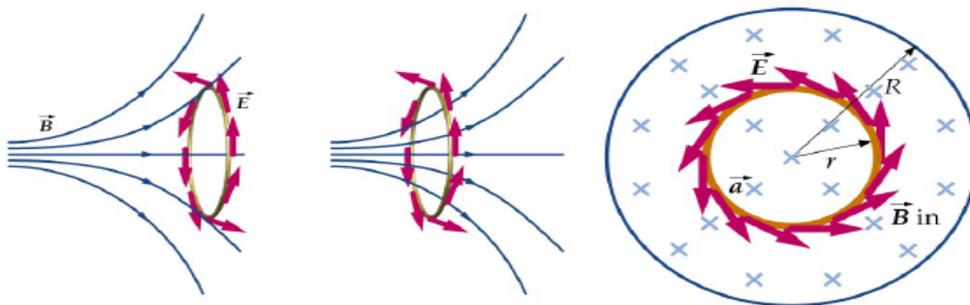


Imagen 3: Ilustración campo inducido

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\int (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{S} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \neq 0$$

Imagen 4: Fórmula 3 Ley Faraday-Lenz

si la superficie del circuito es constante en el tiempo y usando el teorema de Stokes. Como $\vec{\nabla} \times \vec{E} \neq \mathbf{0}$ las líneas del campo inducido son cerradas y éste no es conservativo. Si el ritmo de cambio de B es constante, también es constante $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ y las líneas del campo eléctrico inducido son circunferencias.

6.3.4. Coeficiente de Autoinducción

Una corriente de intensidad i circulando por un circuito da lugar a un campo magnético B . Este campo origina un flujo, Φ proporcional a i , a través del mismo circuito.

$$\phi = Li$$

Imagen 5: Fórmula 1 Coeficiente Autoinducción

donde L es un parámetro que depende de la geometría y de las dimensiones del circuito considerado. Si i varía con el tiempo, cambia Φ y aparece una fuerza electromotriz inducida (autoinducida)

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{di}{dt}$$

Imagen 6: Fórmula 2 Coeficiente Autoinducción

L se denomina coeficiente de autoinducción y se mide en Henrios en el S.I.

6.3.5. Coeficiente de Autoinducción de Solenoides

En un solenoide de longitud l con N espiras de superficie S recorrido por una intensidad i el campo es

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} i = \mu_0 n i$$

Imagen 6.1: Fórmula 1 Coeficiente Autoinducción Solenoides

y el flujo de ese campo a través de las N espiras del solenoide es

$$\phi = BNS = \mu_0 n i n l S = \mu_0 n^2 l S i$$

Imagen 7: Fórmula 2 Coeficiente Autoinducción Solenoides

por tanto, para el solenoide

$$L = \frac{\phi_m}{i} = \mu_0 n^2 l S$$

Imagen 8: Fórmula 3 Coeficiente Autoinducción Solenoides

6.3.6. Experimento - Ajuste

Una vez obtenidos los conocimientos teóricos y los pares de valores del experimento necesarios, hay que realizar el **ajuste de una recta por el método de mínimos cuadrados**:

Una vez representados nuestros resultados gráficamente, habremos de deducir de los puntos obtenidos la existencia de una ley que ligue las variables manejadas, es decir, deberemos obtener una función analítica que nos permita determinar los parámetros desconocidos: dicho de otra forma, encontrar las incógnitas de la ley física que se estudia.

Cuando entre las variables manejadas hay una relación más o menos fuerte, diremos que ambas están en correlación. Al representarlas gráficamente nos podemos encontrar con que los puntos se distribuyen sensiblemente sobre una línea geométrica que va a ser representativa de la relación de dependencia o relación funcional de Y respecto de X. Tal línea recibe el nombre de línea de regresión de Y sobre X.

La forma de obtener esta línea, cuya característica principal es la de ser la que mejor ajusta a los puntos obtenidos, se fundamenta en el método de los mínimos cuadrados. En el caso particular de que los puntos se distribuyan a lo largo de una línea recta, se tiene la regresión lineal y a la recta la llamaremos recta de regresión de Y sobre X.

Supongamos que realizamos medidas de una pareja de magnitudes X_i , Y_i de un determinado fenómeno. Entre los n puntos representativos del fenómeno pueden pasar muchas rectas, ahora bien, el método de los mínimos cuadrados consiste en determinar la ecuación de la recta $Y = a + bX$ tal que si Y_i es la ordenada experimental de un cierto punto e Y_i la teórica, la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada punto con respecto a la recta sea mínimo, es decir:

$$M = \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 = \text{mínimo}$$

Imagen 9: Fórmula 1 Mínimos Cuadrados

Para calcular los valores de a (ordenada en el origen) y b (pendiente), con la condición anterior es necesario que las derivadas parciales de M con respecto a ellas sean nulas.

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial M}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0 \\ \frac{\partial M}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) x_i = 0 \end{array} \right\} \text{ o bien } \left\{ \begin{array}{l} na + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i + b \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{array} \right.$$

Imagen 10: Fórmula 2 Mínimos Cuadrados

Resolviendo el sistema obtenemos para los valores de a y b:

$$a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n x_i y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i y_i) - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

Imagen 11: Fórmula 3 Mínimos Cuadrados

Valores que sustituidos en la ecuación $Y = a + bX$ nos permiten obtener la ecuación de la recta de regresión. Si la recta a ajustar pasa por el origen de coordenadas, únicamente necesitaremos la pendiente b y la ecuación será: $Y = bX$. El cálculo de las expresiones de los errores de a y b implica un estudio más complejo de la situación, lo cual cae fuera de nuestro análisis. Sin embargo, dada su necesidad en los casos de aplicación práctica, daremos sus expresiones finales.

$$\epsilon(a) = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{(n-2) \left[n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right]} \right]^{1/2}$$

$$\epsilon(b) = \left[\frac{n \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{(n-2) \left[n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right]} \right]^{1/2}$$

Imagen 12: Fórmula 4 Mínimos Cuadrados

En el ajuste de mínimos cuadrados realizado, hemos supuesto que la variable Y era la dependiente, ello nos llevaba a determinar los coeficientes a y b. Esto equivale a hacer mínima la suma de los cuadrados de los segmentos verticales.

$$[y_i - a - bx_i]^2 = d_i^2$$

Imagen 13: Fórmula 5 Mínimos Cuadrados

Si suponemos ahora que en nuestras parejas de variables lo que es independiente es la Y, entonces en el ajuste por mínimos cuadrados de la recta $X = a' + b'Y$, lo que haremos mínimo será la suma de los cuadrados de las distancias.

$$[x_i - a' - b'y_i]^2 = h_i^2$$

Imagen 14: Fórmula 6 Mínimos Cuadrados

Si la correlación es completa es decir, si los puntos están alineados según una recta, entonces:

$$Y = a + bX = -\frac{a'}{b'} + \frac{1}{b'}X \Rightarrow \begin{cases} a = -\frac{a'}{b'} \\ b = \frac{1}{b'} \text{ o bien } b \cdot b' = 1 \end{cases}$$

Imagen 15: Fórmula 7 Mínimos Cuadrados

En el caso de los estudios experimentales, se define un coeficiente de correlación $r = \sqrt{bb'}$ que medirá el grado de correlación y variará entre +1 y -1 si bien sólo tiene interés el signo más de la raíz. Así pues, $-1 \leq r \leq +1$.

Si $r = \pm 1$, el ajuste es perfecto y la correlación es máxima y si $r=0$ no hay correlación. En general, el coeficiente no será ni +1 ni -1 por que el ajuste no es perfecto, debido al carácter experimental de los puntos ajustados. Sin embargo, cuanto más se aproxime a la unidad, más seguridad tendremos de que las variables X e Y dependan funcionalmente entre sí en forma lineal.

Finalmente daremos la expresión del coeficiente de correlación.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\left[\left(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right) \right]^{1/2}}$$

Imagen 16: Fórmula 8 Mínimos Cuadrados

6.4. Contexto de Desarrollo

Como ya se mencionó antes, el laboratorio virtual será una página web desarrollada con **HTML**, **CSS**, **Javascript**, **jQuery** y **PHP**. Y como cualquier otra página web podrá ser visualizada desde cualquier dispositivo que tenga acceso a internet, ya sea ordenador, tablet o dispositivo móvil, ajustando siempre la resolución al dispositivo del que se accede.

El funcionamiento en dispositivos móviles se ha comprobado a través de una de las funcionalidades de los navegadores modernos, la cual te permite visualizar la página como si se tratase de un dispositivo móvil en vez de un ordenador normal y corriente. Para acceder a esa opción pulsar F12 en el navegador y buscar, por ejemplo en chrome, arriba a la derecha la opción "Toggle device toolbar".

También se ha probado en un dispositivo **Huawei Y625** para tener mayor seguridad de que funciona en un dispositivo real, y no solo en una simple simulación de los navegadores, por muy confiables que sean los navegadores y sus creadores.

6.4.1. Entorno de Desarrollo

En cuanto al entorno de desarrollo se refiere, dado que se necesita un servidor para que la página web funcione correctamente, se ha optado por utilizar la herramienta **WAMP Server**. WAMP Server es una herramienta que proporciona los servicios de Apache, MySQL y PHP en Windows, de ahí sus iniciales (la primera letra de cada término), y lo hace sin necesidad de instalar cada herramienta individual por separado. Además facilita muchísimo el uso y gestión de cualquiera de los tres elementos anteriores. Es fácil y cómodo de usar y evita los problemas de compatibilidad de versiones al instalar cada utilidad por separado.

Para editar los ficheros **.php** se ha usado la herramienta **Notepad++**. Esta herramienta es una versión bastante mejorada de original y ya muy conocida **Notepad**, y proporciona diferentes utilidades y comodidades como predicción de texto, cambios de color del texto y fondo, enumeración de líneas, etc... Es una de las herramientas más utilizadas en la programación web.

Para las diferentes pruebas se han utilizado principalmente los navegadores **Firefox** y **Chrome**, así como el dispositivo móvil Huawei anteriormente mencionado.

Para la edificación de las imágenes se ha usado principalmente la herramienta **Photoshop** (en ciertos casos la herramienta **Paint**).

Para la planificación se ha usado la herramienta **Microsoft Project**.

Para la creación de los diagramas se ha usado la herramienta **Astah Professional**.

Para la creación y edición de este documento se ha usado **Latex**:

Latex es un sistema de composición tipográfica basado en TeX, originalmente centrado en obras de contenido matemático, pero que actualmente abarca multitud de tipos de escritos. Tiene características tanto de un lenguaje de marcado como de uno de programación, y puede integrarse en sistemas de producción automática basados en XML (o SGML), Unicode, PDF...

7. Planificación

7.1. Organización del Trabajo

Todo el trabajo que conlleva el desarrollo del proyecto será realizado por el alumno Stoyan Veselinov Andreev, que tendrá un rol oficial u otro dependiendo de la tarea que esté realizando en ese momento.

7.1.1. Roles y Responsabilidades

Rol	Responsabilidades	Encargado
Jefe de Proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Dirigir• Gestionar tareas• Organizar• Controlar• Planificar• Identificar y asignar recursos• Determinar costes• Supervisar	Stoyan V. A.
Planificador	<ul style="list-style-type: none">• Planificar de manera más concreta la organización del proyecto• Ajustar las tareas a realizar con el tiempo disponible• Marcar los hitos e iteraciones• Controlar que todo vaya según lo planeado	Stoyan V. A.
Administrador	<ul style="list-style-type: none">• Controlar las funcionalidades del proyecto de manera que estas funcionen correctamente	Stoyan V. A.
Analista	<ul style="list-style-type: none">• Analizar el proyecto en su totalidad y el problema planteado• Identificar requisitos• Identificar casos de uso• Identificar riesgos• Identificar objetivos	Stoyan V. A.
Diseñador	<ul style="list-style-type: none">• Describir y diseñar la arquitectura• Hacer los diagramas necesarios• Diseñar los bocetos para la interfaz gráfica	Stoyan V. A.

Programador	<ul style="list-style-type: none"> ● Implementar todo lo anteriormente identificado y definido por los demás roles 	Stoyan V. A.
Testeador	<ul style="list-style-type: none"> ● Realizar todo tipo de pruebas para asegurarse de que todo funciona de manera correcta 	Stoyan V. A.

Tabla 1: Roles y Responsabilidades

7.1.2. Estimación del Tiempo

Para estimar el tiempo necesario para la realización de cada tarea se han tomado como ejemplo todos los trabajos y proyectos realizados durante la carrera, los cuales han servido para obtener una amplia experiencia organizativa. Cabe destacar que sigue siendo una estimación y que lo más probable es que por alguna razón u otra los tiempos reales sean ligeramente diferentes a los estimados en un principio.

7.1.3. Plan de Proyecto

Definimos cada fase y el hito que marca su final:

Fase	Hito
Fase de Inicio	Se plantearon los objetivos y especificaciones generales. Se definieron las herramientas a usar. Se analizó de manera general el problema. Se generó un plan inicial de desarrollo. Se hicieron los bocetos y requisitos generales para tener una base sobre la que trabajar.
Fase de Elaboración	Se identificaron todos los requisitos y casos de uso junto con sus esquemas y diagramas correspondientes. Se empezó a construir la página poniendo sus cimientos y dándole cierta funcionalidad básica para comprobar que todo iba según lo planeado.
Fase de Construcción	Se implementaron todos los casos de uso, siguiendo todos los requisitos y cumpliendo todos los objetivos de manera que se obtuvo una versión completamente funcional de la página web. Se hicieron las pruebas necesarias para comprobar que todo funcionaba correctamente y se arreglaron los errores que surgieron en dichas pruebas.
Fase de Transición	Se completó el manual de usuario y se documentó todo, acabando el proyecto en su totalidad.

Tabla 2: Fases e Hitos

Las iteraciones y duraciones de cada fase:

Fase	Iteraciones	Tiempo
Fase de Inicio	1 Iteración	2 Semana
Fase de Elaboración	2 Iteraciones	3 Semanas
Fase de Construcción	2 Iteraciones	7 semanas
Fase de Transición	1 Iteración	2 Semanas

Tabla 3: Fases e Iteraciones

7.1.4. Calendario del Proyecto

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Resource Names
1	★	Inicio proyecto	0 days	Fri 4/1/16	Fri 4/1/16	Stoyan Veselinov Andreev
2	★	Fase de Inicio	14 days	Fri 4/1/16	Tue 4/12/16	
3	★	Iteración 1	14 days	Fri 4/1/16	Tue 4/12/16	Stoyan Veselinov Andreev
4	★	Fase de Elaboración	21 days	Wed 4/13/16	Sun 5/1/16	
5	★	Iteración 1	14 days	Wed 4/13/16	Sun 4/24/16	Stoyan Veselinov Andreev
6	★	Iteración 2	7 days	Mon 4/25/16	Sun 5/1/16	Stoyan Veselinov Andreev
7	★	Fase de Construcción	45 days	Mon 5/2/16	Fri 6/10/16	
8	★	Iteración 1	24 days	Mon 5/2/16	Sun 5/22/16	Stoyan Veselinov Andreev
9	★	Iteración 2	21 days	Mon 5/23/16	Fri 6/10/16	Stoyan Veselinov Andreev
10	★	Fase de Transición	14 days	Sat 6/11/16	Wed 6/22/16	
11	★	Iteración 1	14 days	Sat 6/11/16	Wed 6/22/16	Stoyan Veselinov Andreev

Imagen 17: Calendario del Proyecto

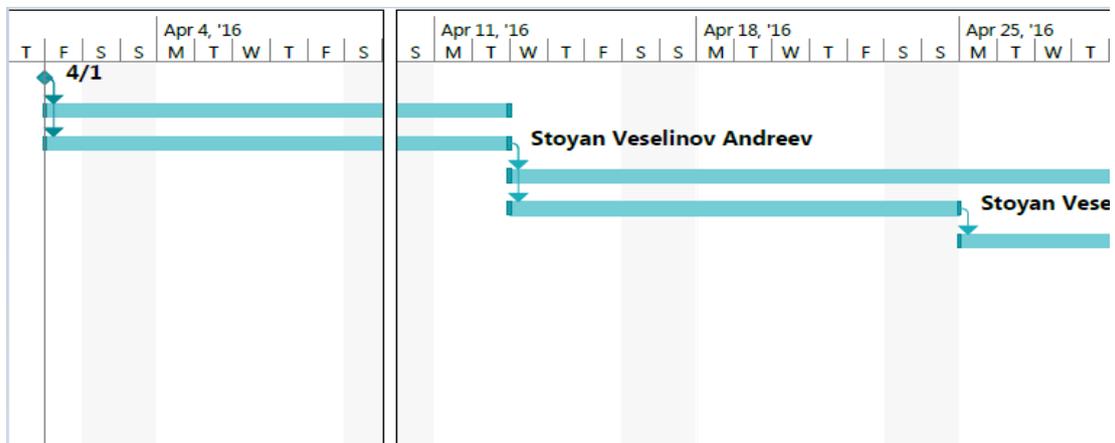


Imagen 18: Diagrama de Gantt del Proyecto 1

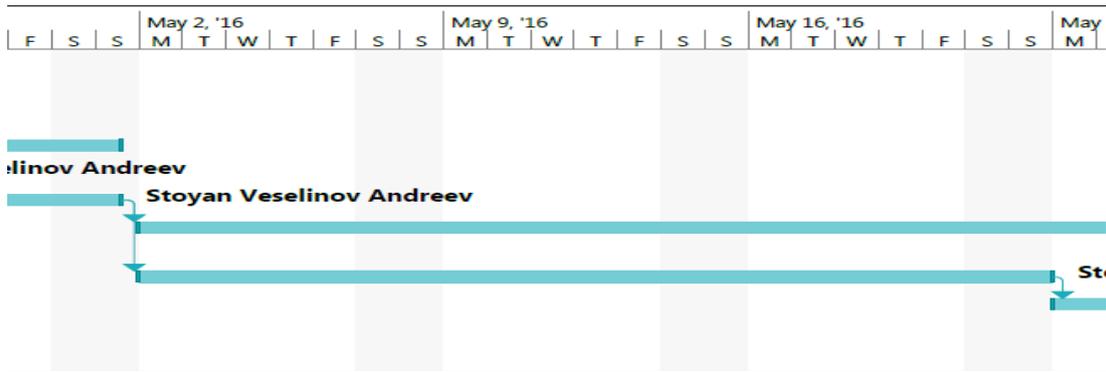


Imagen 19: Diagrama de Gantt del Proyecto 2

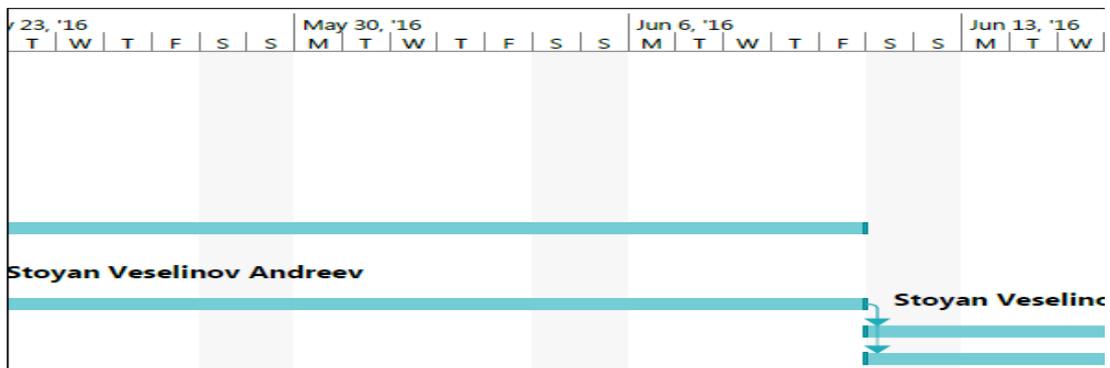


Imagen 20: Diagrama de Gantt del Proyecto 3



Imagen 21: Diagrama de Gantt del Proyecto 4

7.1.5. Recursos del Proyecto

Fase	Recursos Humanos	Recursos Materiales
Fase de Inicio	Stoyan Veselinov Andreev	Ordenador sobremesa, herramientas software (Microsoft Office, Navegadores Firefox y Chrome, WAMP Server)
Fase de Elaboración	Stoyan Veselinov Andreev	Ordenador sobremesa, ordenador portátil, dispositivo móvil, herramientas software (Microsoft Office, Photoshop, Notepad++, Navegadores Firefox y Chrome, WAMP Server, Astah)
Fase de Construcción	Stoyan Veselinov Andreev	Ordenador sobremesa, ordenador portátil, dispositivo móvil, herramientas software (Microsoft Office, Photoshop, Notepad++, Navegadores Firefox y Chrome, WAMP Server, Astah)
Fase de Transición	Stoyan Veselinov Andreev	Ordenador sobremesa, ordenador portátil, dispositivo móvil, herramientas software (Microsoft Office, Photoshop, Notepad++, Navegadores Firefox y Chrome, WAMP Server, Astah)

Tabla 4: Recursos del Proyecto

7.1.6. Análisis de Riesgos

Riesgo-001	Fallos de seguridad del servidor.
Descripción	Al hacer el servidor de acceso público se puede permitir a cualquier persona en el mundo acceder a nuestro servidor y si no tiene la seguridad necesaria a nuestros datos personales.
Efecto	Posible robo de información o destrucción de datos.
Frecuencia	Baja
Gravedad	Alta
Detección	Alta
Para Evitarlo	No permitir el acceso público al servidor o poner algún tipo de seguridad de acceso.
Plan de Contingencia	Apagar el servidor, comprobar los daños causados e intentar devolver el proyecto a un estado anterior estable.

Tabla 5: Riesgo-001

Riesgo-002	Fallos en la planificación / Falta de tiempo.
Descripción	Realizar mal la planificación de manera que los tiempos previsto no cuadren con los tiempos reales y esto provoque graves retrasos.
Efecto	Retraso en la realización y entrega del proyecto y posible suspenso.
Frecuencia	Media
Gravedad	Alta
Detección	Alta
Para Evitarlo	Realizar bien la planificación desde un principio, con sentido común y basándose en la experiencia de proyectos anteriores del mismo estilo.
Plan de Contingencia	Rehacer la planificación de manera correcta y emplear más horas diarias de las previstas para intentar cumplir los plazos previstos.

Tabla 6: Riesgo-002

Riesgo-003	Resultados de ajustes erróneos.
Descripción	Al realizar los cálculos de los ajustes correspondientes salen valores inesperados y/o erróneos.
Efecto	Falsa sensación de aprendizaje por parte del usuario.
Frecuencia	Baja
Gravedad	Alta
Detección	Alta
Para Evitarlo	Hacer pruebas antes de proporcionar la versión final al usuario.
Plan de Contingencia	Comprobar todas las fórmulas y todos los cálculos para comprobar donde está el error y eliminarlo.

Tabla 7: Riesgo-003

Riesgo-004	Modificaciones de conceptos básicos como requisitos o casos de uso.
Descripción	En la fase de construcción comprobar que alguno de los elementos básicos del análisis como los requisitos o casos de uso están mal.
Efecto	Tener que rehacer el análisis, posibles cambios muy relevantes en el diseño e implementación.
Frecuencia	Baja
Gravedad	Alta
Detección	Alta
Para Evitarlo	Realizar un análisis extensivo y correcto del proyecto a realizar.
Plan de Contingencia	Modificar el análisis, intentando mantener la mayor parte de los conceptos posible para realizar menos cambios en la implementación. Buscar el camino óptimo de modificaciones sin deteriorar el funcionamiento del proyecto.

Tabla 8: Riesgo-004

Riesgo-005	Enfermedades y demás malestares físicos
Descripción	El alumno que realiza el proyecto se pone enfermo y no es capaz de avanzar con su realización.
Efecto	Retrasos en los plazos previstos de realización de tareas.
Frecuencia	Baja
Gravedad	Alta
Detección	Alta
Para Evitarlo	Procurar cuidarse y no ponerse malo.
Plan de Contingencia	Dependiendo de la gravedad de la situación, intentar realizar al menos parte de las tareas previstas en ese tiempo, o si no es posible, emplear más horas diarias para cumplir los plazos una vez que el alumno esté bien.

Tabla 9: Riesgo-005

Riesgo-006	Avería en el ordenador de desarrollo
Descripción	El ordenador de desarrollo del proyecto sufre una avería que impide que se recuperen los datos almacenados en él.
Efecto	Pérdida de mucha información y trabajo realizado, atraso muy grave en la planificación.
Frecuencia	Baja
Gravedad	Alta
Detección	Alta
Para Evitarlo	Procurar tener el ordenador siempre en buenas condiciones, realizar periódicamente copias de seguridad en otra partición, otro ordenador o directamente en la nube.
Plan de Contingencia	Recuperar la copia de seguridad más reciente y seguir trabajando.

Tabla 10: Riesgo-006

7.1.7. Planificación de Fases

- Fase de Inicio: Iteración 1

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	▶	Fase de Inicio	14 days	Fri 4/1/16	Wed 4/13/16		
2	▶	Iteración 1	14 days	Fri 4/1/16	Wed 4/13/16		
3	▶	Stoyan Veselinov Andreev	1 day	Fri 4/1/16	Fri 4/1/16		Stoyan Veselinov
4	▶	Fijación de objetivos	1 day	Sat 4/2/16	Sat 4/2/16	3	Stoyan Veselinov
5	▶	Creación Calendario del Proyecto	2 days	Sat 4/2/16	Mon 4/4/16	4	Stoyan Veselinov
6	▶	Creación del Plan de Proyecto	3 days	Mon 4/4/16	Thu 4/7/16	5	Stoyan Veselinov
7	▶	Planificación de la Fase de Inicio	1 day	Thu 4/7/16	Fri 4/8/16	6	Stoyan Veselinov
8	▶	Planificación de la Iteración 1	1 day	Fri 4/8/16	Sat 4/9/16	7	Stoyan Veselinov
9	▶	Identificación de Requisitos	1 day	Sat 4/9/16	Sun 4/10/16	8	Stoyan Veselinov
10	▶	Identificación de Casos de Uso	2 days	Sun 4/10/16	Mon 4/11/16	9	Stoyan Veselinov
11	▶	Identificación de Riesgos	2 days	Tue 4/12/16	Wed 4/13/16	10	Stoyan Veselinov

Imagen 21: Calendario Fase de Inicio: Iteración 1

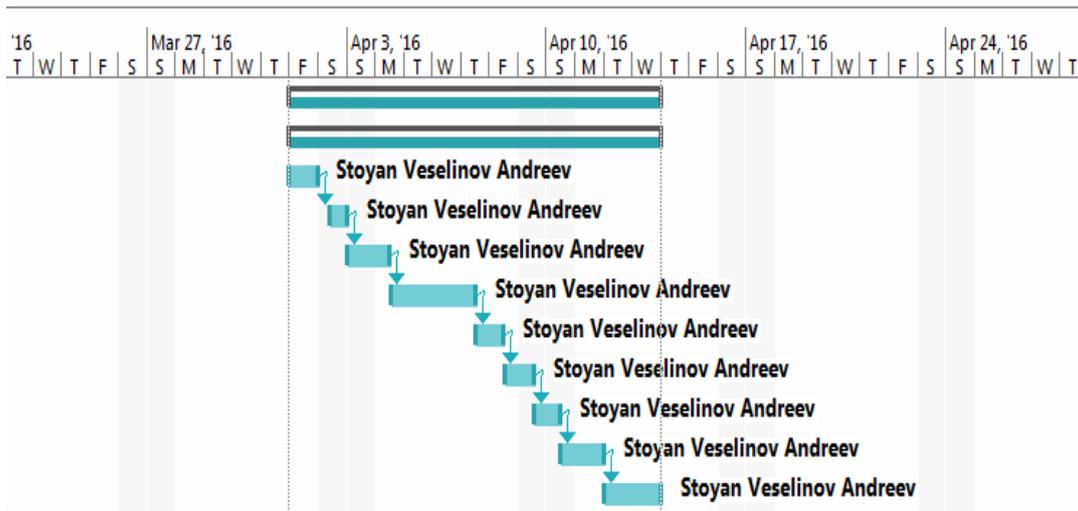


Imagen 22: Diagrama de Gantt Fase de Inicio: Iteración 1

- Fase de Elaboración: Iteraciones 1 y 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	★	Fase de Elaboración	21 days	Wed 4/13/16	Sun 5/1/16		
2	★	Iteración 1	14 days	Wed 4/13/16	Sun 4/24/16		
3	★	Inicio del Análisis	1 day	Wed 4/13/16	Wed 4/13/16		Stoyan Veselinov Andreev
4	★	Planificación de la Fase de Elaboración	1 day	Thu 4/14/16	Thu 4/14/16	3	Stoyan Veselinov Andreev
5	★	Planificación de la Iteración 1	2 days	Fri 4/15/16	Sat 4/16/16	4	Stoyan Veselinov Andreev
6	★	Creación de los bocetos	1 day	Sat 4/16/16	Sun 4/17/16	5	Stoyan Veselinov Andreev
7	★	Creación de los Casos de Uso	4 days	Sun 4/17/16	Wed 4/20/16	6	Stoyan Veselinov Andreev
8	★	Creación del Diagrama de Casos de Uso	1 day	Thu 4/21/16	Thu 4/21/16	7	Stoyan Veselinov Andreev
9	★	Creación de los Diagramas de Secuencia	4 days	Fri 4/22/16	Sun 4/24/16	8	Stoyan Veselinov Andreev
10	★	Iteración 2	7 days	Mon 4/25/16	Sun 5/1/16	9	
11	★	Revisión y Corrección del Análisis	1 day	Mon 4/25/16	Mon 4/25/16		Stoyan Veselinov Andreev
12	★	Revisión de los Bocetos	1 day	Tue 4/26/16	Tue 4/26/16	11	Stoyan Veselinov Andreev
13	★	Revisión de los Casos de Uso y su Diagrama	1 day	Wed 4/27/16	Wed 4/27/16	12	Stoyan Veselinov Andreev
14	★	Revisión de los Diagramas de Secuencia	1 day	Thu 4/28/16	Thu 4/28/16	13	Stoyan Veselinov Andreev
15	★	Corección de Errores Encontrados en las Revisiones Anteriores	3 days	Fri 4/29/16	Sun 5/1/16	14	Stoyan Veselinov Andreev

Imagen 23: Calendario Fase de Elaboración: Iteraciones 1 y 2

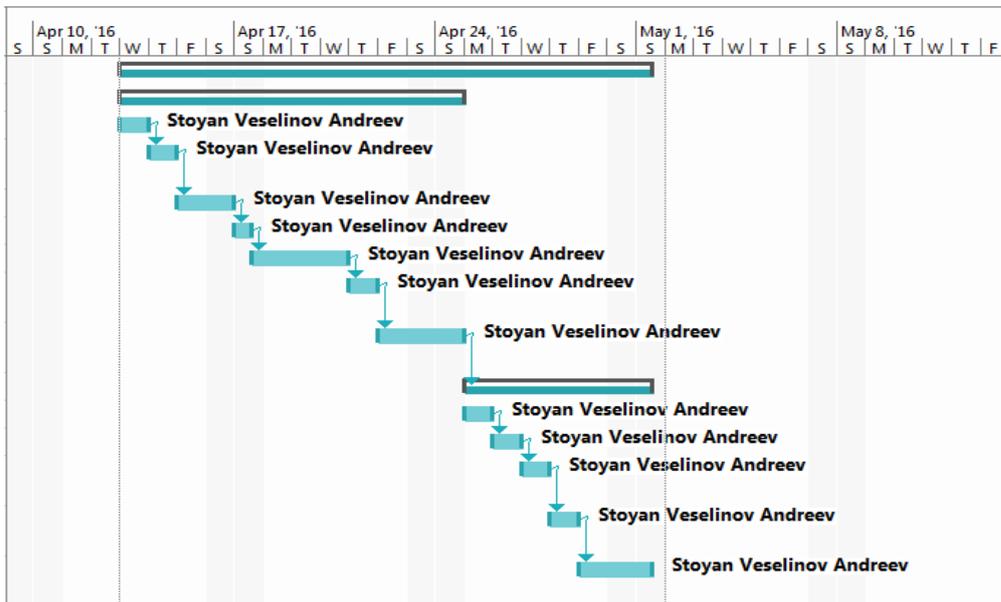


Imagen 24: Diagrama de Gantt Fase de Elaboración: Iteraciones 1 y 2

- Fase de Construcción: Iteraciones 1 y 2

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	★	Fase de Construcción	45 days	Mon 5/2/16	Fri 6/10/16		
2	★	Iteración 1	24 days	Mon 5/2/16	Sun 5/22/16		
3	★	Planificación Fase de Construcción	2 days	Mon 5/2/16	Tue 5/3/16		Stoyan Veselinov Andreev
4	★	Planificación Iteración 1	2 days	Wed 5/4/16	Thu 5/5/16	3	Stoyan Veselinov Andreev
5	★	Creación de los Diagramas de Clase	2 days	Fri 5/6/16	Sat 5/7/16	4	Stoyan Veselinov Andreev
6	★	Creación de los Diagramas de Secuencia	4 days	Sat 5/7/16	Tue 5/10/16	5	Stoyan Veselinov Andreev
7	★	Creación de la Arquitectura del Sistema	4 days	Wed 5/11/16	Sat 5/14/16	6	Stoyan Veselinov Andreev
8	★	Comienzo de la Implementación de las Partes Básicas del Proyecto	10 days	Sat 5/14/16	Sun 5/22/16	7	Stoyan Veselinov Andreev
9	★	Iteración 2	21 days	Mon 5/23/16	Fri 6/10/16		
10	★	Planificación Iteración 2	2 days	Mon 5/23/16	Tue 5/24/16		Stoyan Veselinov Andreev
11	★	Revisión de los Diagramas de Clase	1 day	Wed 5/25/16	Wed 5/25/16	10	Stoyan Veselinov Andreev
12	★	Revisión de los Diagramas de Secuencia	1 day	Thu 5/26/16	Thu 5/26/16	11	Stoyan Veselinov Andreev
13	★	Revisión de la Arquitectura del Proyecto	1 day	Fri 5/27/16	Fri 5/27/16	12	Stoyan Veselinov Andreev
14	★	Implementación del Resto del Proyecto	16 days	Sat 5/28/16	Fri 6/10/16	13	Stoyan Veselinov Andreev

Imagen 25: Calendario Fase de Construcción: Iteraciones 1 y 2

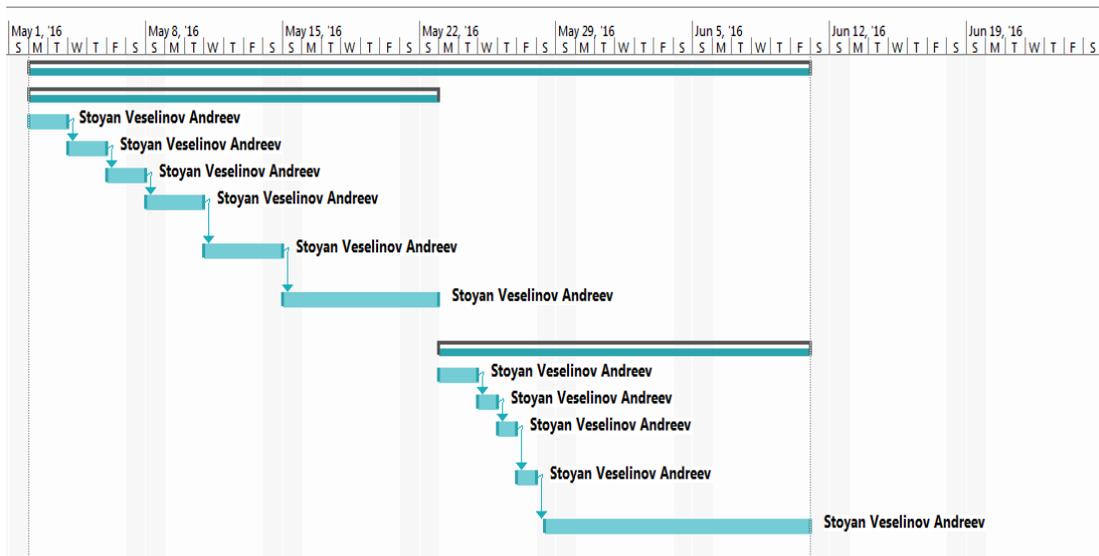


Imagen 26: Diagrama de Gantt Fase de Construcción: Iteraciones 1 y 2

- Fase de Transición: Iteración 1

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1	★	Fase de Transición	14 days	Sat 6/11/16	Wed 6/22/16		
2	★	Iteración 1	14 days	Sat 6/11/16	Wed 6/22/16		
3	★	Planificación de la Fase de Transición	1 day	Sat 6/11/16	Sat 6/11/16		
4	★	Planificación de la Iteración 1	1 day	Sat 6/11/16	Sun 6/12/16	3	Stoyan Veselinov Andreev
5	★	Realización de Pruebas	1 day	Sun 6/12/16	Sun 6/12/16	4	Stoyan Veselinov Andreev
6	★	Corrección de Errores	2 days	Sun 6/12/16	Tue 6/14/16	5	Stoyan Veselinov Andreev
7	★	Realización de la Documentación	8 days	Tue 6/14/16	Tue 6/21/16	6	Stoyan Veselinov Andreev
8	★	Revisión General	1 day	Tue 6/21/16	Wed 6/22/16	7	Stoyan Veselinov Andreev

Imagen 27: Calendario Fase de Transición: Iteración 1

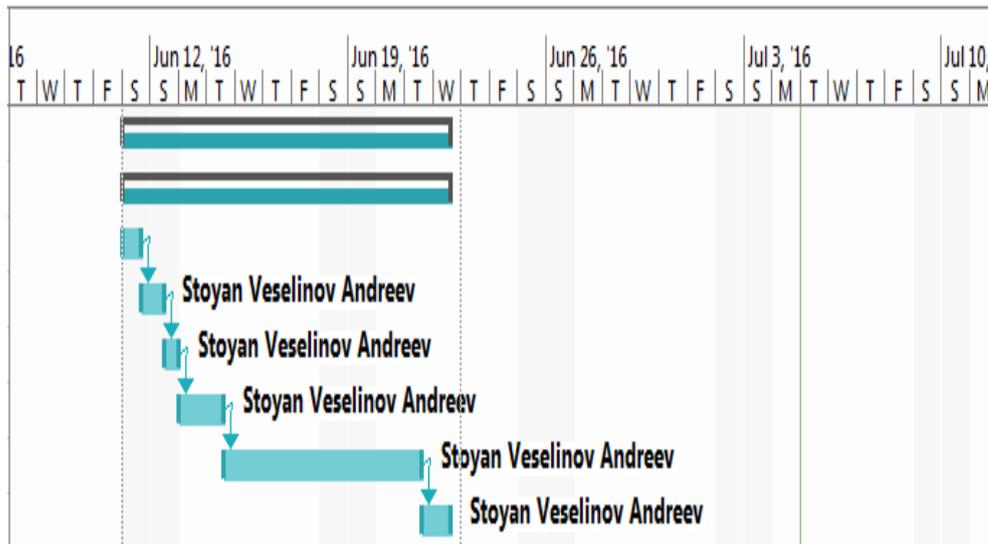


Imagen 28: Diagrama de Gantt Fase de Transición: Iteración 1

7.1.8. Estimación de Costes

Todos los materiales necesarios para la realización del proyecto son proporcionados por el alumno, o prestados por el tutor u otro profesor de la facultad (libros de ayuda, aparatos necesarios para la realización del experimento físico real, ordenador de desarrollo, dispositivo móvil de prueba, etc...), por lo que no han supuesto ningún coste.

Todo el software empleado en el desarrollo del proyecto es gratuito por lo que tampoco ha supuesto ningún coste.

8. Análisis

8.1. Propósito del Sistema

El propósito del sistema es facilitar el aprendizaje del alumno cursando la asignatura de Física virtualizando para ello uno de las prácticas del laboratorio de dicha asignatura para que el alumno pueda realizar la práctica sin preocuparse por el tiempo que tiene, con más calma, interactuando con los ejercicios, teoría y experimento siempre que lo desee.

8.2. Planteamiento del Problema

Para llevar a cabo tal proyecto se decidió que fuese realizado en lenguaje HTML con todos los lenguajes secundarios necesarios para su correcto funcionamiento (CSS, Javascript, jQuery, PHP). Al empezar el proyecto se fueron identificando ciertos objetivos y requisitos, algunos de los cuales fueron cambiando ligeramente con el tiempo

Dado que se planteó que se tendría que poder acceder también desde cualquier dispositivo móvil, esto condicionó un poco el desarrollo general, ya que se tenían que hacer todas las pruebas tanto en el ordenador como en el dispositivo móvil.

La práctica real elegida para su realización fue la propuesta por el tutor, pero podría haber sido cualquiera de las otras existentes. Se trata de dejar los cimientos puestos para los alumnos o técnicos de la UVA que vengan después y continúen este trabajo para agrandarlo.

8.3. Bocetos

Para poder tener una idea más clara del aspecto de la interfaz gráfica que la página iba a tener se realizaron los siguientes bocetos:

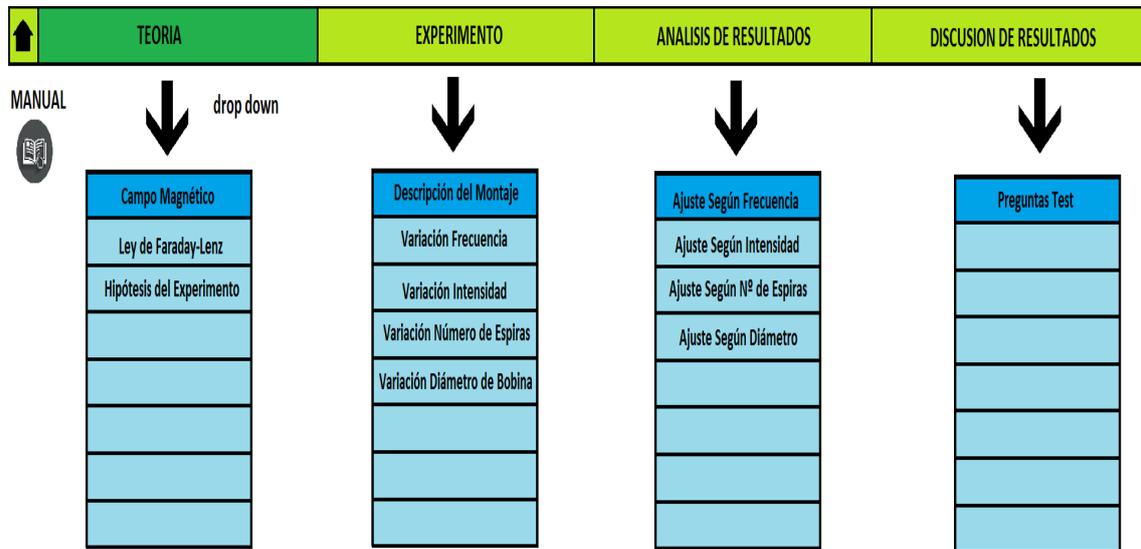


Imagen 29: Boceto Inicial 1

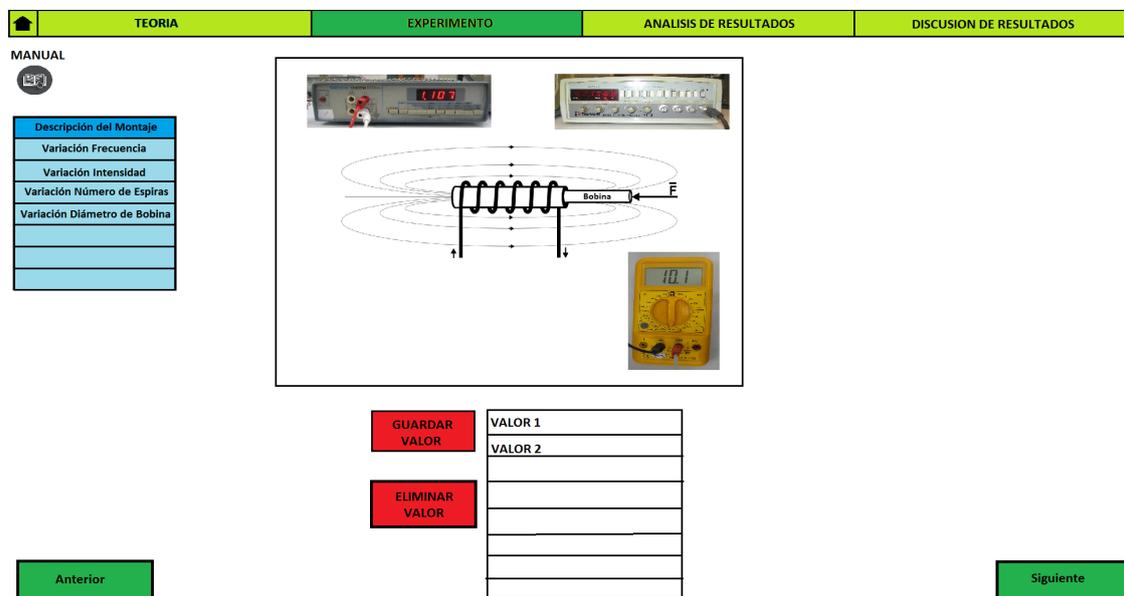


Imagen 30: Boceto Inicial 2

TEORIA EXPERIMENTO ANALISIS DE RESULTADOS DISCUSION DE RESULTADOS

MANUAL

Ajuste Según Frecuencia
 Ajuste Según Intensidad
 Ajuste Según Nº de Espiras
 Ajuste Según Diámetro

Variable Independiente

Eje X
 eje X (medida)

Eje Y
 eje Y (medida)

Ajuste lineal
 Ajuste logaritmico

VALOR 1
 VALOR 2

REALIZAR AJUSTE

GUARDAR AJUSTE

Valores del Ajuste

Ordenada:
 Pendiente:
 Error de la ordenada:
 Error de la pendiente:
 Coeficiente de correlación:

Anterior

Siguiente

Imagen 31: Boceto Inicial 3

TEORIA EXPERIMENTO ANALISIS DE RESULTADOS DISCUSION DE RESULTADOS

MANUAL

Preguntas Test

Elegir ajuste guardado

Ajuste 1 (medida)
 Ajuste 2 (medida)
 Ajuste 3 (medida)
 ...
 Ajuste 10 (medida)
 Max 10

Valores del Ajuste

Ordenada:
 Pendiente:
 Error de la ordenada:
 Error de la pendiente:
 Coeficiente de correlación:

tabla valores??????????

Pregunta Ejercicio

Respuesta 1

Respuesta 2

Respuesta 3

Correcto

Incorrecto: Breve explicación

Comprobar Respuesta

Anterior

Siguiente

Imagen 32: Boceto Inicial 4

8.4. Requisitos del Sistema

8.4.1. Requisitos de Usuario

- **RU-01**

El usuario tiene que tener un mínimo conocimiento de física básica para realizar de manera eficiente y productiva el experimento.

- **RU-02**

El usuario tiene que tener un mínimo conocimiento de informática básica para realizar de manera eficiente y productiva el experimento.

- **RU-03**

El usuario tiene que disponer de un dispositivo móvil si desea acceder a la página a través de él.

8.4.2. Requisitos Funcionales

- **RF-01**

El sistema deberá permitir al usuario consultar la teoría relativa a la inducción electromagnética.

- **RF-02**

El sistema deberá permitir al usuario consultar la esquemática y teoría del experimento.

- **RF-03**

El sistema permitirá al usuario cambiar los valores de las distintas medidas para comprobar como varía la fuerza electromotriz.

- **RF-04**

El sistema permitirá al usuario guardar los valores de las medidas correspondientes en una tabla, y que a su vez se verán reflejados en una gráfica.

- **RF-05**

El sistema permitirá al usuario analizar los resultados realizando varios ajustes de los valores que ha ido guardando.

- **RF-06**

El sistema permitirá al usuario elegir la variable independiente en los ajustes a realizar, las medidas que quiere que aparezcan en los ejes X e Y de la gráfica en la que se reflejarán los valores y el tipo de ajuste que quiere realizar (lineal/logarítmico).

- **RF-07**

El sistema permitirá al usuario guardar varios ajustes (máximo 10).

- **RF-08**

El sistema permitirá al usuario seleccionar un ajuste de los ya guardados, que desea visualizar mientras esté haciendo los ejercicios.

- **RF-09**

El sistema permitirá al usuario realizar una serie de ejercicios para comprobar los conocimientos adquiridos a lo largo del experimento.

- **RF-10**

Habrará un botón de comprobar respuestas después de cada prueba/pregunta que el sistema haga al usuario (con una breve explicación en caso de fallo).

8.4.3. Requisitos No Funcionales

- **RNF-01**

Tanto los campos principales como los subcampos de cada campo principal deben de ser lo suficientemente claros como para que el usuario no tenga dificultades a la hora de entender a qué está accediendo.

- **RNF-02**

Todas las imágenes deben ser claramente visibles y de buena calidad para que el usuario no tenga problemas en identificar lo que aparece en ellas.

- **RNF-03**

La apariencia de todas las ventanas debe de ser la adecuada para un entorno de aprendizaje (sin colores chillones innecesarios/excesivos, pero a la vez lo suficientemente diferentes los unos de los otros para poder distinguir las distintas funcionalidades que representará cada color).

- **RNF-04**

Todas las medidas deberán presentarse según las unidades correspondientes del S.I..

- **RNF-05**

Los valores posibles de las diferentes medidas estarán dentro de un rango preestablecido que se asemeje lo máximo posible al experimento real (p.e. Frecuencia entre 1 y 12kHz).

- **RNF-06**

Todo el fundamento teórico (teoría, fórmulas...) será previamente aprobado por el profesor para evitar inconsistencias con el experimento real.

- **RNF-07**

Se comprobará que todas las herramientas funcionan de manera correcta antes de tomar las medidas del experimento para evitar proporcionar información incorrecta con este proyecto.

- **RNF-08**

El sistema mostrará una gráfica con los valores de las medidas correspondientes que el usuario ha guardado.

- **RNF-09**

El sistema deberá ser fácil y sencillo de entender y usar, y contar con un pequeño manual de usuario.

- **RNF-10**

El sistema deberá ser mantenible y ampliable para futuros proyectos.

- **RNF-11**

Cada ventana debe tener un botón “Siguiente” abajo a la derecha que permita acceder a la ventana siguiente correspondiente (de un subcampo al siguiente, y al llegar al último subcampo de un campo principal pasar al primer subcampo del siguiente campo principal), y además debe tener un botón “Anterior” que haga lo mismo pero en orden inverso.

- **RNF-12**

El número máximo de ajustes que se podrán guardar será de 10 ajustes.

- **RNF-13**

El sistema mostrará los valores de cada ajuste que se haya realizado (ordenada, pendiente, error de la ordenada y de la pendiente y el coeficiente de correlación).

8.5. Casos de Uso

8.5.1. Diagrama de Casos de Uso

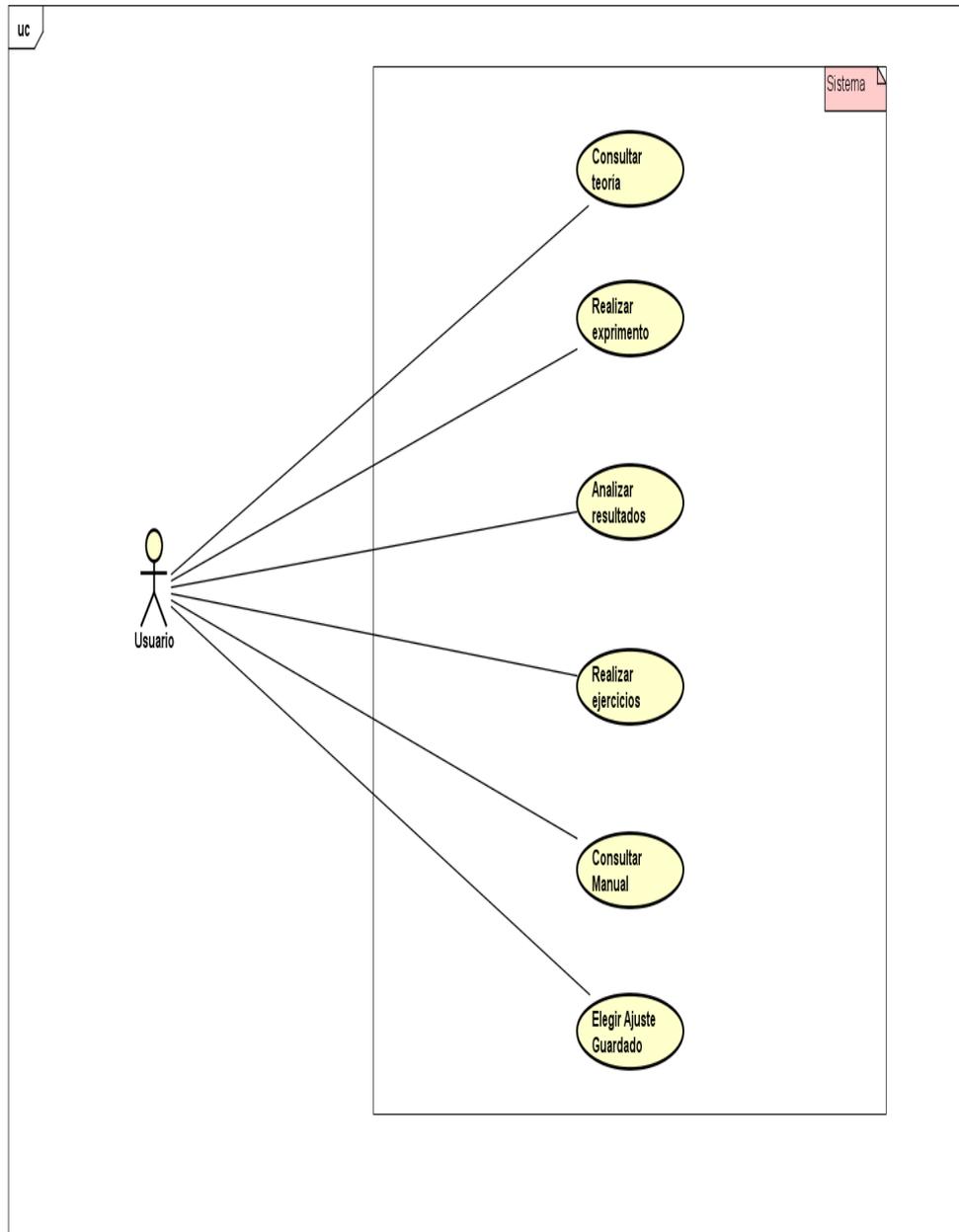


Imagen 33: Diagrama Casos de Uso

8.6. Casos de Uso del Sistema

8.6.1. CU01 - Consultar la teoría relativa al experimento

Caso de Uso	Consultar la teoría relativa al experimento
Versión	1.0 (15/04/2016)
Actores	Usuario
Descripción	El usuario accede a la ventana de teoría y selecciona cualquiera de las secciones de teoría que proporciona el sistema relativas al experimento.
Precondición	Ninguna
Secuencia	
Paso 1	El usuario selecciona el campo principal "TEORIA".
Paso 2	El sistema muestra el contenido de la ventana de "TEORIA"
Paso 3	El usuario selecciona el subcampo al que desea acceder.
Paso 4	El sistema muestra el contenido de la ventana correspondiente al subcampo al que ha solicitado el usuario.
Excepción	Ninguna
Estado	Completado
Comentarios	Ninguno

Tabla 11: CU-01

8.6.2. CU02 - Realizar experimento (guardar valores)

Caso de Uso	Realizar experimento (guardar valores)
Versión	1.0 (15/04/2016)
Actores	Usuaio
Descripción	El usuario accede a la ventana de realización del experimento, selecciona el tipo de experimento que desea realizar y va comprobando las distintas variaciones y guardando los valores que desea.
Precondición	Ninguna
Secuencia	
Paso 1	El usuario selecciona el campo principal “EXPERIMENTO”.
Paso 2	El sistema muestra el contenido de la ventana de “EXPERIMENTO”.
Paso 3	El usuario selecciona el subcampo de “Descripción del montaje” para familiarizarse con el montaje del experimento.
Paso 4	El sistema muestra el contenido de la ventana de “Descripción del montaje”.
Paso 5	El usuario selecciona cualquiera de los subcampos de realización del experimento según la variación de la medida que le interese (frecuencia, intensidad, número de espiras o diámetro).
Paso 6	El sistema muestra el contenido de la ventana con el experimento seleccionado por el usuario.
Paso 7	El usuario modifica los valores de las medidas que le interesen.
Paso 8	El sistema cambia los valores de las medidas pedidas y las muestra al usuario según se vayan cambiando.
Paso 9	El usuario pulsa en el botón “GUARDAR VALOR” para guardar los valores que le interesen.
Paso 10	El sistema guarda los valores pedidos en una tabla.
Excepción	El usuario pulsa en el botón “ELIMINAR VALOR”, a lo que el sistema procede a eliminar el último valor guardado en la tabla, y el caso de uso continúa en el paso 7.
Estado	Completado
Comentarios	Ninguno

Tabla 12: CU-02

8.6.3. CU03 - Analizar resultados / Realizar ajuste

Caso de Uso	Analizar resultados (realizar ajuste)
Versión	1.0 (15/04/2016)
Actores	Usuaio
Descripción	El usuario accede a la ventana de analizar resultados y se dispone a realizar el ajuste correspondiente seleccionando previamente las opciones que le interesen para dicho ajuste, guardando posteriormente el mismo.
Precondición	Haber realizado previamente un experimento con sus respectivos resultados y valores para poder realizar el ajuste.
Secuencia	
Paso 1	El usuario selecciona el campo principal “ANALISIS DE RESULTADOS”.
Paso 2	El sistema muestra el contenido de la ventana de “ANALISIS DE RESULTADOS”.
Paso 3	El usuario selecciona el subcampo referente al ajuste que desea realizar.
Paso 4	El sistema muestra la ventana del ajuste correspondiente.
Paso 5	El usuario selecciona las medidas que estarán en los ejes X e Y de la gráfica.
Paso 6	El sistema cambia las medidas de los ejes X e Y de la gráfica.
Paso 7	El usuario selecciona el ajuste que quiere realizar (lineal o logarítmico).
Paso 8	El sistema cambia el ajuste a lineal o logarítmico según la elección del usuario.
Paso 9	El usuario pulsa el botón “Realizar Ajuste” para realizar el ajuste.
Paso 10	El sistema realiza el ajuste y muestra los valores del ajuste.
Paso 11	El usuario el usuario pulsa el botón “Guardar Ajuste” para guardar el ajuste.
Paso 12	El sistema guarda el ajuste realizado por el usuario.
Excepción	No hay datos de un experimento previamente realizado, el sistema muestra un mensaje al usuario diciendole que vuelva al apartado anterior y realice uno de los 4 experimentos y lo guarde.
Estado	Completado
Comentarios	Ninguno

Tabla 13: CU-03

8.6.4. CU04 - Realizar ejercicios de evaluación

Caso de Uso	Realizar ejercicios de evaluación
Versión	1.0 (15/04/2016)
Actores	Usuaio
Descripción	El usuario accede a la ventana de discusión de resultados y selecciona cualquiera de los ejercicios disponibles y se dispone a realizarlos, comprobando posteriormente los resultados obtenidos.
Precondición	Haber realizado previamente por lo menos un ajuste para que este se pueda visualizar al hacer los ejercicios. Condición recomendada pero no estrictamente necesaria.
Secuencia	
Paso 1	El usuario selecciona el campo principal “DISCUSION DE RESULTADOS”.
Paso 2	El sistema muestra el contenido de la ventana de “DISCUSION DE RESULTADOS”.
Paso 3	El usuario selecciona el subcampo referente al ejercicio que desea realizar.
Paso 4	El sistema muestra la ventana del ejercicio correspondiente.
Paso 7	El usuario realiza el ejercicio y pulsa en el botón “Comprobar Respuesta”.
Paso 8	El sistema muestra la respuesta correcta al ejercicio correspondiente, con una breve explicación en caso de que sea incorrecta, o un mensaje de aprobación en caso de que sea correcta
Excepción	Ninguna
Estado	Completado
Comentarios	Ninguno

Tabla 14: CU-04

8.6.5. CU05 - Consultar manual

Caso de Uso	Consultar manual
Versión	1.0 (15/04/2016)
Actores	Usuaio
Descripción	El usuario accede al manual de usuario que proporciona el sistema.
Precondición	Ninguna
Secuencia	
Paso 1	El usuario selecciona el icono del manual de usuario.
Paso 2	El sistema muestra el contenido de la ventana de manual de usuario.
Paso 3	El usuario procede a leer el manual de usuario y pulsa el botón de cerrar cuando haya terminado.
Paso 4	El sistema cierra el manual de usuario mostrando la ventana en la que se encontraba el usuario antes de abrir el manual.
Excepción	Ninguna
Estado	Completado
Comentarios	Ninguno

Tabla 15: CU-05

8.6.6. CU06 - Elegir Ajuste Guardado

Caso de Uso	Elegir Ajuste Guardado
Versión	1.0 (15/04/2016)
Actores	Usuaio
Descripción	El usuario uno de los ajustes guardados para que pueda visualizarlo mientras realiza los ejercicios.
Precondición	Haber guardado algún ajuste.
Secuencia	
Paso 1	El usuario selecciona uno de los ajustes que quiera ver del dropdown que está a la izquierda de la página.
Paso 2	El sistema muestra el contenido del ajuste elegido por el usuario con sus datos y su gráfica correspondiente.
Excepción	En el Paso 5 no existe ajuste guardado porque el usuario no ha guardado ningún ajuste. El sistema muestra un mensaje al usuario para comunicarle que tendría que realizar algún ajuste y realizarlo para que lo pueda visualizar.
Estado	Completado
Comentarios	Ninguno

Tabla 16: CU-06

8.8. Diagramas de Secuencia

8.8.1. Diagrama de Secuencia CU01

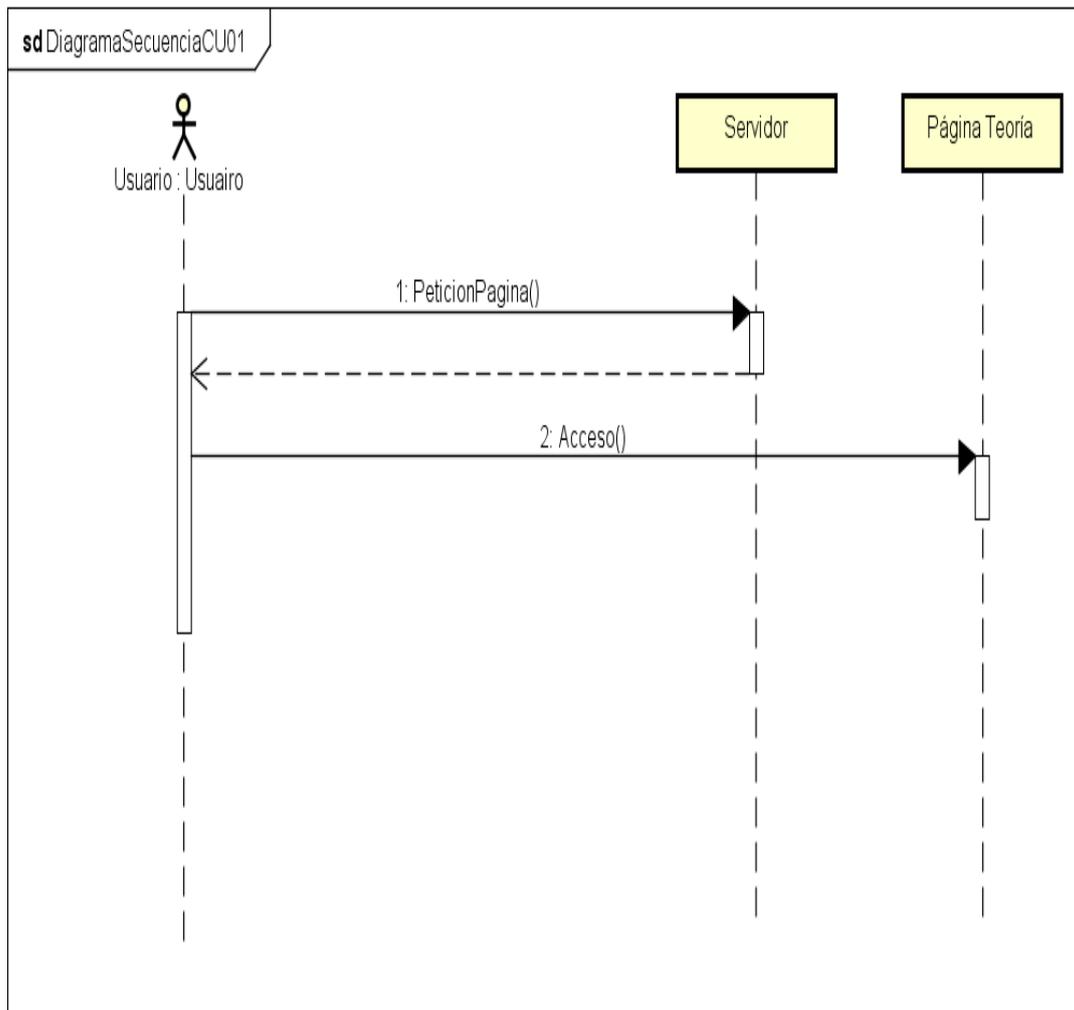


Imagen 35: Diagrama Secuencia CU01

8.8.3. Diagrama de Secuencia CU03

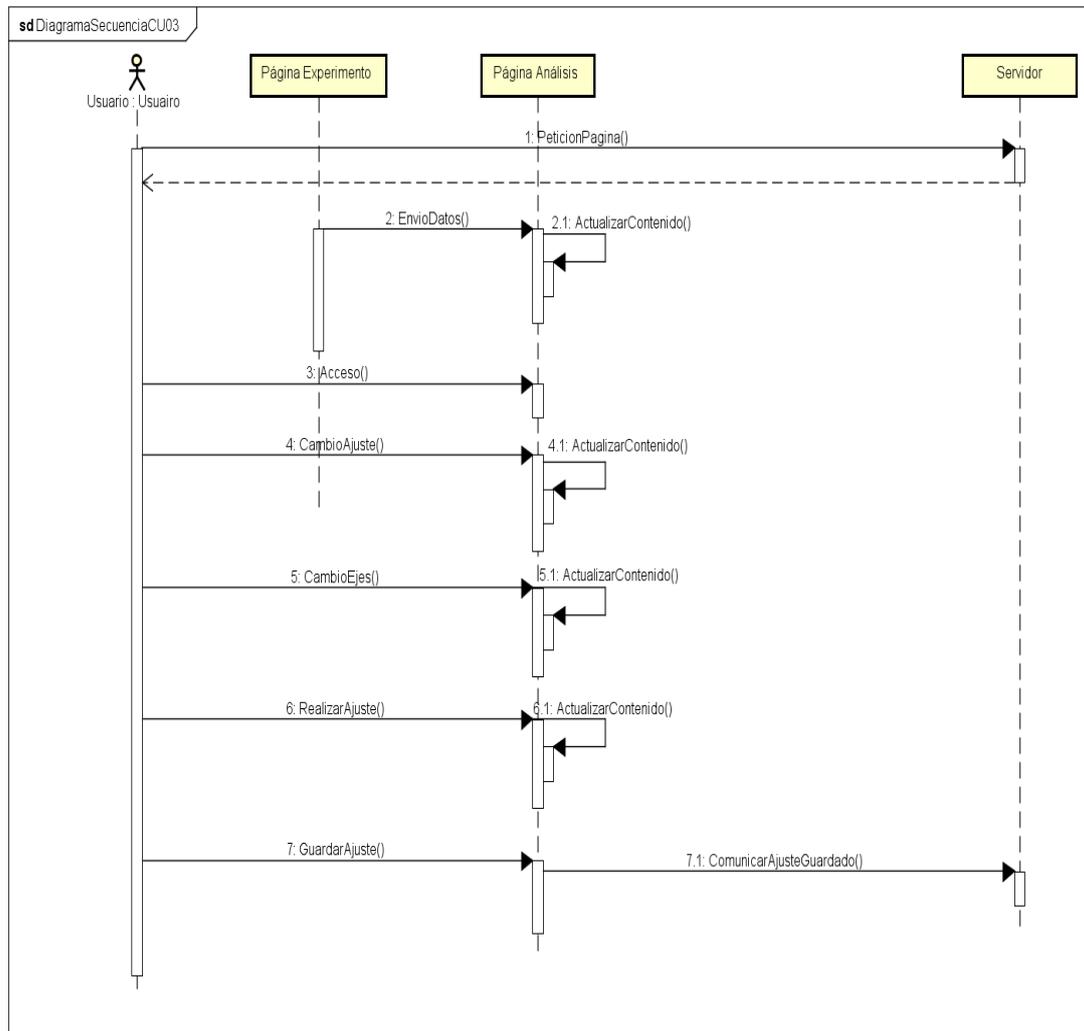


Imagen 37: Diagrama Secuencia CU03

8.8.4. Diagrama de Secuencia CU04

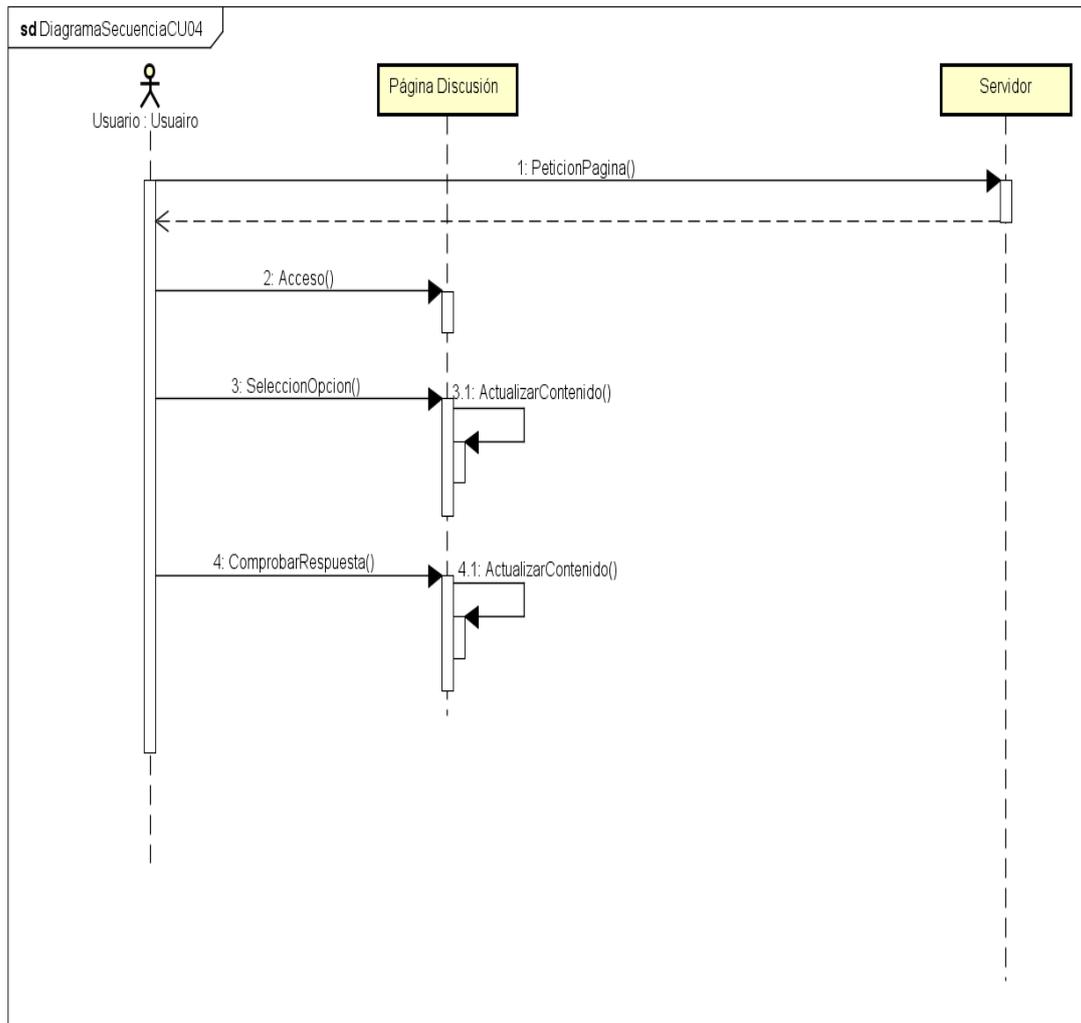


Imagen 38: Diagrama Secuencia CU04

8.8.5. Diagrama de Secuencia CU05

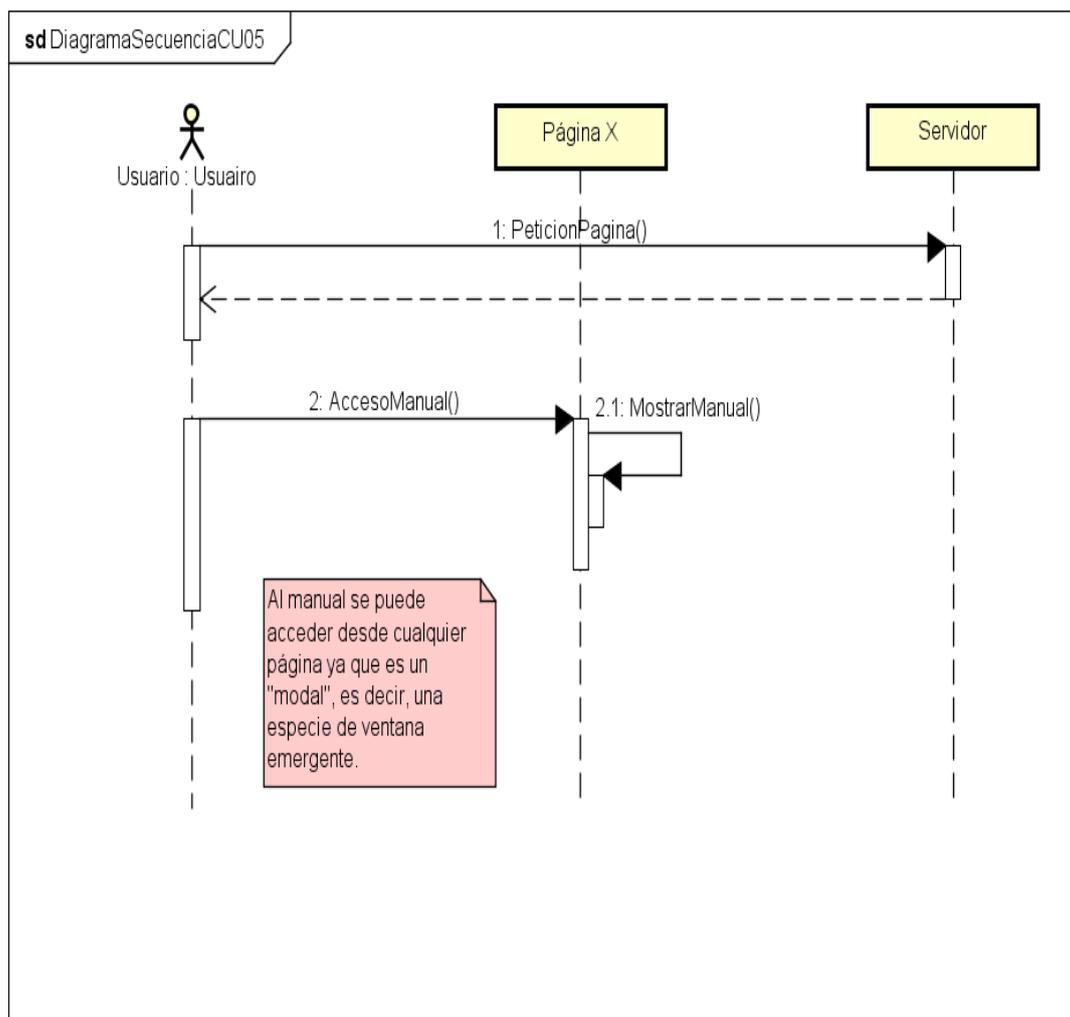


Imagen 39: Diagrama Secuencia CU05

8.8.6. Diagrama de Secuencia CU06

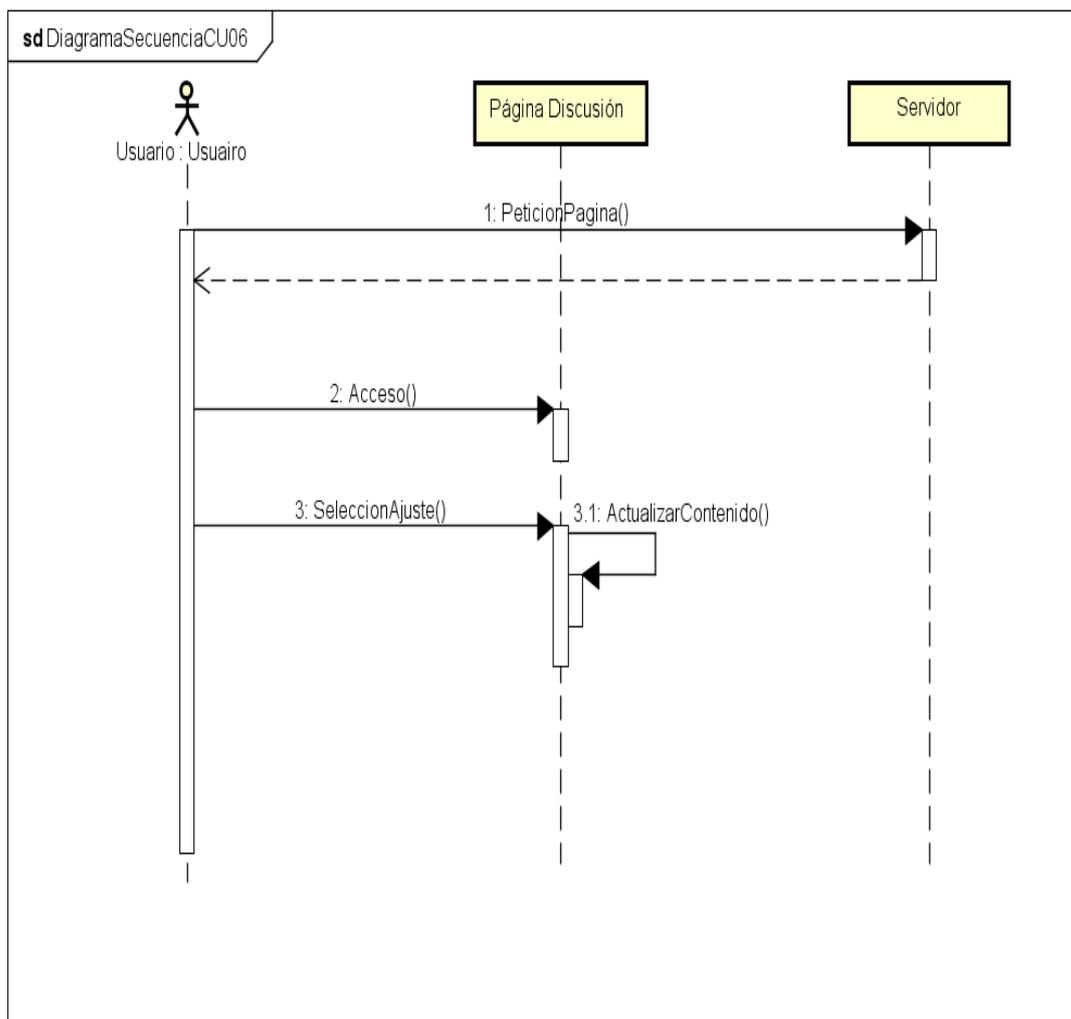


Imagen 40: Diagrama Secuencia CU06

9. Diseño

9.1. Objetivos de Arquitectura

9.1.1. Configurabilidad

Dado que es un proyecto con mucho código en varias páginas diferentes, es necesario documentar todo el proceso de manera extensiva, con muchos comentarios lo más claros posible, para que el código sea fácil de leer y entender, y a su vez fácil de modificar por una persona que no haya estado implicada en el desarrollo.

Es muy posible que algunas partes de la página se tengan que modificar después de obtener las opiniones de los usuarios, por lo que es vital que el código sea perfectamente entendible en relativamente poco tiempo, con variables y funciones con nombres y funciones claras

9.1.2. Extensibilidad

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, una de las ideas principales de este proyecto es que sea el primero de varios de su misma especie, virtualizando todas y cada una de las prácticas de física reales disponibles en el laboratorio para facilitar el aprendizaje del alumno.

Dicho esto, el propio proyecto también puede ser objetivo de extensibilidad. Se puede ampliar su funcionalidad, por ejemplo añadiendo distintos tipos de ejercicios, o añadiendo más animaciones, mejorando si es necesario la interfaz gráfica, añadiendo más submenús donde el profesor vea necesario, ampliando la parte de teoría, etc...

9.1.3. Reutilización

Como este proyecto será el primero de varios de este estilo, habría que dividir el código en partes muy claras para que los proyectos que vengan posteriormente puedan usar la mayor parte de este código posible de manera que no se diferencien mucho unos de otros y no parezcan páginas totalmente diferentes, ya que la idea es que sean un conjunto de prácticas virtuales, que formen parte a su vez una página mucho mayor.

9.1.4. Portabilidad

Teniendo en cuenta que este proyecto se va a usar por los usuarios pertenecientes mayoritariamente a la UVA, es necesario usar herramientas, tecnologías y versiones comunes y ya generalizadas, para que a la hora de migrar el proyecto a los servidores de UVA, los técnicos no tengan ningún problema en integrar lo realizado con sus propios proyectos.

9.1.5. Solidez

Toda la funcionalidad del proyecto debe de ser previamente y extensivamente probada, para asegurar que no hay posibilidad de errores en ninguna de sus partes, y facilitar el trabajo de los técnicos de la UVA a la hora de integrarlo.

9.2. Arquitectura del Sistema

9.2.1. Visión Global

Partimos de la premisa de que se trata de desarrollar una página web (Laboratorio Virtual). Para ello se hay que montar un servidor que controle las peticiones de la página y responda adecuadamente. Por suerte existe una herramienta llamada **WAMP Server** que directamente proporciona un servidor Apache integrado casi sin necesidad de configurarlo, decimos casi porque si se quiere permitir el acceso desde otro ordenadores o dispositivos móviles es necesario hacer unas pequeñas modificaciones en la configuración, pero son cambios mínimos.

Teniendo el servidor podemos avanzar el resto de componentes. Estos componentes serán archivos PHP que el servidor va a manejar. Cada archivo PHP hara referencia a una de las subpáginas de la página principal, aunque también habrá archivos PHP "exteriores" que sean simplemente archivos de configuración o de facilidad de uso para evitar copiar el mismo código varias veces.

Todas las herramientas que se utilizarán son gratuitas y ampliamente usadas por todo el mundo. Para el código de la propia página se usará una mezcla de **HTML** y **HTML5**, junto con su **CSS** correspondiente. La versión del servidor **Apache** del **WAMP Server** será **2.4.9**. La versión de **PHP** será **5.5.12**. La herramienta de edición de los archivos .php será **Notepad++**, cualquier versión es válida ya que es un simple editor de texto. Para crear los diagramas se usará la herramientas **Astah Professional**. Para editar las imágenes usarán las herra-

mientas **Photoshop** y **Paint**. Para la creación y edición de la documentación se usará **LATEX**.

La página estará dividida en las siguientes subpáginas (*Algunas subpáginas están en plural porque tienen prácticamente el mismo funcionamiento y diseño pero con diferentes variables o textos*):

- **Página Principal:** Será la página de Inicio típica en la que aparecerá el título, el departamento al que corresponde la página y poco más. Prácticamente no tendrá mayor funcionalidad.
- **Páginas de Teoría:** Habrá varias páginas de teoría que únicamente se diferenciarán por su contenido textual, y aparte del mismo no tendrán más funcionalidades.
- **Páginas de Experimento:** En estas páginas es en las que se recopilarán los datos necesarios para realizar el ajuste posterior. Se proporcionarán una serie de variables y se pedirá al usuario realizar una serie de tareas que darán como resultado unos pares de valores que serán guardados.
- **Páginas de Análisis:** En estas páginas se recopilarán los datos guardados en las páginas de experimentos y se procederá a analizar esos datos y hacer las operaciones correspondientes con ellos, mostrando los resultados en un gráfica con la posibilidad de guardar los resultados.
- **Página de Discusión de Resultados y Ejercicios:** Una vez guardados los resultados de las páginas de análisis, estos pasarán a la página de discusión de resultados en la que se podrá seleccionar cualquiera de los ajustes guardados para ver los datos correspondientes. También estarán disponibles para su realización varios ejercicios.
- **Pop-Up del Manual:** Este pop-up estará disponible en todas las páginas menos en la de Inicio, y será una breve explicación del funcionamiento de cada página por si es necesario aclarar algunas de las partes.

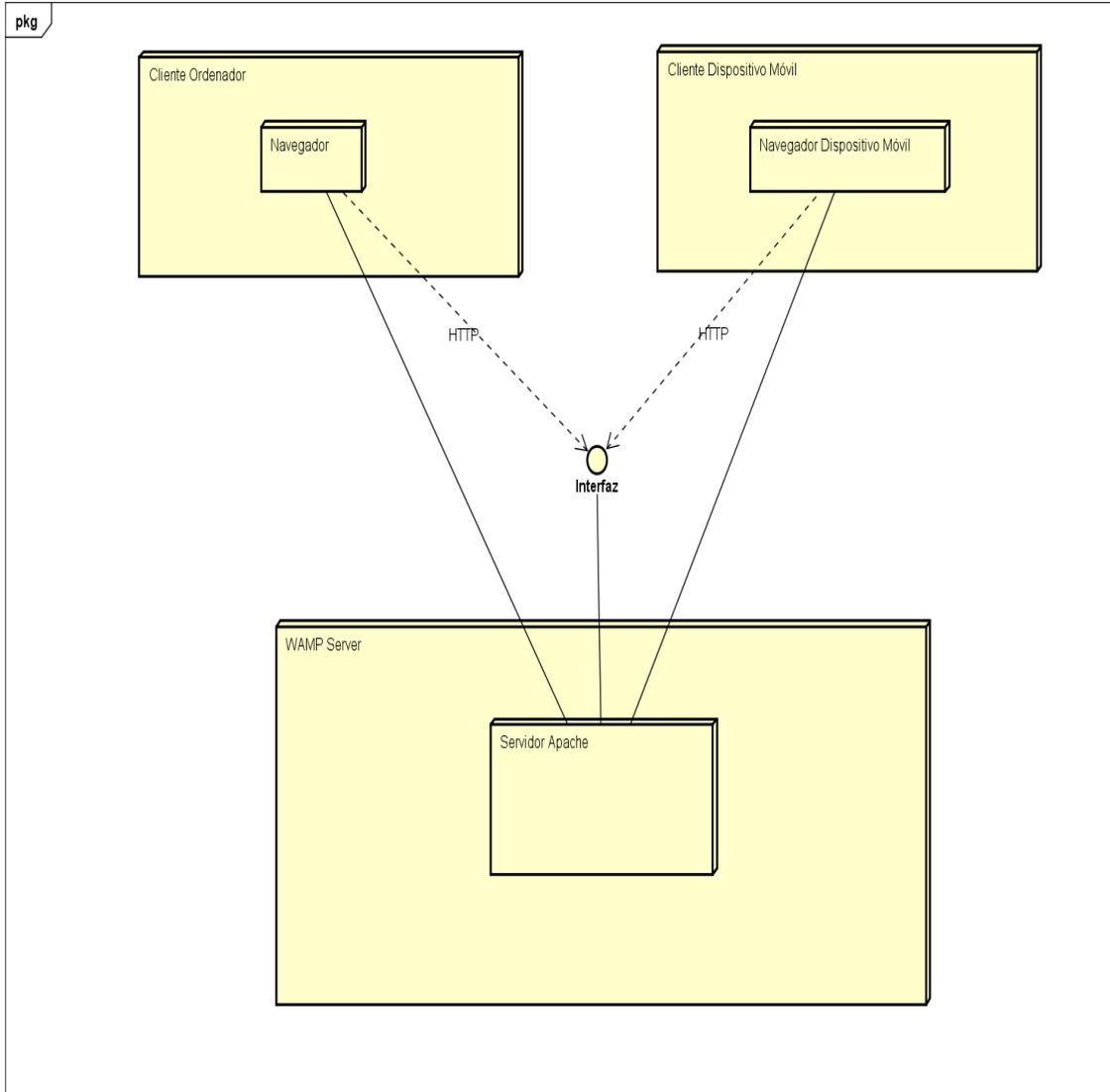


Imagen 41: Diagrama Despliegue

9.3. Diagrama de Clases

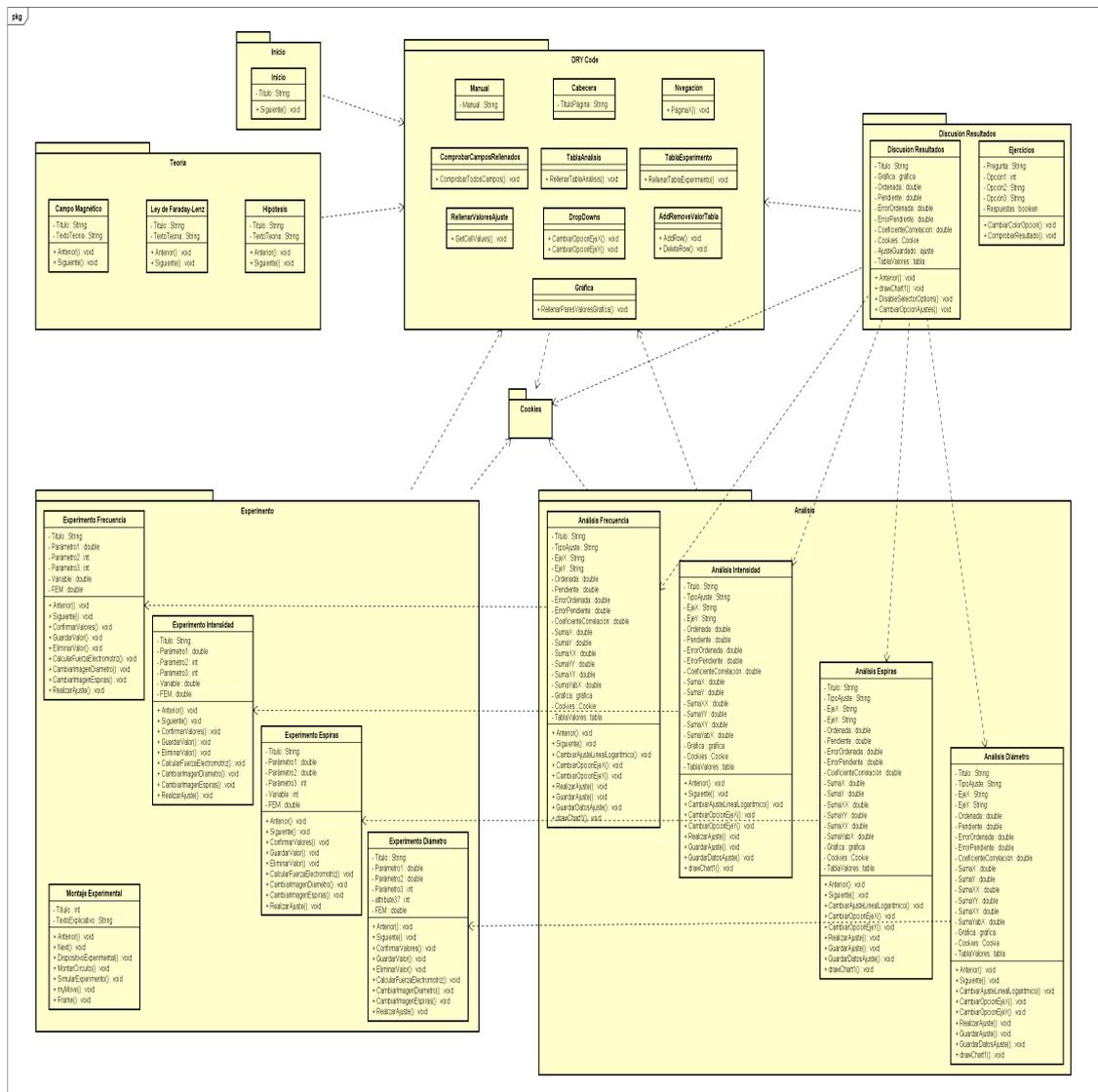


Imagen 42: Diagrama Clases

Todas las clases que hacen referencia a una de las páginas principales tienen una funcionalidad de pasar a la página anterior o a la página siguiente, por lo que no se repetirá este detalle en la explicación de cada clase individual.

9.3.1. Inicio

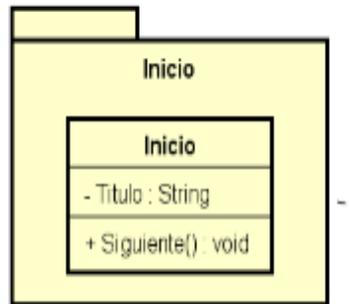


Imagen 42: Diagrama Clases - Inicio

Clase bastante simple, no tiene mayor funcionalidad que la de pasar a la página siguiente y mostrar el título.

9.3.2. Teoría

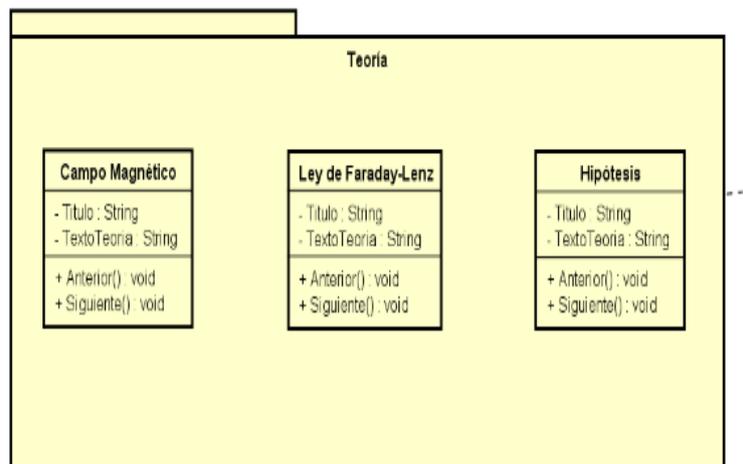


Imagen 43: Diagrama Clases - Teoría

Prácticamente lo mismo que la clase de Inicio, pero añadiendo además un texto extenso de teoría en cada una de las tres clases.

9.3.3. Experimento

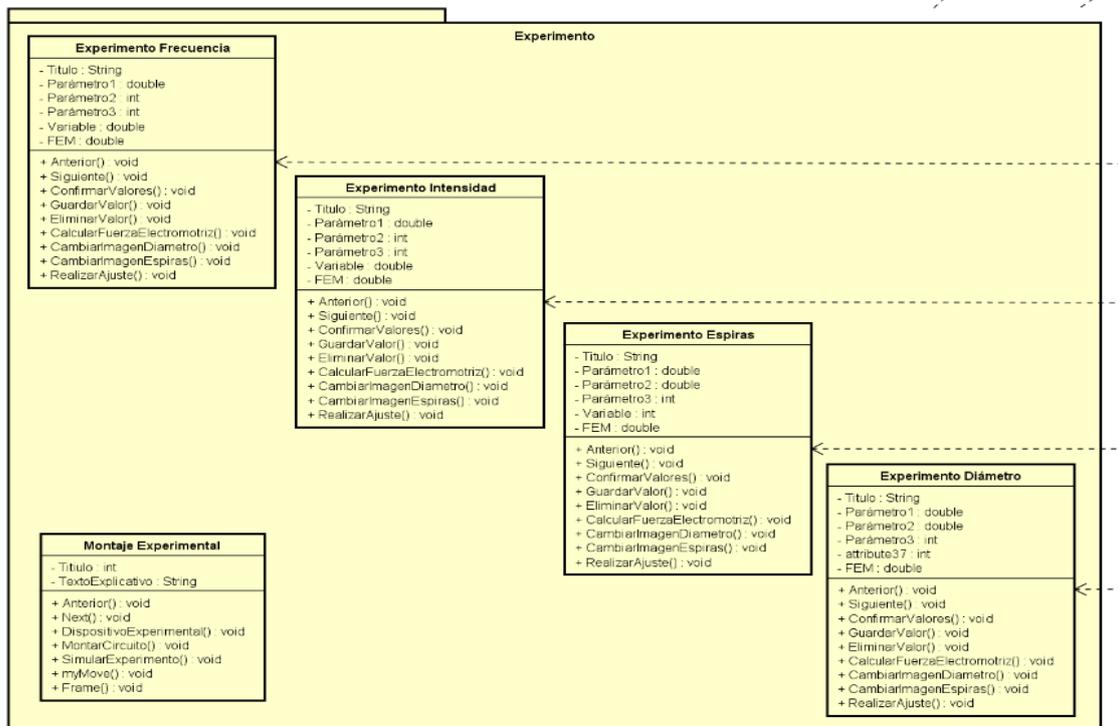


Imagen 44: Diagrama Clases - Experimento

- Montaje Experimental:** Esta clase tiene como parámetros el título y un breve texto explicativo que va cambiando según cambia la animación implementada. Hay tres funciones principales: `DispositivoExperimental()` que hace que aparezcan las imágenes de los aparatos necesarios, `MontarCircuito()` que hace que aparezcan los cables necesarios, y `SimularExperimento()` que hace que se cambien dos de los cables y se mueva la imagen de la bobina, para este tercer caso se hace uso también de las funciones `myMove()` y `Frame()`.
- Experimento Frecuencia/Intensidad/Espiras/Diámetro:** Explicamos las cuatro clases juntas porque son casi iguales salvo por pequeñas variaciones en el orden de las variables. Como se puede observar cada una tiene un título, 3 parámetros, 1 variable y el resultado que es la FEM inducida. Dependiendo del caso que sea, la variable será una de los cuatro valores posibles Frecuencia/Intensidad/Espiras/Diámetro y el resto serán parámetros. Por ejemplo en el caso de Experimento Frecuencia, la variable será la Frecuencia y los parámetros serán la Intensidad, las Espiras y el Diámetro, y

lo mismo ocurriría con las otras 3 clases, pero cambiando la variable por el valor que corresponda.

Lo mismo ocurre con sus funciones, tienen casi las mismas funciones con pequeñas variaciones según la medida a utilizar. ConfirmarValores() permite fijar los 3 primeros parámetros para que no se puedan volver a modificar. GuardarValor() y EliminarValor() son las encargadas de escribir o borrar un par de valores en la tabla del experimento. CalcularFuerzaElectromotriz() se encarga de tomar los valores de los parámetros y la variable, aplicar la fórmula necesaria y calcular el valor de la fuerza electromotriz resultante. CambiarImagenEspiras() y CambiarImagenDiametro() se encargan, como bien indica su nombre de cambiar las imágenes o más bien los valores debajo de las imágenes de las bobinas correspondientes. Y por último RealizarAjuste() se encarga de tomar los pares de valores previamente guardados y enviarlos a la página correspondiente de análisis y de cambiar la página a la de análisis.

9.3.4. Análisis

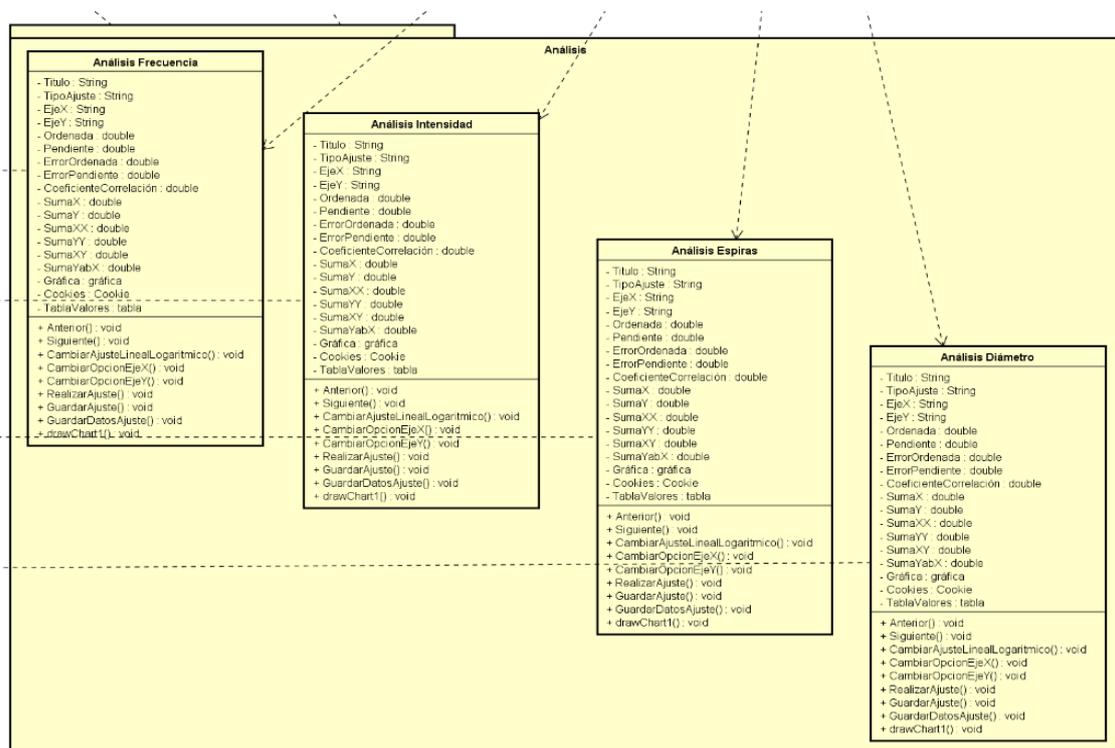


Imagen 45: Diagrama Clases - Análisis

Las cuatro clases del análisis son casi iguales, salvo pequeñas diferencias de la medida correspondiente, igual que pasaba en el caso del experimento. Cada una de ellas tiene un título, un tipo de ajuste (Lineal o Logarítmico) que va cambiando con una función según lo elija o no el usuario, una gráfica, un Eje X y un Eje Y de la gráfica con las medidas correspondiente al ajuste en ese momento, una Ordenada, una Pendiente, un Error de la Ordenada, un Error de la Pendiente y un Coeficiente de Correlación que hacen referencia a los valores calculados del ajuste, varias sumas de los pares de valores recibidos por las páginas de experimento y variaciones de esos valores, y por último varias cookies que se encargan de almacenar los valores calculados para pasarlos a la página de discusión de resultados

En cuanto a las funciones, `CambiarAjusteLinealLogarítmico()` se encarga, como su nombre indica, de cambiar el tipo de ajuste de lineal a logarítmico y viceversa, `CambiarOpcionEjeX()` y `CambiarOpcionEjeY()` se encargan de cambiar las medidas de los ejes X e Y de la gráfica, `RealizarAjuste()` se encarga de calcular los valores del ajuste con las fórmulas correspondientes, `GuargarAjuste()` se encarga de guardar los valores del ajuste para que sean enviadas a la página de Discusión de Resultados, `GuardarDatosAjuste()` se encarga de enviar esos datos, y `DrawChart1()` se encarga de dibujar la gráfica.

9.3.5. Discusión

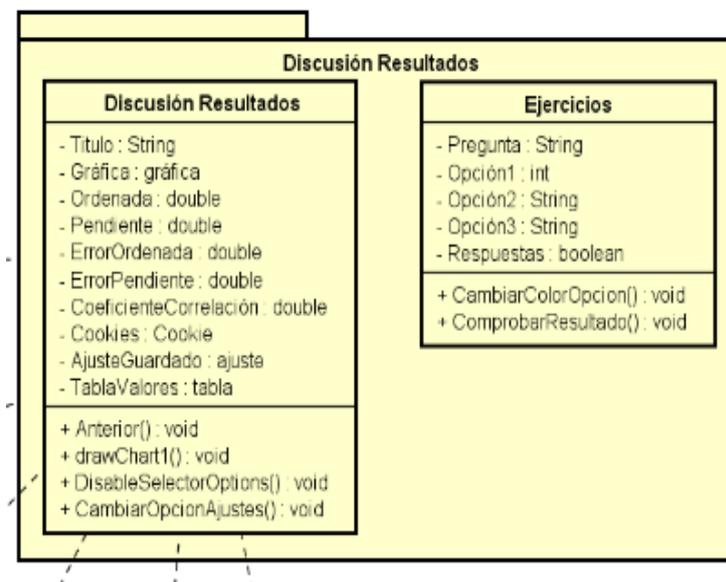


Imagen 46: Diagrama Clases - Discusión

Discusión de Resultados está dividida en dos clases para mayor facilidad: Discusión Resultados y Ejercicios.

En DiscusiónResultados tenemos, el título, la gráfica, el ajuste guardado, los valores del ajuste guardado: Ordenada, Pendiente, Error Ordenada, Error Pendiente y Coeficiente Correlación, las cookies de las que provienen esos valores y la Tabla de Valores.

En cuanto a funciones tenemos drawChart1() que dibuja la gráfica, DisableSelectorOpciones() que deshabilita la selección de un ajuste si no ha sido guardado previamente en alguna de las páginas de análisis, y CambiarOpcionAjuste() que se encarga de mostrar los datos correspondientes del ajuste que se haya seleccionado.

Pasando a la clase de ejercicios tenemos por cada ejercicio la pregunta, las tres opciones y la respuesta. En sus funciones tenemos CambiarColorOpcion() que se encarga de cambiar el color de una de las opciones al seleccionarla, y ComprobarResultado() que se encarga de comprobar si el resultado está bien o no, y de cambiar las imágenes de las opciones mostrando la opción correcta.

9.3.6. DRY Code

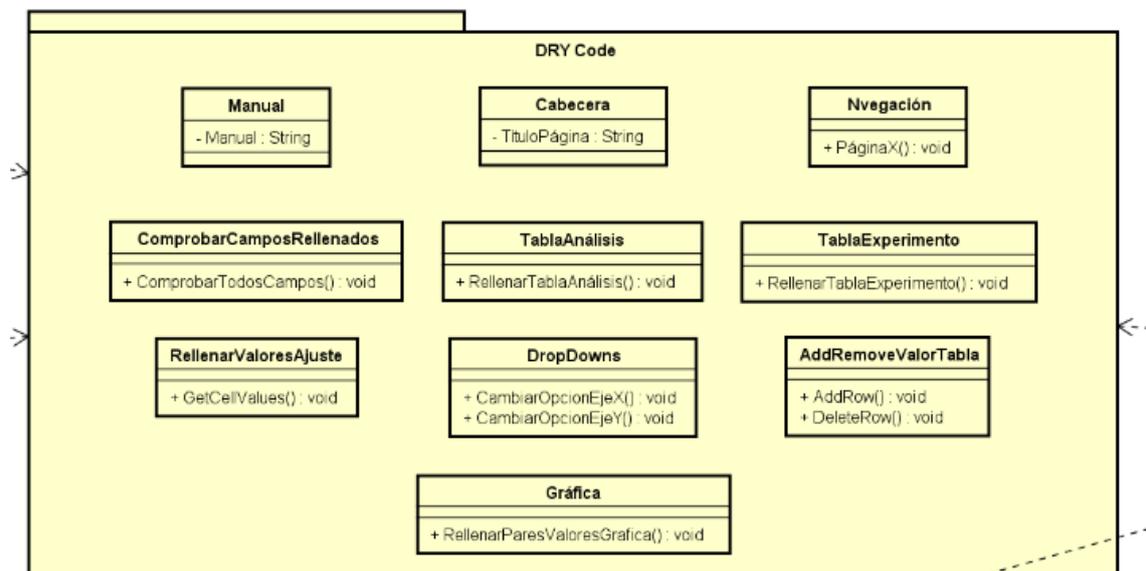


Imagen 47: Diagrama Clases - DRY Code

La función del DRY Code (Don't Repeat Yourself) es no repetir código, y dado que hay varias clases que necesitan del mismo código para su correcto funcionamiento, se optó por crear otros ficheros en los que implementar esa funcionalidad y hacer que las clases que la necesiten acudan a ese fichero en vez de repetir el mismo código 4 o más veces.

- **Manual:** La clase Manual es un simple pop-op que aparece en todas la páginas menos en la de Inicio y contiene un texto explicativo del funcionamiento de cada parte del proyecto.
- **Cabecera:** Se encarga de mostrar la cabecera en todas las páginas.
- **Navegación:** Se encarga de mostrar la barra de navegación en todas las páginas.
- **ComprobarCamposRellenados:** Comprueba si todos los campos de la tabla de las páginas de Experimento están rellandos, y si lo están permite el envío de datos a las páginas de Análisis, si no lo están muestra un mensaje al usuario.
- **TablaAnálisis:** Se encarga de rellenar la tabla de las páginas de Análisis con los valores enviados desde las páginas de Experimento.
- **TablaExperimento:** Se encarga de enviar los datos de la tabla de Experimento a la página de Análisis correspondiente.
- **RellenarValoresAjuste:** Se encarga de calcular los valores del ajuste, Ordenada, Pendiente, etc... a través de las fórmulas necesarias y mostrarlas escritas en su sitio correspondiente, y también de dibujar la gráfica correspondiente a ese ajuste.
- **DropDowns:** Se encarga de cambiar los ejes X e Y y de cambiar con ellos los valores del ajuste y la gráfica de ese ajuste.
- **AddRemoveValorTabla:** Se encarga de añadir o eliminar un valores de la tabla de las páginas del Experimento.
- **Gráfica:** Se encarga de rellenar los campos necesarios para que se dibuje la gráfica con los valores enviados por las páginas de Experimento.

9.4. Diagramas de Actividad

9.4.1. Inicio - Teoría

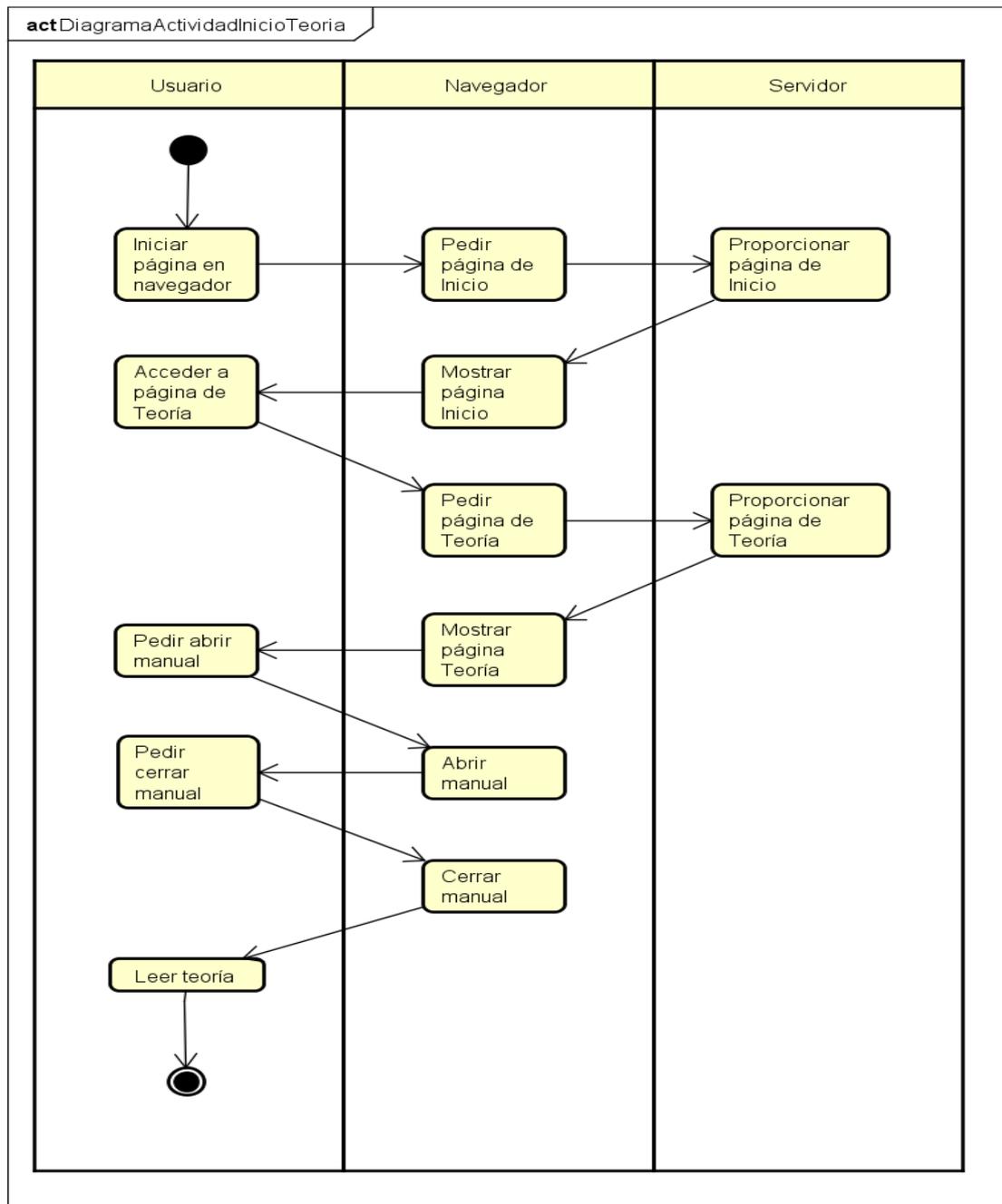


Imagen 48: Diagrama Actividad - InicioTeoría

9.4.2. Montaje Experimental

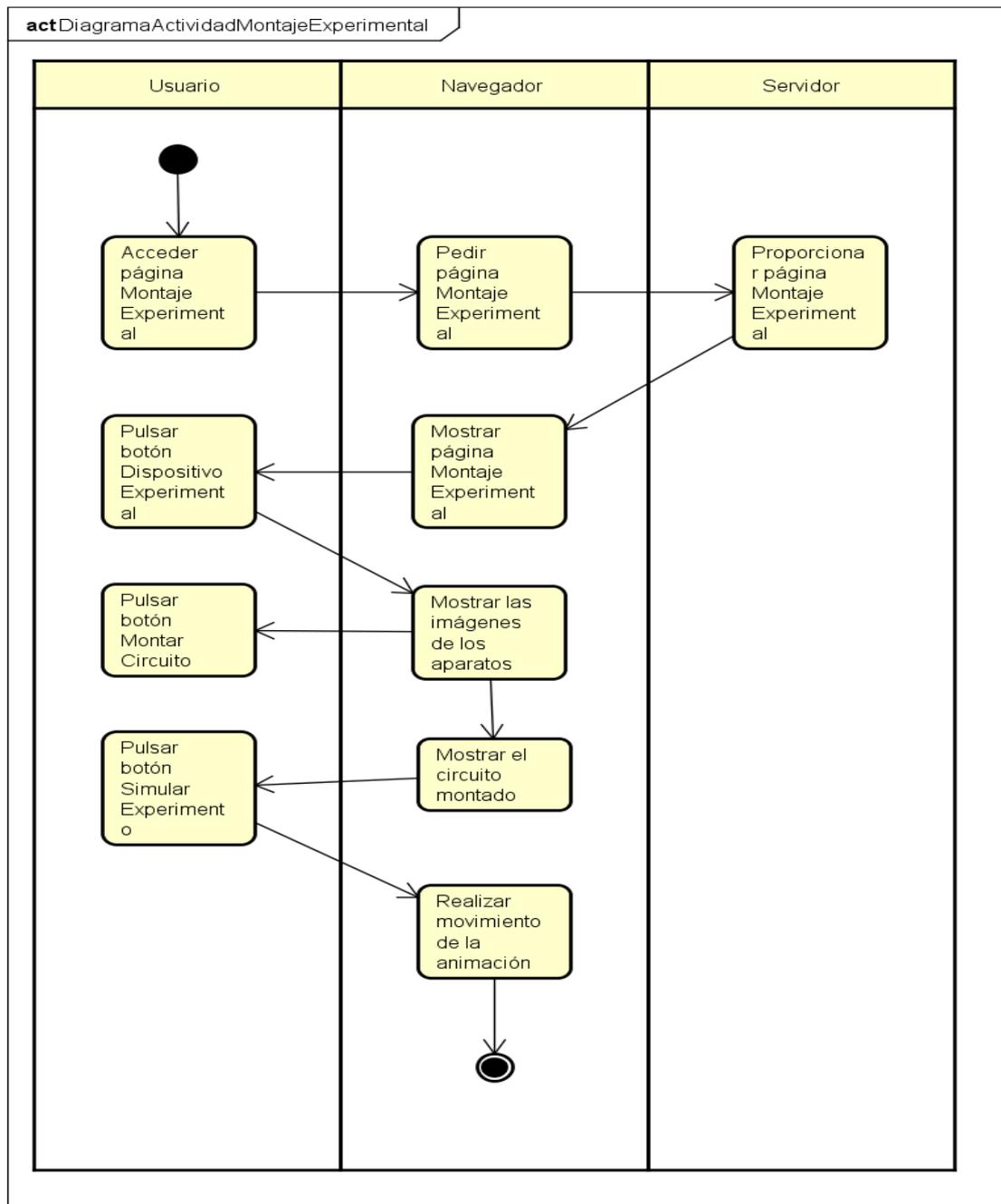


Imagen 49: Diagrama Actividad - MontajeExperimental

9.4.3. Experimento

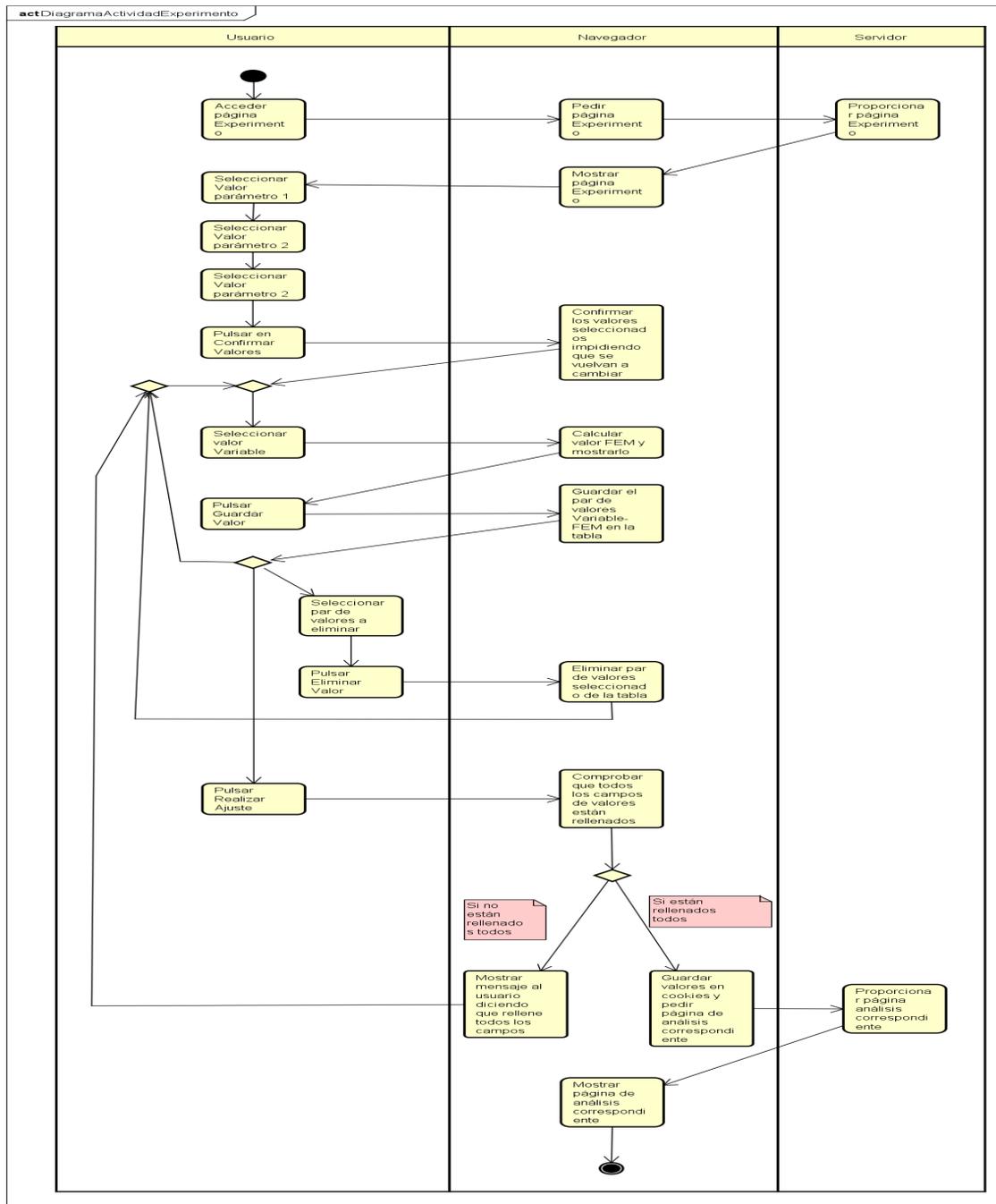


Imagen 50: Diagrama Actividad - Experimento

9.4.4. Análisis

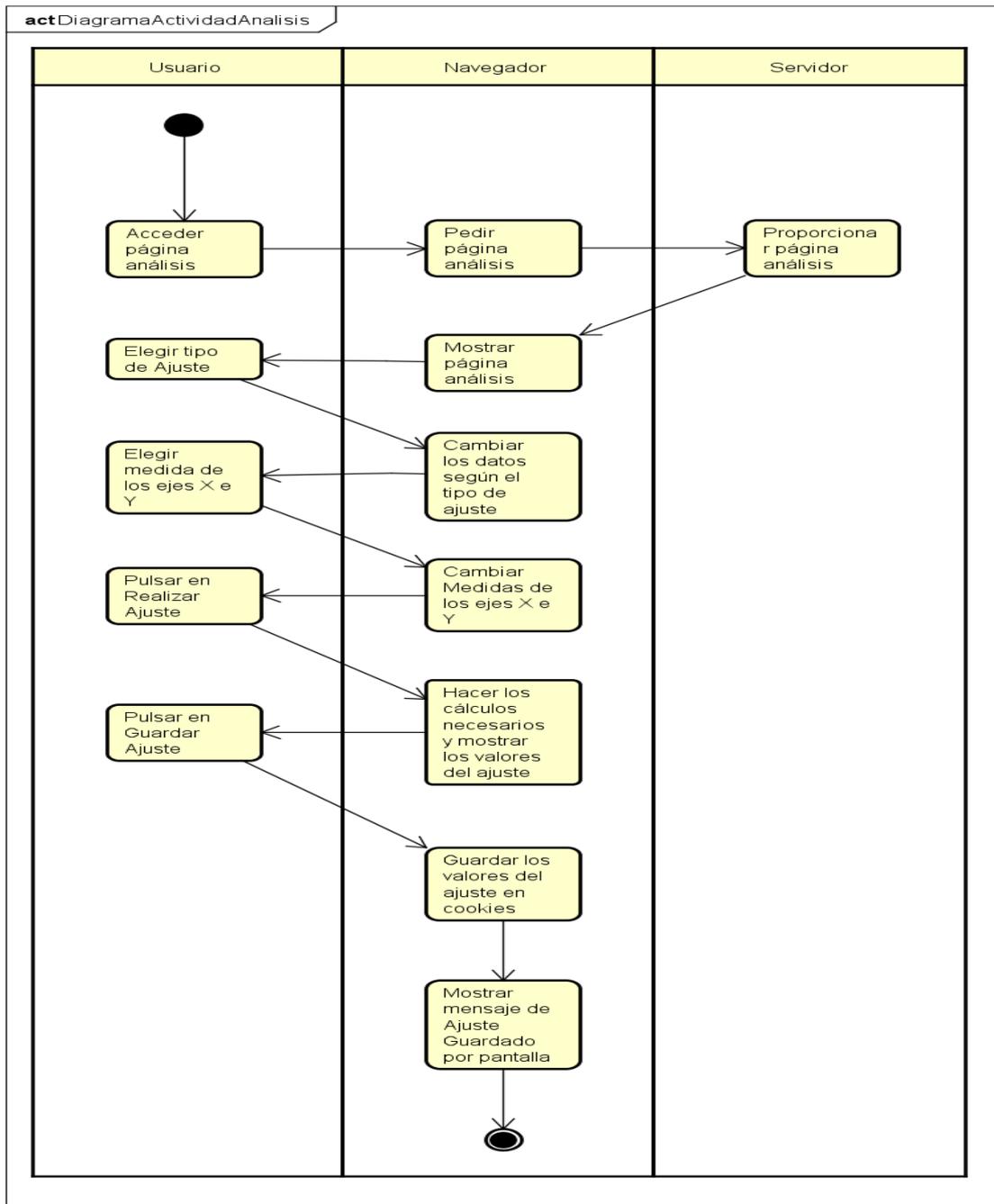


Imagen 51: Diagrama Actividad - Análisis

9.4.5. Discusión de Resultados

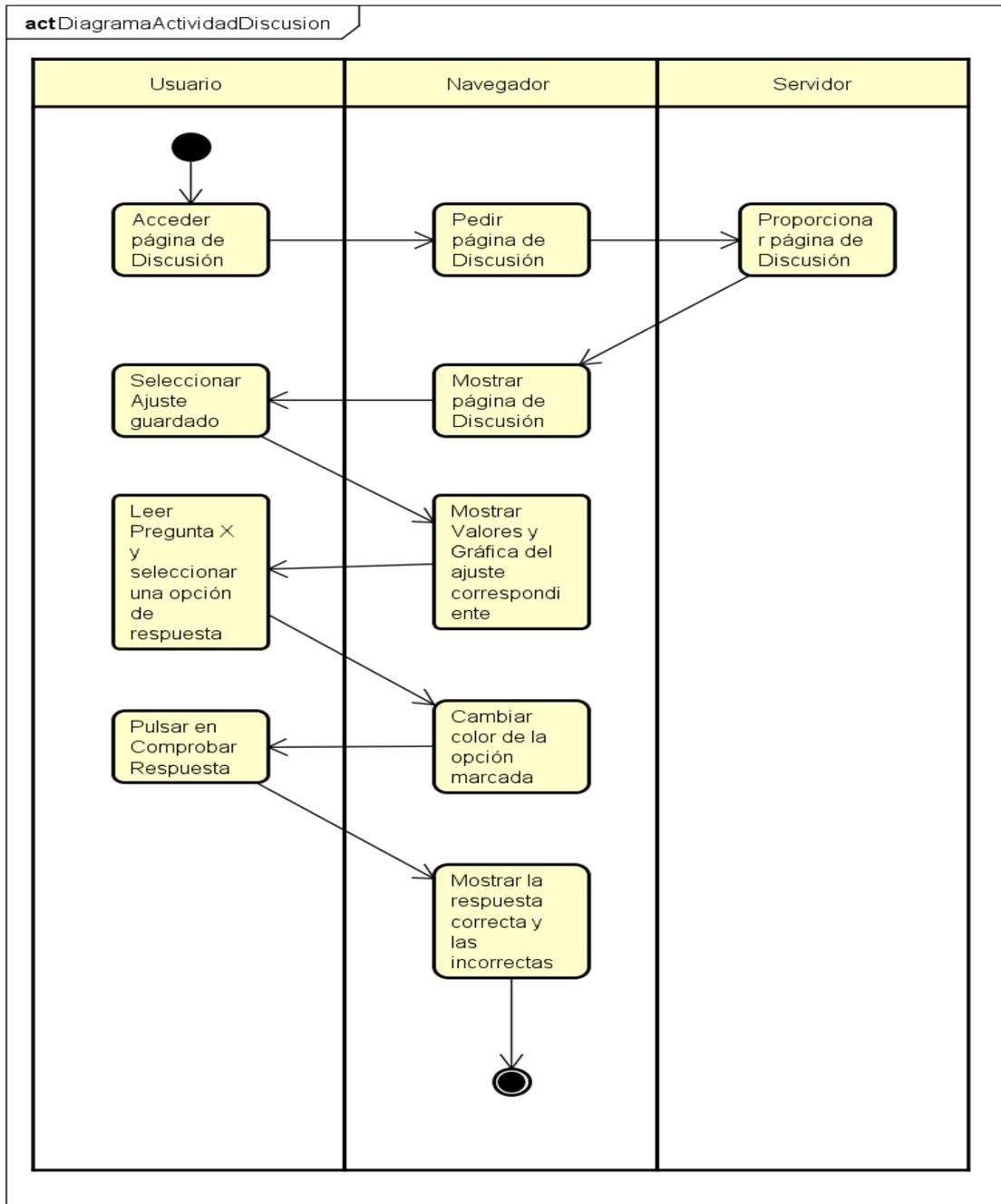


Imagen 52: Diagrama Actividad - Discusión

10. Implementación

10.1. Decisiones Importantes de la Implementación

A continuación se detallarán las decisiones más importantes tomadas a la hora de implementar todas las funcionalidades del proyecto.

10.1.1. Interfaz Gráfica y su Concordancia con los Dispositivos Móviles

La interfaz gráfica pasó por muchos cambios de implementación hasta llegar a su versión final. Como la mayoría del proyecto es **HTML** se optó por introducir un archivo **.css** en el que se implementaron todas las características visuales de las páginas. Este método es muy comúnmente usado al programar en HTML ya que facilita muchísimo la lectura del código, simplificándolo bastante y evitando que se tenga que repetir el mismo código en varios lugares diferentes.

Prácticamente todos los elementos están en contenedores separados que facilitan su colocación y/o modificación si se ve necesario. Las dimensiones de dichos contenedores están definidas como porcentajes. Esta es una característica muy importante, ya que de esta manera si se hace la página más grande (ctrl+”+”) o más pequeña (ctrl+”-”) todos los elementos siguen en su sitio correspondiente, ocupando el mismo espacio proporcional. Esto es vital para el correcto funcionamiento de cualquiera de las páginas en los dispositivos móviles. Por ejemplo si se hubiera optado por poner las dimensiones de cada contenedor en pixels en vez de en porcentajes, al verlo en la pantalla de un dispositivo móvil que tiene una resolución mucho menor que la de cualquier pantalla de ordenador, se vería todo descolocado, mientras que tal y como está se ve todo perfectamente:

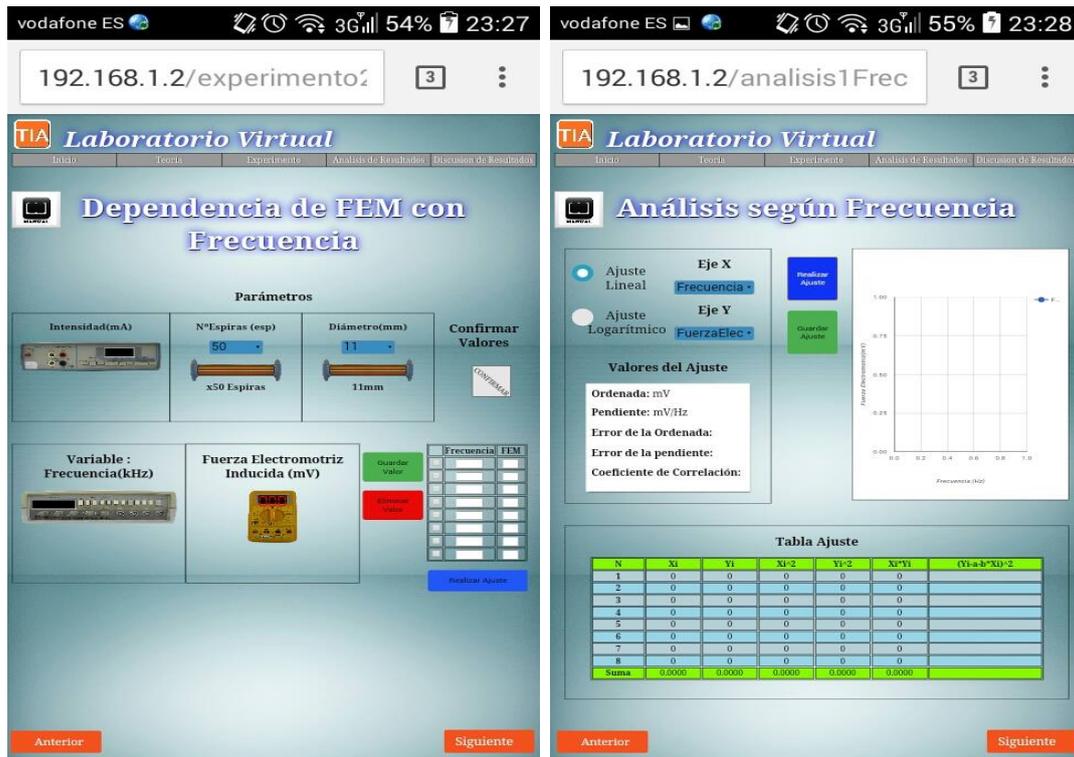


Imagen 53: Capturas de Pantalla Dispositivo Móvil

10.1.2. Servidor

El servidor no se ha tenido que implementar porque como se ha mencionado anteriormente se ha usado **WAMP Server**, que es una herramienta que tiene el servidor Apache integrado y listo para su uso de manera muy fácil. En todo momento se utilizó una configuración local del servidor, es decir, permitir la conexión solo a los dispositivos conectados a nuestro propio router. De esta manera se pueden evitar fallos de seguridad al hacer las pruebas. La simple función del servidor es manejar las peticiones de las páginas y proporcionar los datos que sean necesarios para su funcionamiento, explicaremos como se envían estos datos concretamente en el apartado siguiente.

10.1.3. Almacenamiento de datos

El almacenamiento de datos de este proyecto se ha realizado mayoritariamente mediante **Cookies**.

En un principio se estuvo dudando entre una **base de datos**, **cookies** o **sesiones**. Mediante la base de datos habría sido necesaria una autenticación de cada usuario, como por ejemplo usuario y contraseña, pero se quería que fuera una página abierta y fácil de usar sin tener que recurrir a la petición de credenciales esta idea se fue disipando. La otra opción de identificar usuarios separados mediante una base de datos habría sido usando la huella digital de cada uno, pero aparte de que era bastante más complejo de implementar que las cookies o sesiones, esta opción parece una violación de la privacidad de cada persona enorme, aunque se use en muchísimas de las páginas más famosas de internet.

La segunda opción contemplada fueron las sesiones, que en teoría son igual de fáciles de implementar que las cookies, pero su duración es mucho menor. En el momento en el que el usuario cierra su navegador la información que había guardado se habrá perdido, mientras que en este proyecto interesa que el usuario pueda realizar varios ajustes, guardarlos y que pueda acceder a esos ajustes durante X tiempo, dado que es posible que se le haya costado mucho llegar a los valores que quería guardar, y que estos le sirvan para un ejercicio o para comprender mejor la práctica, o simplemente porque haya cerrado el navegador por la razón que fuera sin querer.

Finalmente llegamos a la opción de almacenar los datos en **Cookies**. Esta es de lejos la mejor opción disponible para el caso. No ocupan mucho espacio, no requieren una implementación y mantenimiento exhaustivos como la base de datos, perduran en el tiempo al contrario que las sesiones, pero solo durante el periodo que se les indique. De esta manera el usuario puede realizar los ajustes que desee, puede guardarlos, y siempre estarán disponibles, a no ser que se pase el tiempo indicado en las propias cookies. Este periodo será un periodo suficientemente largo como para que el usuario pueda acceder a los ajustes con frecuencia sin que desaparezcan, pero lo suficientemente corto como para que no parezca que tengan un tiempo de vida infinito. Lo bueno de las cookies también es el hecho de que al realizar un ajuste nuevo, se sobrescriben, dejando a disposición el ajuste nuevo realizado, sin crear nueva cookies siempre, evitando tener un número descomunal de las mismas.

10.1.4. Construcción del circuito

La construcción del circuito se intentó aproximar lo máximo posible al circuito real del laboratorio de física. Mediante un generador, un amperímetro, un voltímetro, un solenoide y varias bobinas, a los que se dieron intervalos de valores realísticos para calcular la fuerza electromotriz resultante. Para ello se utilizó la fórmula proporcionada por el tutor y profesor de física.

10.2. Librerías Utilizadas

Las librerías utilizadas son las siguientes:

- <http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.4.4/jquery.min.js> :
Para el uso de jQuery en ciertos puntos del proyecto.
- <https://www.gstatic.com/charts/loader.js> :
Para el uso de las gráficas de google para dibujar nuestra gráfica.

11. Pruebas

A continuación se van a destacar las pruebas más importantes realizadas para asegurar el correcto funcionamiento del proyecto.

11.1. Pruebas del Dominio

- Prueba del Dominio 001

Descripción	Pulsar en el logo de la cabecera y ser redirigido a la página de Inicio.
Entrada	Click sobre el logo de la cabecera.
Resultado Esperado	Ser redirigido a la página de Inicio.
Resultado	Correcto.

Tabla 17: Prueba Dominio 001

- Prueba del Dominio 002

Descripción	Pulsar en cualquiera de los campos o subcampos de la barra de navegación y ser redirigido a la página o subpágina correspondiente. (Se ha hecho una prueba por cada campo y subcampo, y en todas el resultado es correcto, pero por no repetir todas solo ilustraremos uno de ellos)
Entrada	 <p><i>Imagen 54: Captura Pantalla Barra Navegación</i></p>
Resultado Esperado	Ser redirigido a la página de Dependencia de FEM con Intensidad.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 18: Prueba Dominio 002

- Prueba del Dominio 003

Descripción	Pulsar el botón "Siguiete" y ser redirigido a la página siguiente que corresponda. (Se ha hecho una prueba por cada botón "Siguiete" de cada página, y en todas el resultado es correcto, pero por no repetir todas solo ilustraremos uno de ellos)
Entrada	Pulsar en  <p style="text-align: center;"><i>Imagen 55: Botón Siguiete</i></p>
Resultado Esperado	Ser redirigido a la página siguiente correspondiente.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 19: Prueba Dominio 003

- Prueba del Dominio 004

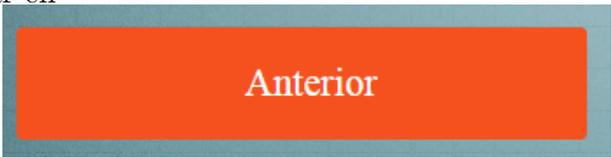
Descripción	Pulsar el botón "Anterior" y ser redirigido a la página anterior que corresponda. (Se ha hecho una prueba por cada botón "Anterior" de cada página, y en todas el resultado es correcto, pero por no repetir todas solo ilustraremos uno de ellos)
Entrada	Pulsar en  <p style="text-align: center;"><i>Imagen 56: Botón Anterior</i></p>
Resultado Esperado	Ser redirigido a la página anterior correspondiente.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 20: Prueba Dominio 004

- Prueba del Dominio 005

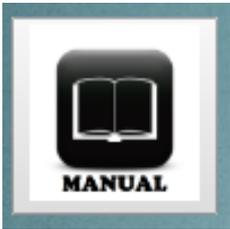
Descripción	Pulsar en el botón del Manual en cualquiera de las páginas y que se abra un pop-up con el manual.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 57: Botón Manual</i>
Resultado Esperado	Abrir el pop-up del manual.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 21: Prueba Dominio 005

- Prueba del Dominio 006

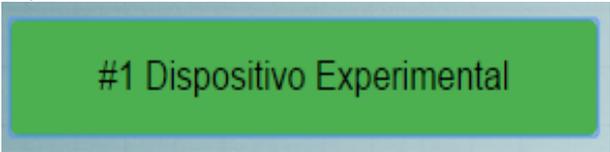
Descripción	Pulsar en el botón "Dispositivo Experimental" en la página de Montaje de Experimento y que aparezcan los aparatos del circuito y cambie el párrafo explicativo.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 58: Botón Dispositivo Experimental</i>
Resultado Esperado	Que aparezcan los aparatos del circuito y cambie el párrafo explicativo.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 22: Prueba Dominio 006

- Prueba del Dominio 007

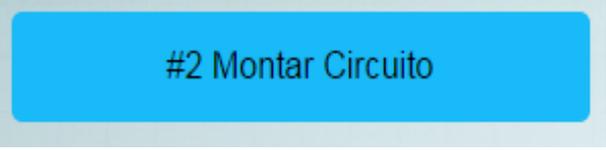
Descripción	Pulsar en el botón "Montar Circuito" y que aparezcan los cables conectando los aparatos del circuito y cambie el párrafo explicativo.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 59: Botón Montar Circuito</i>
Resultado Esperado	Que aparezcan los cables conectando los aparatos del circuito y cambie el párrafo explicativo.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 23: Prueba Dominio 007

- Prueba del Dominio 008

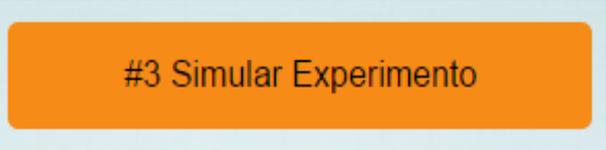
Descripción	Pulsar en el botón "Simular Experimento" y que se mueva la bobina y los cables correspondientes de la animación y cambie el párrafo explicativo.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 60: Botón Simular Experimento</i>
Resultado Esperado	Que se mueva la bobina y los cables correspondientes de la animación y cambie el párrafo explicativo.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 24: Prueba Dominio 008

- Prueba del Dominio 009

Descripción	Cambiar el valor de la Frecuencia en cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM, en un intervalo de mínimo 0 y máximo 12.
Entrada	Modificar el valor de la frecuencia hasta llegar al máximo y hasta llegar al mínimo.
Resultado Esperado	Que el mínimo sea 0 y el máximo 12.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 25: Prueba Dominio 009

- Prueba del Dominio 010

Descripción	Cambiar el valor de la Intensidad en cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM, en un intervalo de mínimo 0 y máximo 90.
Entrada	Modificar el valor de la intensidad hasta llegar al máximo y hasta llegar al mínimo.
Resultado Esperado	Que el mínimo sea 0 y el máximo 90.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 26: Prueba Dominio 010

- Prueba del Dominio 011

Descripción	Elegir un valor del dropdown de Espiras en cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM, que se cambie a ese valor y que cambie también el valor que aparece debajo de la imagen de la bobina.
Entrada	Elegir un valor del dropdown de Espiras en cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM.
Resultado Esperado	Que cambie a ese valor y que cambie también el valor que aparece debajo de la imagen de la bobina.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 27: Prueba Dominio 011

- Prueba del Dominio 012

Descripción	Elegir un valor del dropdown de Diámetro en cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM, que se cambie a ese valor y que cambie también el valor que aparece debajo de la imagen de la bobina.
Entrada	Elegir un valor del dropdown de Espiras en cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM.
Resultado Esperado	Que cambie a ese valor y que cambie también el valor que aparece debajo de la imagen de la bobina.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 28: Prueba Dominio 012

- Prueba del Dominio 013

Descripción	Si no está pulsado previamente, pulsar en el checkbox de "Confirmar Valores" para que se desabilite la posibilidad de cambiar los 3 parámetros iniciales de cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM.
Entrada	Pulsar en  <p style="text-align: center;"><i>Imagen 61: Checkbox Confirmar Valores</i></p>
Resultado Esperado	Que se desabilite la posibilidad de cambiar los 3 parámetros iniciales de cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 29: Prueba Dominio 013

- Prueba del Dominio 014

Descripción	Si está pulsado previamente, pulsar en el checkbox de "Cambiar Valores" para que se habilite la posibilidad de cambiar los 3 parámetros iniciales de cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM.
Entrada	Pulsar en  <p style="text-align: center;"><i>Imagen 62: Checkbox Cambiar Valores</i></p>
Resultado Esperado	Que se habilite la posibilidad de cambiar los 3 parámetros iniciales de cualquiera de las páginas de Dependencia de FEM.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 30: Prueba Dominio 014

- Prueba del Dominio 015

Descripción	Que se calcule la fuerza electromotriz y aparezca en el voltímetro una vez seleccionados todos los parámetros necesarios para su cálculo.
Entrada	Selecciónar un valor en todos los parámetros necesarios para el cálculo de la fuerza electromotriz.
Resultado Esperado	Mostrar el resultado del cálculo en el voltímetro.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 31: Prueba Dominio 015

- Prueba del Dominio 016

Descripción	Que no aparezca resultado numérico de la fuerza electromotriz en el voltímetro si no están seleccionados todos los parámetros necesarios para su cálculo.
Entrada	Selección solo algunos de los parámetros necesarios, no todos.
Resultado Esperado	Que no aparezca resultado numérico de la fuerza electromotriz en el voltímetro.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 32: Prueba Dominio 016

- Prueba del Dominio 017

Descripción	Que el resultado de la fuerza electromotriz cambie al instante según se va cambiando cualquiera de los parámetros necesarios para su cálculo, si todos tienen un valor.
Entrada	Cambiar cualquiera de los parámetros una vez que todos tengan un valor.
Resultado Esperado	Que el resultado de la fuerza electromotriz cambie al instante con el cambio en el parámetro.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 33: Prueba Dominio 017

- Prueba del Dominio 018

Descripción	Guardar un par de valores en la tabla pulsando "Guardar Valor" una vez que la fuerza electromotriz tenga un resultado numérico.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 63: Botón Guardar Valor</i>
Resultado Esperado	Que se guarden el par de valores Variable-FEM en la tabla.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 34: Prueba Dominio 018

- Prueba del Dominio 019

Descripción	Intentar guardar un par de valores en la tabla pulsando "Guardar Valor" cuando la fuerza electromotriz no tenga un resultado numérico.
Entrada	Pulsar en  <p><i>Imagen 64: Botón Guardar Valor</i></p>
Resultado Esperado	Que no se guarde el par de valores y además se muestre al usuario un mensaje diciendo que no ha seleccionado valores a guardar.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 35: Prueba Dominio 019

- Prueba del Dominio 020

Descripción	Seleccionar un valor de la tabla y pulsar en "Eliminar Valor" y que se elimine el valor.
Entrada	Seleccionar un valor de la tabla y pulsar en  <p><i>Imagen 65: Botón Eliminar Valor</i></p>
Resultado Esperado	Que se elimine el valor seleccionado de la tabla.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 36: Prueba Dominio 020

- Prueba del Dominio 021

Descripción	Una vez rellenada la tabla pulsar en "Realizar Ajuste" y ser redirigido a la página de análisis correspondiente.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 66: Botón Realizar Ajuste</i>
Resultado Esperado	Ser redirigido a la página de análisis correspondiente.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 37: Prueba Dominio 021

- Prueba del Dominio 022

Descripción	Pulsar en "Realizar Ajuste" cuando no esté rellenada toda la tabla.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 67: Botón Realizar Ajuste</i>
Resultado Esperado	Mostrar un mensaje al usuario diciéndole que rellene toda la tabla.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 38: Prueba Dominio 022

- Prueba del Dominio 023

Descripción	Pulsar en "Realizar Ajuste" en cualquiera de las páginas del ajuste habiendo realizado previamente un experimento.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 68: Botón Realizar Ajuste 2</i>
Resultado Esperado	Mostrar los valores del ajuste y la gráfica del ajuste.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 39: Prueba Dominio 023

- Prueba del Dominio 024

Descripción	Pulsar el "Realizar Ajuste" sin haber realizado previamente un ajuste.
Entrada	Pulsar en  <i>Imagen 69: Botón Realizar Ajuste 2</i>
Resultado Esperado	Mostrar un mensaje al usuario diciéndole que no ha realizado el experimento antes de realizar el ajuste.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 40: Prueba Dominio 024

- Prueba del Dominio 025

Descripción	Cambiar el ajuste de lineal a logarítmico.
Entrada	Cambiar el ajuste de lineal a logarítmico.
Resultado Esperado	Que se cambien los parámetros del ajuste a parámetros logarítmicos.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 41: Prueba Dominio 025

- Prueba del Dominio 026

Descripción	Cambiar el ajuste de logarítmico a lineal.
Entrada	Cambiar el ajuste de logarítmico a lineal.
Resultado Esperado	Que se cambien los parámetros del ajuste a parámetros lineales.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 42: Prueba Dominio 026

- Prueba del Dominio 027

Descripción	Realizar Ajuste después de haber cambiado a ajuste logarítmico.
Entrada	Pulsar en  <p style="text-align: center;"><i>Imagen 70: Botón Realizar Ajuste 2</i></p>
Resultado Esperado	Calcular los valores del ajuste con los parámetros logarítmicos.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 43: Prueba Dominio 027

- Prueba del Dominio 028

Descripción	Cambiar el valor del Eje X, y que se cambie automáticamente el valor del Eje Y y los puntos de la gráfica.
Entrada	Cambiar el valor del Eje X.
Resultado Esperado	Que cambie el valor del Eje X, y que se cambie automáticamente el valor del Eje Y y los puntos de la gráfica.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 44: Prueba Dominio 028

- Prueba del Dominio 029

Descripción	Cambiar el valor del Eje Y, y que se cambie automáticamente el valor del Eje X y los puntos de la gráfica.
Entrada	Cambiar el valor del Eje Y.
Resultado Esperado	Que cambie el valor del Eje Y, y que se cambie automáticamente el valor del Eje X y los puntos de la gráfica.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 45: Prueba Dominio 029

- Prueba del Dominio 030

Descripción	Pulsar en "Guardar Ajuste" para guardar el ajuste.
Entrada	<p>Pulsar en</p>  <p><i>Imagen 71: Botón Guardar Ajuste</i></p>
Resultado Esperado	Mostrar mensaje al usuario que el ajuste se ha guardado.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 46: Prueba Dominio 030

- Prueba del Dominio 031

Descripción	En la página de Discusión de Resultados seleccionar uno de los ajustes previamente guardados para que se muestren los datos de ese ajuste junto con su gráfica.
Entrada	Seleccionar uno de los ajustes disponibles en el dropdown.
Resultado Esperado	Mostrar los valores del ajuste seleccionado junto con su gráfica.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 47: Prueba Dominio 031

- Prueba del Dominio 032

Descripción	Si no se ha guardado un ajuste de una de las 4 categorías previamente (Frecuencia, Intensidad, Espiras, Diámetros), que el ajuste no esté disponible para seleccionarlo y ver sus datos.
Entrada	Intentar seleccionar un ajuste no guardado en el dropdown.
Resultado Esperado	Que el ajuste no esté disponible para selección.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 47: Prueba Dominio 032

- Prueba del Dominio 033

Descripción	Cambiar todas las preguntas disponibles a las preguntas correspondientes al ajuste seleccionado.
Entrada	Seleccionar un ajuste en el dropdown.
Resultado Esperado	Que cambien todas las preguntas disponibles a las preguntas correspondientes al ajuste seleccionado.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 48: Prueba Dominio 033

- Prueba del Dominio 034

Descripción	Seleccionar una de las opciones de cualquier pregunta y pulsar en "Comprobar Respuesta" para ver el resultado y que se cambien las imágenes en función de si se ha contestado bien o mal.
Entrada	Seleccionar una de las opciones de cualquier pregunta y pulsar en "Comprobar Respuesta".
Resultado Esperado	Que se vea el resultado y que se cambien las imágenes en función de si se ha contestado bien o mal.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 49: Prueba Dominio 034

11.2. Pruebas de la Interfaz

- Prueba de la Interfaz 001

Descripción	Hacer la página más grande haciendo Zoom-in.
Entrada	Ctrl+"+".
Resultado Esperado	Que todo siga en su sitio, pero aumentado de tamaño.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 50: Prueba Interfaz 001

- Prueba de la Interfaz 002

Descripción	Hacer la página más grande haciendo Zoom-out.
Entrada	Ctrl+"-".
Resultado Esperado	Que todo siga en su sitio, pero disminuido de tamaño.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 51: Prueba Interfaz 002

- Prueba de la Interfaz 003

Descripción	Permitir hacer scroll si cualquiera de las páginas tiene más contenido del que cabe en ella a primera vista.
Entrada	Introducir muchas líneas de texto en cualquiera de las páginas hasta sobrepasar el límite visible normal.
Resultado Esperado	Que aparezca una barra de scroll que permita bajar para ver el contenido completo.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 52: Prueba Interfaz 003

11.3. Pruebas en Dispositivos Móviles

- Prueba de Dispositivos Móviles 001

Descripción	Abrir todas las páginas y comprobar que todo se ve bien y en proporción.
Entrada	Abrir cada página desde el dispositivo móvil.
Resultado Esperado	Que todo se vea bien y en proporción.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 53: Prueba Dispositivos Móviles 001

- Prueba de Dispositivos Móviles 002

Descripción	Hacer zoom-in o zoom-out y comprobar que todo se sigue viendo bien y proporcionalmente.
Entrada	Hacer zoom-in o zoom-out.
Resultado Esperado	Que todo se siga viendo bien y proporcionalmente.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 54: Prueba Dispositivos Móviles 002

- Prueba de Dispositivos Móviles 003

Descripción	Hacer todas las pruebas del dominio descritas anteriormente, pero en el dispositivo móvil.
Entrada	Hacer todas las pruebas del dominio descritas anteriormente.
Resultado Esperado	El mismo resultado en cada una de las pruebas realizadas que el resultado en las pruebas del dominio.
Resultado Obtenido	Correcto.

Tabla 54: Prueba Dispositivos Móviles 003

12. Control, Seguimiento y Versiones

12.1. Objetivos Conseguidos

Generalmente se han conseguido todos los objetivos propuestos, se recalca "generalmente", porque algunos objetivos como que la página proporcione un aprendizaje bueno y diferente al alumno es imposible de cumplir hasta que no se ponga en manos de los propios alumnos que son los que van a ser los críticos finales. Parece que se va a cumplir la expectativa, pero hasta que no se comprueba no se puede saber con exactitud.

Se ha virtualizado correctamente la práctica real, con todos sus datos y funciones reales, incluso algunas ampliadas bastante.

Se añadieron los ejercicios/tests que fue uno de los objetivos principales al empezar el proyecto.

Se ha intentado que la página sea lo más fácil de usar posible, para que no haya malentendidos ni desuso por desconocimiento de funcionalidad

Se han realizado muchas pruebas para asegurar que el sistema no tiene fallos y no pueda dar resultados erróneos.

También se ha cumplido uno de los objetivos principales que es la posibilidad de acceder a la página desde un dispositivo móvil de cualquier tipo

Es posible que visualmente no cumpla todas las expectativas, pero eso es un detalle que se puede cambiar fácilmente una vez recopiladas las opiniones de los usuarios al respecto.

12.2. Control del Tiempo de Realización del Proyecto

La planificación inicial resultó ser bastante optimista, dado que no se llegó a cumplir del todo como se esperaba. La fase de inicio y gran parte de la de elaboración fueron relativamente según lo planeado, pero no se tuvieron en cuenta las vacaciones de Abril, las cuales retrasaron un poco el desarrollo del proyecto, porque para el seguimiento era imprescindible una reunión con el tutor, pero eso era imposible ya que justamente eran las vacaciones.

La implementación entera duró también más de lo esperado por falta de conocimientos sobre los lenguajes de programación usados, y como todos sabemos, en esto de la programación un problema se puede solucionar en 10 minutos o en 3 días si no se te ocurre como arreglarlo. Pero al fin y al cabo se acabaron por solucionar todos los problemas sin perder una cantidad exagerada de días.

También se perdieron algunos días sueltos por motivos personales y hubo que recuperar horas de trabajo los días posteriores, pero eso es casi imposible de evitar.

Al final se acabaron haciendo más iteraciones de las previstas en la implementación del proyecto para asegurarse que todo estaba en orden y tal y como se había previsto, y porque se introdujeron ciertos cambios finales para mejorar el proyecto en su totalidad.

Otra parte que se tardó bastante más de lo esperado en hacer fue la documentación, se esperaba que se pudiera realizar en pocos días como cualquier otro proyecto de la carrera, pero no se tuvo en cuenta que este es un proyecto mucho más extenso y que no se trabaja en equipo, sino individualmente. Lección aprendida.

También hubo algunas partes en las que se tardó menos de lo esperado finalizarlas, como por ejemplo la identificación de requisitos o casos de uso, tareas para las que se había dejado 1 o 2 días inicialmente pero en realidad cada tarea se hizo en un par de horas. Pero pocos casos hay en los que se tardó menos de lo esperado en vez de lo contrario.

12.3. Reuniones con el Tutor

Las reuniones con el tutor no supusieron ningún problema ya que se mostró muy comprensivo y a pesar de tener muchas tareas a realizar de otros proyectos o correcciones, siempre sacaba tiempo para comprobar que el desarrollo de este proyecto iba bien y según lo previsto, o a aclarar cualquier duda que pudiera surgir.

Se intentó que la mayoría de las reuniones fueran en horarios de tutorías (a no ser que se decidiera quedar en otro horario) para facilitar la labor y los horarios tanto del tutor como del alumno.

En estas reuniones se trataban todos los aspectos del proyecto, desde su inicio hasta su finalización. El tutor se encargaba de controlar el correcto desarrollo del proyecto a corregir fallos de comprensión, análisis o diseño que pudieran surgir.

12.4. Problemas Encontrados

Los problemas encontrados fueron principalmente la falta de tiempo y la dificultad de comprensión de la interacción entre ciertos lenguajes de programación.

Teniendo en cuenta que el proyecto es un laboratorio virtual de física, y que la asignatura de Física se cursó en primero de esta carrera, hay que destacar que los conocimientos adquiridos en dicha asignatura no estaban tan frescos como hace años, por lo que eso también supuso cierto problema, pero después de leer y recordar algunas cosas y de recibir explicaciones del tutor, este problema se solucionó.

También hubo ciertos problemas de diseño de la interfaz gráfica por ejemplo, pero se solucionaron después de algunas reuniones con el tutor.

La falta de tiempo condicionó bastante el desarrollo del proyecto y las horas diarias empleadas en ello, aunque en nuestra carrera no es nada nuevo no tener mucho tiempo para acabar algún proyecto, por lo que no quedó otra opción más que echar las horas necesarias y esperar que la planificación y los conocimientos adquiridos fuesen suficientes para acabar el proyecto.

También fue de cierta dificultad comprender como se interlazaban los lenguajes de programación HTML, CSS, Javascript, y PHP. Es verdad que hemos cursado asignaturas de HTML y CSS, pero siempre solo lo básico, y al ligar esos dos len-

guajes con Javascript y PHP, sobre cuyo funcionamiento no se tenía conocimiento previo, resultó ser algo más difícil de lo esperado e incluso a veces frustrante. Pero al final se consiguió el objetivo buscado - la realización del proyecto.

12.5. Versiones

Durante la realización del proyecto, obviamente hubo bastantes versiones, las cuales se pueden ver reflejadas en las copias de seguridad que se iban haciendo según se iba progresando. No todas tienen explicación porque en algunas los cambios eran menores y no tenían tanta importancia como para destacarlos.

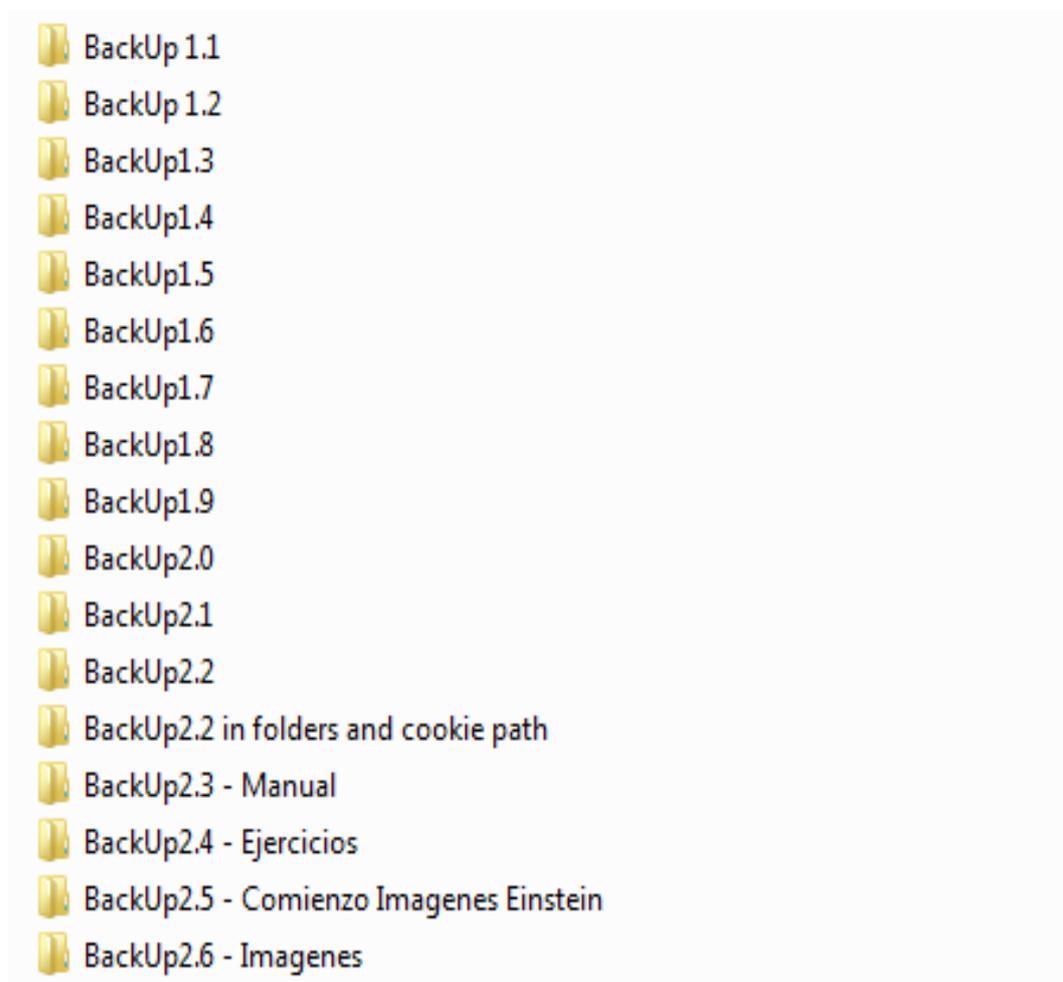


Imagen 72: Versiones 1

- BackUp2.7
- BackUp2.8
- BackUp2.9
- BackUp3.0 - Formulas analisis puestas bien
- BackUp3.1
- BackUp3.2 - antes de modificar numero de puntos de cada variable
- BackUp3.3
- BackUp3.4 - Remodelando diseño de cada pagina
- BackUp3.5 - Al cambiar ejes de ajuste se cambian los datos - falta cambiar ...
- BackUp3.6 - antes de cambiar los puntos
- BackUp3.7 - puntos de las graficas visibles - falta cambiar los puntos en dis...
- BackUp3.8 - grafica en discusion cambia segun cambio de ejes guardado
- BackUp3.9 - ajuste logaritmico hecho (Ln NO Log)
- BackUp4.0
- BackUp4.1 - photos
- BackUp4.2 - photos seleccionadas
- BackUp4.3
- BackUp4.4 - Recolocado
- BackUp4.5 - Montando Animacion
- backUp4.6 - Animacion Montada a falta de detalles
- backUp4.7
- BackUp4.8 - Falta Manual, Teoria y pruebas
- BackUp4.9 - Falta Teoria y pruebas
- BackUp5.0 - Recolocado y Falta Teoria
- BackUp5.1 - Modificada Animacion
- BackUp5.2 - Cambio Visual Ejercicios
- BackUp5.3 - Corregidos pequeños errores en notacion de resultados
- BackUp5.4 - Cambio preguntas segun ajuste

Imagen 73: Versiones 2

13. Conclusiones y Trabajo Futuro

13.1. Conclusiones

En conclusión, no ha sido fácil, pero el proyecto ha sido acabado con éxito, cumpliendo las expectativas iniciales, añadiendo alguna funcionalidad a mayores según se iba avanzando e integrándola a la planificación, análisis y diseño iniciales.

Se ha aprendido bastante con la realización del proyecto en todos los aspectos. Hasta ahora no había sido necesario realizar un proyecto de tal magnitud individualmente, por lo que esta experiencia ha sido de gran ayuda para comprobar el nivel de autosuficiencia, motivación y capacidad de resolución de problemas de uno mismo.

También se aprendió a programar en lenguajes de programación web como HTML o Javascript de manera relativamente suelta y fluente, detalle que será de gran ayuda a la hora de encontrar trabajo en el futuro.

No fue tan difícil hacer el análisis o el diseño, como implementar lo establecido por estos, debido a la experiencia adquirida durante la carrera en proyectos similares. La propia organización y planificación sí que resultaron un poco más difíciles ya que en cualquier proyecto realizado hasta ahora siempre se ha llevado a cabo en equipo, con varias cabezas pensando en vez de una, teniendo cada uno su tarea, pero siempre pudiendo preguntar al compañero por si se tenía alguna duda. Y es cierto que el tutor aclaraba las dudas generales que podían ir apareciendo, al fin y al cabo el que se tiene que enfrentar a los problemas pequeños de ese estilo es el alumno, por lo que fue una experiencia cuanto menos interesante.

El hecho de que uno de los objetivos era que se pudiera acceder a la página vía dispositivo móvil también fue un reto, porque hasta ahora no se había contemplado un proyecto así en la carrera. Se habían hecho aplicaciones móviles, y páginas web por separado, pero una página que se pudiera ver desde el dispositivo móvil no.

Se intentó seguir la planificación inicial, pero como en casi cualquier proyecto que se realice en un equipo, no fue posible seguirla al pie de la letra. Las razones de esto son varias y variadas, como por ejemplo la necesidad de parar algún que otro día para aclarar la cabeza y aclarar ideas, la dificultad de implementación de cierta parte del proyecto que se estimó un tiempo para su terminación y resultó ser otra, temas personales, etc...

Este proyecto, página web, laboratorio virtual o como cada uno lo quiera denominar es el primer escalón hacia la creación de todo un entorno virtual dedicado completamente a los experimentos realizados en el laboratorio de física, pero virtualizados. De esta manera no será tan obligatorio realizar la práctica real en X tiempo, con el estrés de acabarla como sea para no suspenderla en vez de preocuparse más por aprender algo de la experiencia. El alumno podrá acceder desde cualquier lugar y momento y dedicarle el tiempo que quiera para asegurarse de que aprenderá como funciona.

13.2. Trabajo Futuro

En cuanto al trabajo futuro, como ya se mencionó, esta página puede ser la primera de varias de su mismo estilo, que englobarán cada una de las prácticas del laboratorio de física reales, y que podrán ser unidas para formar un Laboratorio Virtual de Física que ayudaría a los alumnos a aprender muchas más cosas al ser la página interactiva.

Se podrían también ampliar los apartados de teoría según se vea necesario o conveniente.

La interfaz gráfica podría mejorarse bastante también, una vez testeada por los usuarios y apuntando quejas y sugerencias, dado que por ahora los únicos que la han probado han sido el tutor, el alumno, y pocos conocidos del alumno.

Es vital conocer la opinión de los usuarios para realizar los cambios necesarios, ya que los usuarios van a ser los propios alumnos, y si no les gusta o no les parece útil y no se hacen los cambios necesarios el proyecto habrá sido un fracaso total en cuanto a objetivo se refiere.

Se podrían añadir más ejercicios modificar los actuales dependiendo de las dificultades de los alumnos de cada año de la asignatura de Física

14. Contenidos del CD

Los contenidos del CD son los siguientes:

- Versión PDF de la memoria, llamado **memoria.pdf**.
- Una carpeta que contenga todo el software desarrollado llamada **Laboratorio Virtual**.
- Un ejecutable de instalación de WAMP Server si es necesario.
- Manual de instalación llamado **Manual de instalación.pdf**.

15. Referencias

- [1] <http://www.w3schools.com/>
- [2] <http://stackoverflow.com/>
- [3] <https://developers.google.com/chart/>
- [4] <http://www.en.didaktik.physik.uni-muenchen.de/rcls/index.html>
- [5] <http://php-estudios.blogspot.com.es/>
- [6] <https://www.youtube.com/> (Tutoriales)
- [7] <http://www.javascriptsource.com/>
- [8] <http://www.javascriptkit.com/>
- [9] <https://www.codeschool.com/learn/javascript>
- [10] <https://css-tricks.com/moment-css-started-making-sense/>
- [11] <http://php.net/manual/en/index.php>
- [12] <http://www.phptherightway.com/>
- [13] <http://www.tutorialspoint.com/php/>
- [14] <http://www.htmlcodetutorial.com/>
- [15] <https://www.codecademy.com/learn/web>
- [16] <https://codepen.io/>
- [17] <http://www.wampserver.com/en/>