



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Automatización del equipo de experimentación de plano

inclinado del Laboratorio de Física de la Universidad

Técnica Particular de Loja

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Autores: Ríos Jaramillo, Joffre Arturo

Sánchez Cruz, José Daniel

Director: Villamagua Conza, Luis Miguel

LOJA

2024



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2024

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, XX de agosto del 2024

Doctor

Francisco Alberto Sandoval Noreña

Director de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones

UTPL

Loja. -

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Titulación denominado: Automatización del equipo de experimentación de plano inclinado del Laboratorio de Física de la Universidad Técnica Particular de Loja, realizado por Rios Jaramillo, Joffre Arturo y Sánchez Cruz, José Daniel, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: PhD. Luis Miguel Villamagua Conza.

C.I.: 1104566045

Correo electrónico: lmvillamagua@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Nosotros, Ríos Jaramillo, Joffre Arturo y Sánchez Cruz, José Daniel, declaramos y aceptamos en forma expresa lo siguiente:

Ser autores del Trabajo de Titulación denominado: Automatización del equipo de experimentación de plano inclinado del Laboratorio de Física de la Universidad Técnica Particular de Loja, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo Uno. Se plantea el objetivo general del trabajo, Capítulo dos. Se presentan los trabajos afines al planteado, Capítulo tres. Se muestra la metodología planteada para cada parte del proyecto, Capítulo cuatro. La implementación aplicada al equipo de experimentación de plano inclinado, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Luis Miguel Villamagua Conza., director del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación con la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....
Autor: Joffre Arturo Ríos Jaramillo

C.I.: 1104717747

Correo electrónico: jarios10@utpl.edu.ec

.....
Autor: José Daniel Sánchez Cruz

C.I.: 1105807745

Correo electrónico:

jdsanchez10@utpl.edu.ec

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación lo dedico a mis padres Yofre Ríos y Janneth Jaramillo quiénes, con su amor y apoyo incondicional han podido guiarme y ser un soporte único e indispensable para poder alcanzar cada una de mis metas.

A mis hermanas Lis y Caro por estar siempre brindándome su apoyo y darme motivación para luchar por lo que quiero conseguir.

A Dios por darme la sabiduría y fortaleza para seguir creciendo como una persona de bien todos los días.

Joffre Ríos

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación lo dedico a mis padres José Miguel Sánchez y Jenny Patricia Cruz por ser mi apoyo incondicional durante estos largos de años para culminar mi carrera y su apoyo constante en el tema educativo y en el tema personal.

A mi novia María Emilia y a mi hijo José Eduardo por ser mi más grande motivación y apoyo para lograr culminar el presente trabajo, todo lo que hago es para ellos.

A mi hermana María Fernanda por su apoyo y comprensión en los momentos más difíciles de este trabajo.

A mis amigos Max, Digar, Javier, Jonathan por su apoyo y amistad durante todos los años de carrera universitaria.

A Dios por darme la sabiduría y habilidad para crecer como persona y lograr las metas propuestas.

José Daniel Sánchez.

Agradecimiento

De manera muy especial agradecemos al Ingeniero Luis Miguel Villamagua Conza por su paciencia, acertada dirección y sobre todo la calidad humana demostrada durante el desarrollo del presente proyecto. A nuestros docentes quienes nos han sabido compartir su conocimiento y formarnos para poder desarrollarnos en nuestra vida profesional.

¡Gracias por su apoyo!

Joffre Ríos y José Daniel Sánchez.

Índice de contenido

<i>Aprobación del director del Trabajo de Titulación</i>	II
<i>Declaración de autoría y cesión de derechos</i>	III
<i>Dedicatoria</i>	V
<i>Dedicatoria</i>	VI
<i>Agradecimiento</i>	VII
<i>Índice de contenido</i>	VIII
<i>Índice de tablas</i>	X
<i>Índice de figuras</i>	X
<i>Resumen</i>	1
<i>Abstract</i>	2
<i>Introducción</i>	3
<i>Problemática</i>	3
<i>Alcance</i>	3
<i>Justificación</i>	4
<i>Objetivos</i>	4
<i>Objetivo general</i>	4
<i>Objetivos específicos</i>	4
<i>Metodología</i>	4
<i>Capítulo uno</i>	6
<i>Ingeniería Conceptual</i>	6
1.1 Trabajos Relacionados	6
<i>Capítulo dos</i>	7
<i>Ingeniería básica</i>	7

2.1	Requisitos del sistema	7
2.2	Involucrados	7
2.3	Desarrollo	8
2.3.1	<i>Funcionamiento Básico</i>	8
2.3.1.1	<i>Parte mecánica</i>	9
2.3.1.2	<i>Parte electrónica</i>	10
2.3.1.3	<i>Parte software</i>	10
	Capítulo tres	12
	Implementación	12
3.1	Implementación de la parte mecánica	12
3.1.1	<i>Implementación de la estructura</i>	12
3.1.2	<i>Implementación de la polea</i>	12
3.1.3	<i>Implementación del sistema de aire</i>	15
3.2	Implementación de la parte electrónica	12
3.3	Implementación de la parte de software	19
3.4	Implementación de la interfaz para el usuario	23
	Conclusiones	25
	Recomendaciones	26
	Referencias	27
	Apéndice	28
	Apéndice A. Análisis	28
	Apéndice B. Código general para posicionamiento, mediciones y funcionamiento de actuadores en Arduino	28
	Apéndice C. Código para funcionamiento servidor ESP8266	35

Índice de tablas

Tabla 1	17
Tabla 2.....	18
Tabla 3.....	19

Índice de figuras

Figura 1	5
Figura 2	9
Figura 3	11
Figura 4	13
Figura 5	14
Figura 6	14
Figura 7	15
Figura 8	15
Figura 9	16
Figura 10	17
Figura 11	20
Figura 12	20
Figura 13.....	22
Figura 14	23
Figura 15.....	24

Resumen

El presente trabajo describe la automatización del equipo de experimentación de plano inclinado del laboratorio remoto de física, se muestra el: diseño e implementación de este.

La arquitectura hardware consiste en: un riel de aluminio que se inclina con el accionamiento de un motor paso a paso, una vez se alcanza el ángulo deseado, el cuerpo, el cual está en reposo sobre él, es liberado mediante el accionamiento de un electroimán, el objeto se desliza sin fricción gracias al aire que es soplado por una bomba bajo su estructura, además se obtiene la distancia y tiempo que demora en recorrer el objeto cierta parte del plano. La arquitectura software está conformada por: control de posicionamiento, tratamiento de datos y la plataforma de interacción cliente-experimento. Para corroborar el desempeño del equipo se desarrollaron X experimentos por cada ángulo, se utilizaron 7 ángulos en intervalos de 5° , siendo 5° el inicial, en donde se pudo apreciar que el máximo error relativo es de X% en XX ángulos, y xx% el mínimo error en los ángulos xx° y xx° .

Palabras clave: plano inclinado, automatización, laboratorios remotos.

}

Abstract

The present work describes the automation of the inclined plane experimentation gadget of the remote physics laboratory, it shows: the design and implementation of it.

The hardware architecture consists of an aluminum rail that tilts with the drive of a stepper motor, once the desired angle is reached, the body, which rests on it, is released by the drive of an electromagnet, the object slides without friction by means of the blown air by a pump under its structure, in addition, we can measure the distance and the time the object takes to pass at certain distances of the plane. The software architecture is made up of positioning control, data processing and the client-experiment interaction platform. For validating the gadget performance, XX experiments were developed for each angle, 6 angles were used in intervals of 5 grades, being 5 grades the initial one, where it could be inferred that the maximum relative error is xx% in the angle of xx grades, and xx% the minimum error in the angle of xx grades.

Keywords: inclined plane, automation, remote laboratories.

Introducción

Problemática

Desde el 2021 se viene gestionando la implementación del laboratorio remoto de física de la Universidad Técnica particular de Loja, mismo que podrá ser usado tanto por los estudiantes de la modalidad presencial como los estudiantes de la modalidad a distancia, a partir de abril 2023.

Los avances que se han obtenido a lo largo de este tiempo han sido: la elaboración y puesta en marcha de 7 prototipos y también la obtención de un espacio físico (aula 945) para la construcción del laboratorio.

De entre los equipos que fueron realizados por estudiantes de la UTPL, se encuentra el equipo de plano inclinado que muestra un correcto funcionamiento y puede ser utilizada por los docentes y estudiantes de la institución, ya sea de forma presencial o remota (mediante un dispositivo móvil que se encuentre conectado a la red de internet).

Debido a que los estudiantes que realizaron el primer prototipo no contaban con un financiamiento adecuado, utilizaron dispositivos de bajo coste y reciclados, un ejemplo de esto es que el motor usado fue extraído de un scooter eléctrico. A partir de esto el tamaño del prototipo estaba ligado al tamaño de los componentes lo cual lo vuelve un equipo de un tamaño considerable, reduciendo el espacio del laboratorio para la colocación de otros experimentos.

Alcance

El presente proyecto debe constar como mínimo con dos sensores de distancia los cuales estarán ubicados al extremo del prototipo, constará también de un motor paso a paso para realizar el movimiento del plano inclinado, además tendrá un electroimán para sostener el objeto con el cual se realizará el experimento.

El proyecto debe permitir la comunicación inalámbrica entre un dispositivo externo (teléfono móvil o computador) y el prototipo para la manipulación de las características previas a la realización de un experimento.

Justificación

El presente trabajo es importante ya que busca resolver el principal problema del prototipo de experimentación de plano inclinado del laboratorio de Física de la UTP, en el apartado del tamaño el cual es considerablemente grande y ocupa un espacio dentro del mismo laboratorio, reduciendo la posibilidad de poder instalar más prototipos y sobre todo la dificultad de su mantenimiento en la parte posterior.

Objetivos

Objetivo general

- Automatizar el equipo de experimentación de plano inclinado del laboratorio de física.

Objetivos específicos

- Analizar el estado actual del prototipo.
- Proponer mejoras para aumentar el rendimiento del prototipo.
- Implementar las mejoras que mejor se adecuen al prototipo.
- Validar el prototipo con las mejoras realizadas.

Metodología

La metodología por usar en este trabajo de fin de titulación será la de engineering design (ingeniería de diseño), para lo cual se tratará las siguientes fases

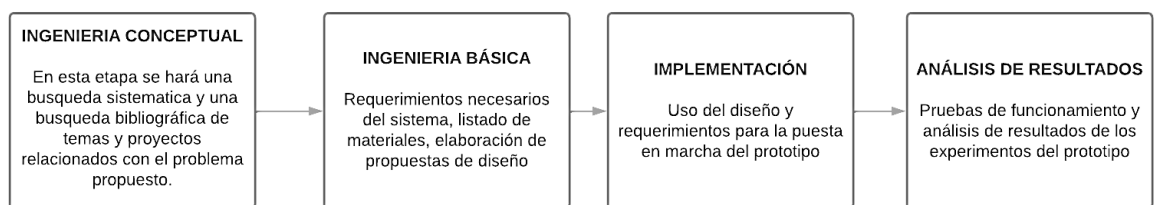
1. Ingeniería conceptual: en esta etapa se examinará la documentación relacionada con este proyecto, que ayudará a aclarar conceptos básicos. Se debe tener en cuenta esta etapa antes de realizar algún diseño o solución del prototipo propuesto
2. Ingeniería básica: en esta etapa se hará un listado de requerimientos y materiales necesarios para el posterior desarrollo de propuestas de solución, además de la propuesta de diseño de la maqueta.

3. Implementación: en la fase final, se hará la implementación de las mejores propuestas de la fase anterior, tomando en cuenta todos los requerimientos antes mencionados.
4. Análisis de resultados:

En la siguiente figura se resume la metodología a usar:

Figura 1

Metodología de trabajo



Capítulo uno

Ingeniería Conceptual

1.1 TRABAJOS RELACIONADOS

Ardilla et al. (2011) proponen dos experimentos de plano inclinado, el primero es un prototipo que está conformado por cuatro sensores de luz, que monitorean el movimiento de un vehículo a escala, que empieza su movimiento a una altura determinada por el usuario de forma manual. El segundo prototipo usa un motor paso a paso para mover una rampa y determinar el ángulo al cual se va a realizar el experimento, también permite cambiar el tipo de superficie para variar los datos de coeficiente de rozamiento y velocidad.

Celin et al. (2017) para su proyecto de plano inclinado usan dos sensores infrarrojos para determinar los tiempos del experimento, el cronometro del experimento comienza a contar cuando el objeto pasa por el segundo sensor y se detiene cuando el objeto pasa por el primer sensor. Cabe recalcar que el ángulo del experimento es ingresado manualmente y que el segundo sensor es móvil, aumentando así las posibilidades de experimentación al cambiar el ángulo de caída y el tiempo de caída del objeto.

Zomeño Zambudio, (2016) propone el uso de dos motores paso a paso para el movimiento de una plataforma de plano inclinado que posteriormente moverá un vehículo a escala con un peso determinado por el usuario para la variación de experimentos, también usa un sensor ultrasónico para determinar la posición del vehículo y así poder accionar los motores paso a paso.

Gallego et al. (2010) propone el uso de cuatro sensores ópticos para determinar los tiempos de caída de un objeto ubicado en una plataforma, que consta de un electroimán que sostiene el objeto para que el usuario coloque la plataforma a un determinado ángulo para posteriormente realizar el experimento. El prototipo proporciona únicamente los datos de tiempo de los cuatro sensores.

En base a los trabajos relacionados se puede observar que la mayoría de estos no se encuentran operando dentro de un laboratorio remoto, lo cual es un motivo para intervenir en la realización de prototipos para un laboratorio remoto.

Capítulo dos

Ingeniería básica

En el presente capítulo se presenta el proceso de ingeniería básica para la automatización del prototipo, tomando en cuenta los módulos o partes mecánica, electrónica, software y resultados del prototipo anterior para poder plantear una mejora en cuanto a su parte mecánica, electrónica y software que conforman el mismo.

2.1 Requisitos del sistema

El sistema debe contar con un motor paso a paso para el movimiento del plano inclinado, un electroimán para sostener el objeto que se va a deslizar por el plano y dos sensores ultrasónicos para medir la distancia hacia el objeto. La regulación de los ángulos del plano será realizada de manera externa a la maqueta, mediante software.

Durante el desarrollo del experimento, se requerirá la capacidad de seleccionar un ángulo dentro de un rango específico, lo que desencadenará el movimiento del motor paso a paso para posicionar el objeto. Seguidamente, se pondrá en marcha la bomba de aire para eliminar la fricción, se desactivará el electroimán para permitir que el objeto se desplace libremente por el plano, permitiendo a los sensores iniciar las mediciones. Al alcanzar el punto final del plano inclinado, este llevará a cabo un proceso de reinicio para regresar a la posición inicial de 0° y, posteriormente, se exhibirán en una interfaz las distancias y tiempos registrados durante el experimento.

2.2 Involucrados

Este proyecto representa una colaboración entre los estudiantes de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la UTPL y el Laboratorio de Física de la misma universidad. Su objetivo es abordar eficazmente el desafío relacionado con las dimensiones del prototipo de plano inclinado.

El Laboratorio de Física de la UTPL experimenta un crecimiento constante, impulsado por su compromiso con la innovación. En esta línea, se enfoca en la creación de nuevos prototipos destinados a la experimentación tanto de los estudiantes como de individuos externos, aprovechando la implementación de laboratorios remotos. Este enfoque busca no solo enriquecer el aprendizaje interno, sino también fomentar la colaboración e intercambio de conocimientos con aquellos fuera de la comunidad universitaria.

Los estudiantes de Electrónica y Telecomunicaciones de la UTPL destacan por su apasionado deseo de demostrar sus conocimientos y contribuir de manera significativa a la comunidad. Su compromiso con la excelencia académica se refleja en su constante búsqueda de oportunidades para aplicar sus habilidades en proyectos innovadores. Estos estudiantes no solo buscan destacar en sus estudios, sino también están motivados por un fuerte sentido de responsabilidad social, buscando activamente maneras de utilizar sus conocimientos para mejorar y beneficiar a la comunidad en general.

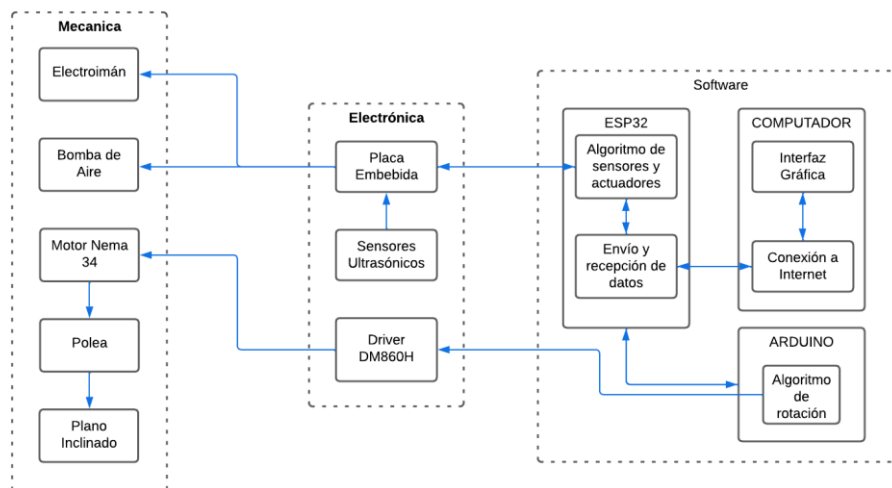
2.3 Desarrollo

2.3.1 *Funcionamiento Básico*

El presente trabajo consta de tres partes principales las cuales funcionan de manera complementaria una con otra y son: parte mecánica, parte electrónica y software.

Figura 2

Funcionamiento general del proyecto



El equipo ya constaba de sus partes mecánica, electrónica y software, anteriormente diseñadas e implementadas, pero para su respectiva automatización fue desmontado y rediseñado en todas sus partes principales para implementar los componentes nuevos junto con el nuevo diseño y software.

Estas nuevas partes están descritas en los siguientes puntos y están divididas en tres, detalladas a continuación:

2.3.1.1 Parte mecánica

El equipo consta de una parte mecánica, la cual está conformada por un motor paso a paso nema 34, este está acoplado en su parte frontal con un sistema de polea con correa, la polea es del mismo tamaño en ambos lados y está integrada acoplada a un eje de acero el cual en uno de sus extremos está soldado en una base de acero, la cual es la base para el movimiento del plano inclinado.

El plano inclinado está fabricado a base a base de aluminio y su forma es triangular y, en su parte superior con forma de "V" invertida, es donde se desliza el cuerpo a prueba, es hueco en el centro por donde circula una corriente de aire y tiene una longitud de 1,5 metros. El acople del plano es una base que fue realizada

anteriormente en una platina en forma de L, esta base está acoplada a un eje de acero.

La estructura, en la cual se apoyan los componentes mecánicos y electrónicos es una caja metálica con espacio suficiente y medidas para adecuar los componentes nuevos, ésta fue reciclada de un proyecto anterior.

2.3.1.2 Parte electrónica

El sistema electrónico, está conformado por dos circuitos integrados programables, el primero microcontrolador es un Arduino Uno. Está programado para recibir las señales de los dos sensores ultrasónicos HC-SR04, de igual forma para activar y desactivar dos relés, uno del electroimán y otro de la bomba de aire, además en este, se realiza el control del movimiento del motor paso a paso.

El segundo circuito programable consta de un módulo ESP8266. Este sistema electrónico realiza la comunicación a través de una red WiFi. Este módulo tiene la función de levantar un servidor, donde se tiene una página web con una interfaz gráfica.

Se realizó el diseño e implementación de una placa electrónica para facilitar y mejorar el sistema de conexiones de los diferentes componentes, esta placa consta de una entrada de 5V para alimentar al Arduino y los dos relés, los demás componentes están alimentados independientemente por la red de energía eléctrica convencional, esto para poder garantizar el voltaje respectivo y evitar sobrecargas en las fuentes de alimentación.

2.3.1.3 Parte software

El apartado de software está constituido de tres partes principales, estas son: algoritmo de control del sistema, algoritmo del tratamiento de datos y software para permitir la interacción con el usuario.

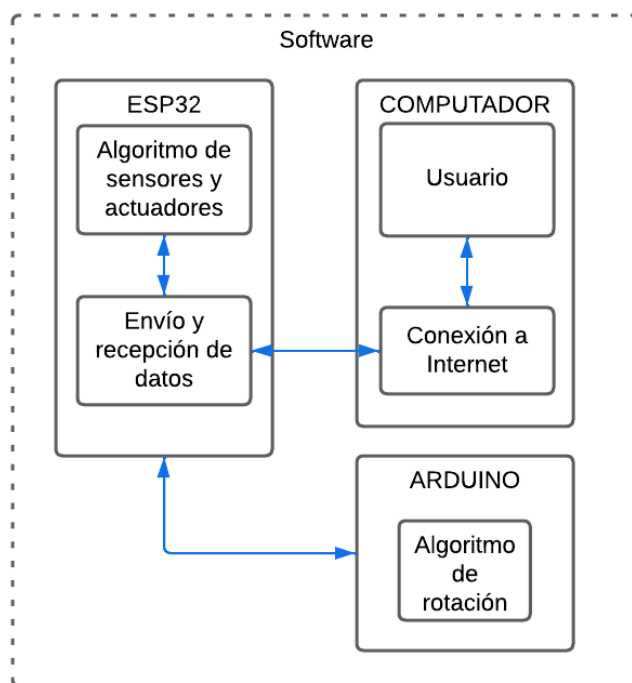
Para el control del sistema se tiene el control de la inclinación del plano a cierto grado el cual es especificado por el usuario, el cual internamente es controlado por el

driver del motor paso a paso permitiendo el movimiento del mismo a la posición deseada. Para el control de la fricción se envía una señal cuando el experimento se inicia, esta enciende la bomba de aire para anular la fricción. Para el control de posicionamiento del cuerpo que se desliza, el cual está sobre el plano inclinado en una posición inicial, se tiene los sensores que trabajan conjuntamente para obtener la distancia que se tiene a lo largo del plano, al final de cada experimento cuando este se encuentra en la posición final, se realiza un algoritmo de retorno al punto inicial.

En la figura 3 se puede observar el diagrama de software del prototipo

Figura 3

Diagrama de software



Para el tratamiento de datos se consideró las dos magnitudes físicas que hay en el experimento, estas son la distancia la cual está representada en varias posiciones que varían de acuerdo al ángulo del experimento, y los tiempos que nos entrega Arduino cuando se finaliza un experimento, con estos datos se logró diseñar un modelo analítico del comportamiento del cuerpo, estos resultados son exportados

a una tabla de Excel, donde se pudo modelar estos datos, para poder realizar una comparación con valores de un modelo ideal para encontrar el menor error posible.

Para la interacción con el usuario se utilizó la respectiva programación del módulo ESP8266 para poder realizar la configuración de la presentación de la página web, en donde el usuario va a poder interactuar en forma que se pueda ingresar el ángulo deseado para realizar el experimento, en conjunto con la configuración de botones y datos a presentarse en la misma. Estos datos anteriormente tratados, los cuales son distancia en cm y tiempo en segundos, son presentados en este apartado de la interfaz web, de la cual se puede exportar dichos datos en formato CSV por medio de un botón previamente configurado.

Capítulo tres

Implementación

Con los dimensionamientos vistos en el capítulo anterior, se procede con la construcción de los módulos electrónico, mecánico y software los cuales conforman el proceso de automatización del modelo final del equipo. Se detalla los materiales utilizados para la implementación de la parte física y los dispositivos utilizados para la parte de configuración electrónica. De igual forma se presenta la aplicación del módulo software que posibilita la interacción del sistema con el usuario.

El equipo se encuentra fijado a una pared de madera, esta se encuentra en un lugar donde tiene espacio suficiente para su correcto movimiento evitando golpear o chocar con algún objeto externo al equipo.

El sistema electrónico cuenta en su placa diseñada con un fusible para evitar cualquier quema de los componentes por algún tipo de sobrecarga.

3.1 Implementación de la parte mecánica

3.1.1 Implementación de la estructura

La construcción del equipo fue realizada en una caja metálica con un solo compartimiento, en el cual se logró la distribución de los componentes electrónicos y ciertas

partes mecánicas. Se eligió la caja metálica debido a que fue reciclada de un proyecto anterior que fue dado de baja y que por sus materiales de construcción permiten que la base para sujetar los componentes sea sólida y se pueden fijar todo de una manera adecuada, y gracias a sus medidas nos entregaba el espacio necesario para realizar la adaptación y armado de nuestro equipo. Esta caja se encuentra fijada con tornillos junto a una pared en unas cintas metálicas que le brindan un soporte rígido, está ubicada a una altura adecuada para centrar el eje que sale del motor hacia el plano inclinado, su función es soportar los componentes electrónicos y ciertos componentes mecánicos. En la figura 3 se observa el diseño de la caja utilizada.

Figura 4

Caja metálica utilizada

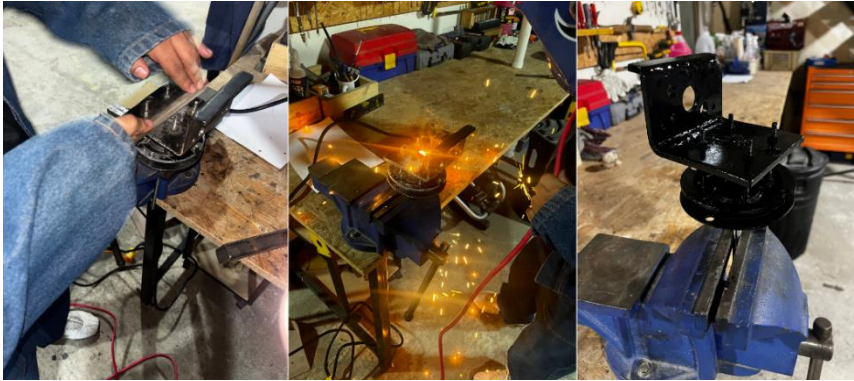


Dentro de la caja se colocó un soporte de madera el cual sirve para sujetar el eje de acero que va al plano inclinado con dos chumaceras. De igual forma se colocó un eje de acero junto a una base de madera para la inmovilización del motor por el peso del plano inclinado cuando está en movimiento.

La base para que repose el plano se realizó mediante el acoplamiento de una platina en forma de L que con un eje de acero y una polea para poder realizar el movimiento. En la figura 4 se muestra el proceso de unión de los elementos antes mencionados

Figura 5

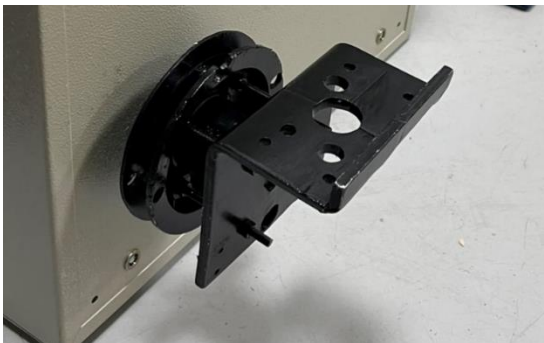
Acople de platina de acero y eje de acero



En la figura 5 se muestra el elemento ya ensamblado en la caja metálica para el funcionamiento del plano inclinado.

Figura 6

Base de platina en forma de L

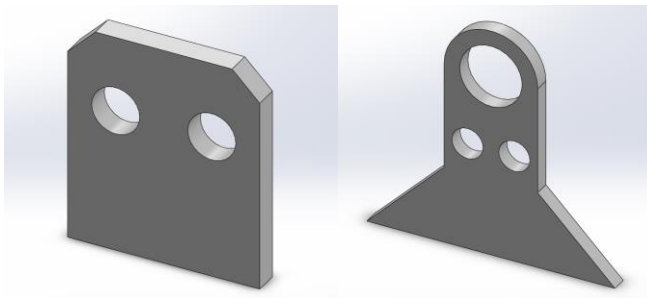


Se diseñó dos bases plásticas, presentadas en la figura 6, las cuales van una en cada extremo del plano, con la función de sujetar, en el punto inicial del plano, al electroimán y un

sensor HC-SR04 y, en el punto final, al segundo sensor HC-SR04 en el otro extremo; estos igualmente al ser instalados van con un caucho delgado cortado a la medida de las bases plásticas para evitar la fuga del aire que entra a la cámara de aire del plano.

Figura 7

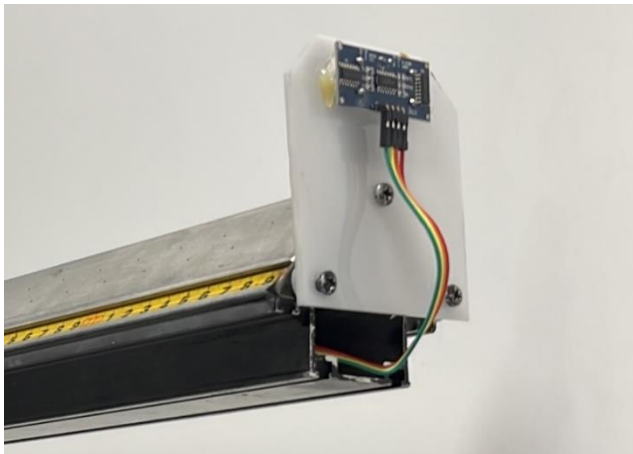
Diseño de Bases Plásticas



En la figura 7 se puede observar las bases ya instaladas en el plano inclinado.

Figura 8

Base y soporte fin del plano inclinado



3.1.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA POLEA

El sistema de polea está colocado directamente en la punta del eje del motor paso a paso, él cual fue cortado y acoplado con ayuda de torno para calzar de forma precisa, y la otra parte de la polea está colocada en el eje de acero, en el cual se realizó una perforación

para poder fijar la polea y ésta no quede con ningún movimiento ni juego, como se puede apreciar en la figura 7, el cual está acoplado a la base en forma de L que sujeta el plano, de esta manera se consigue que el plano se mueva con la mayor precisión a una relación 1:1 tal como se mueve el motor, de esta manera se tiene que el movimiento que realiza el motor se va a replicar en el plano de la misma manera.

Figura 9

Perforación en eje de acero para asegurar polea



Para asegurar el sistema de polea se utilizó una base de madera junto con 3 chumaceras, este sistema se puede observar en la figura 8, que ayudan a la rotación del eje manteniendo el peso del plano inclinado con su correcta ubicación para que no choque ni roce con nada.

Figura 10

Sistema con chumaceras para asegurar el plano inclinado



Los componentes utilizados en este sistema de polea se encuentran detallados en la tabla

1.

Tabla 1

Materiales utilizados para la construcción del sistema de polea

Componente	Cantidad	Descripción
Polea	2	Polea dentada de aluminio de 2 cm de diámetro
Correa de distribución	1	Correa dentada de caucho de 52 cm
Pasador	2	Pasador de tubo de aluminio de 4 cm
Eje de acero	1	Eje de acero de 30 cm
Chumacera	3	Chumaceras de 8 mm

3.1.3 Implementación del sistema de aire

El sistema del aire fue realizado de manera distinta al prototipo anterior, se reemplazó el sistema de inyección de aire que tenía por los extremos mediante tubos hacia la cámara de aire, por un sistema de entrada de aire que está colocado en el centro del plano y llega directo hacia la cámara de aire. Este fue realizado con una perforación con una broca especial para metal con la que se fue realizando el ajuste necesario para que la manguera de entrada de aire quede ajustada, de igual forma consta con la única salida de aire por los orificios en la superficie del plano, permitiendo así que el cuerpo levite sobre él y se evita el rozamiento del objeto sobre el mismo.

La bomba de aire está controlada por el Arduino Uno y esta se acciona cuando se va a realizar un experimento, por lo que se encuentra apagada hasta que sea necesaria su activación al iniciar un experimento. De la bomba de aire sale una manguera anillada de 3/4", la que nos sirve para guiar el aire desde la bomba hacia el plano inclinado, a una manguera lisa de 3/4" y éstas se encuentran conectadas directamente mediante un reductor de 3/4" a 1" y aseguradas con una abrazadera de acero. Los componentes utilizados para este sistema se encuentran en la tabla 2.

Tabla 2

Materiales utilizados para el sistema de aire

Componente	Cantidad	Descripción
Manguera anillada	1	PVC de 2" de 31,5"
Manguera lisa	1	PVC de 3/4" de 1,5 metros
Abrazadera	1	Acero de 3/4"
Reductor	1	PVC de 3/4" a 1"
Bomba de aire	1	Operación a 110V

3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA

En este apartado se realizó el diseño e implementación de una placa embebida en la cual se conecta el módulo Arduino, el módulo ESP8266, sensores ultrasónicos HC-SR04, dos relés para control del electroimán y bomba de aire, ésta placa está alimentada con una fuente independiente de 12VDC, los distintos dispositivos utilizados para la configuración de esta están detallados en la tabla 2.

Tabla 3

Componentes utilizados en la placa electrónica

Componentes	Cantidad	Descripción
Microcontrolador	1	Arduino Uno
Microcontrolador	1	ESP8266
Sensor ultrasónico	2	HC-SR04
Actuadores	2	Módulo Relé 5V
Regulador voltaje	1	L7805CV
Regulador variable voltaje	1	Regulador de 12V a 5V
Diodo	3	
Diodo varactor	2	
Resistor	2	1.2k Ohms 5%
Resistor	1	220 Ohms 5%
Condensadores	3	Diferentes capacidades.
Fusible	1	5 amperes.
Buzzer/Zumbador	1	Buzzer de 5V
Bornera	3	Bornera de 3 pines.
Bornera	1	Bornera de 2 pines.
Pin conector	8	2 grupos de 4 pines agrupados para conexión.

Los sensores ultrasónicos fueron conectados y controlados directamente desde el microcontrolador Arduino Uno, estos sensores funcionan con sus transductores de ultrasonido que se utilizan conjuntamente para determinar la distancia del sensor al objeto colocado al frente. El funcionamiento consiste en que se emite una ráfaga de ultrasonido a través del transductor transmisor, este viaja por el aire hasta encontrar algún objeto y es ahí cuando la onda sonora emitida rebota en el objeto y regresa al módulo.

Estás mediciones realizadas durante lo que dura el experimento se envían al Arduino y son almacenadas para luego presentarlas en la parte de la interfaz con el usuario.

En la figura 9 se muestra el diagrama del diseño para los componentes de la placa embebida y en la figura 10 el diagrama de conexión de los estos.

Figura 11

Diagrama de diseño de placa embebida

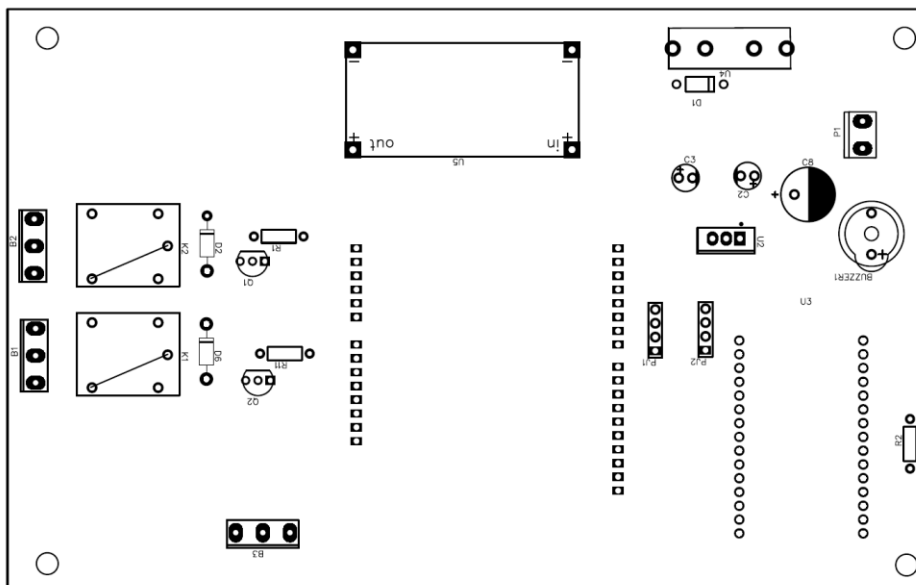
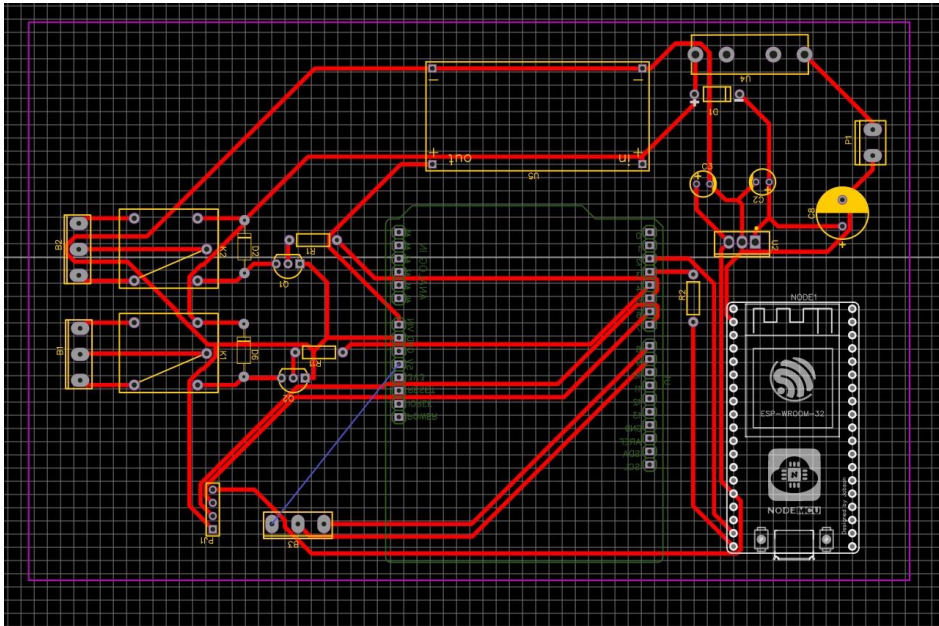


Figura 12

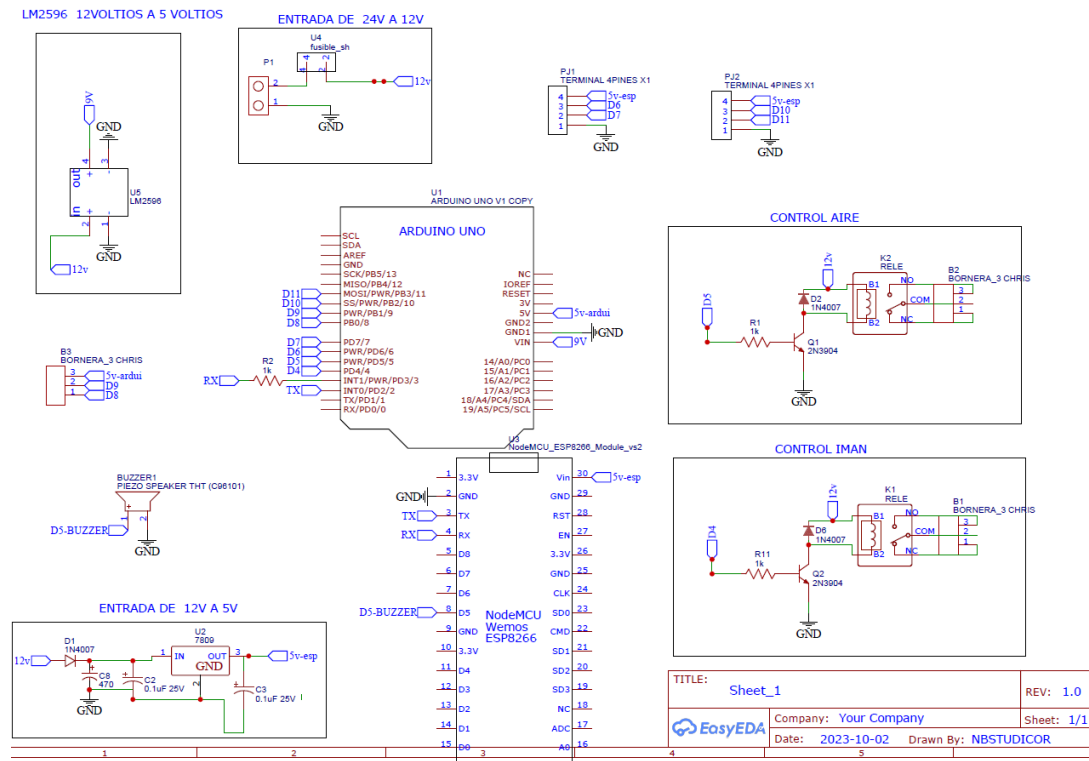
Diagrama de conexión de placa embebida diseñada



En la figura 11 se puede observar el diagrama de conexión que se utilizó para los diferentes módulos electrónicos que conforman equipo de experimentación.

Figura 13

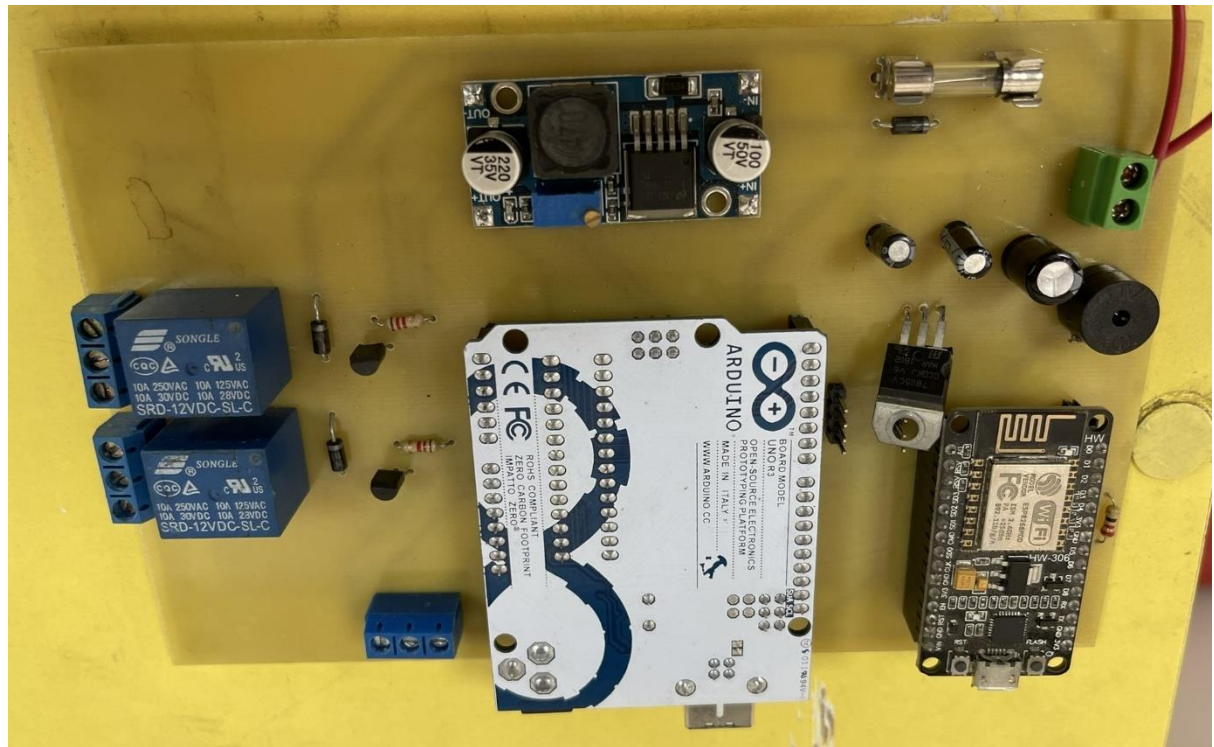
Diagrama de conexión de módulos electrónicos



En la figura 12 podemos observar los componentes empleados para la conexión de este módulo. Esta placa embebida se encuentra adherida en una de las bases de la caja metálica que es la estructura base del equipo de experimentación.

Figura 14

Ejecución de la placa embebida para Arduino y ESP8266



3.3 Implementación de la parte de software

El apartado de programación de los dos microcontroladores utilizados fue desarrollado en la plataforma IDE de Arduino v1.8.19 para Windows, este software es libre y de código abierto, su lenguaje de programación es C y nos facilita la programación mediante librerías proporcionadas por la misma compañía.

Se utilizó Excel para realizar el procesamiento de los datos de tiempo, en este se pudo realizar varios métodos estadísticos para la interpretación de los resultados mediante tablas, gráficos y ecuaciones.

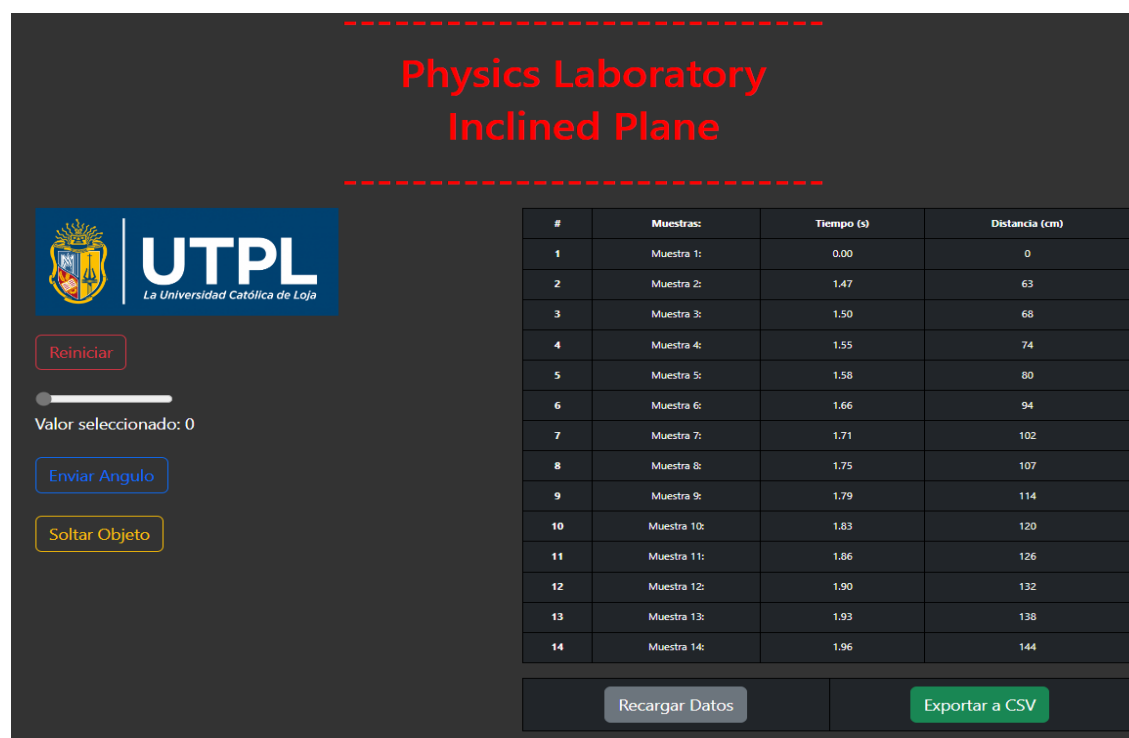
3.4 Implementación de la interfaz para el usuario

En la figura 13, se muestra la interfaz desarrollada, el acceso es mediante un dispositivo móvil o computador conectado a la misma red WiFi del prototipo.

Esta plataforma consta de una tabla en donde se puede observar las variables de tiempo y posición para la cantidad de muestras obtenidas, un botón “Recargar Datos” el cual nos actualiza los datos de la tabla una vez realizado un experimento, un botón “Exportar a CSV” para exportar a un documento de Excel los datos obtenidos de las variables tiempo y distancia, una barra para seleccionar el ángulo deseado, este se encuentra en un rango de 5 a 35°, un botón “Enviar Ángulo” con el cuál se envía el ángulo deseado al plano inclinado, un botón “Soltar Objeto”, el cual da inicio al experimento, y un botón “Reiniciar”, el cual reestablece todos los valores de la tabla.

Figura 15

Interfaz gráfica



Conclusiones

Con la automatización del equipo de experimentación se puede evidenciar que es una actualización exitosa del prototipo anterior, capaz de brindarnos más datos para que el usuario final tenga un ambiente práctico, intuitivo y de fácil acceso para complementar su aprendizaje en ciencias físicas, satisfaciendo el objetivo general.

Con los resultados obtenidos, concluimos que el equipo cumple las necesidades requeridas por los estudiantes para realizar experimentaciones sin necesidad de una intervención manual.

Con las pruebas realizadas, se concluye que el rango de operación óptimo del equipo es de 5° a 25° , con esto garantizamos el funcionamiento correcto del mismo, ya que se evita conseguir pocas mediciones al tener ángulos muy elevados y caída del vehículo por la velocidad que alcanza.

Recomendaciones

Se recomienda realizar una correcta calibración de los sensores ultrasónicos, para evitar las mediciones erróneas.

Para realizar los experimentos se recomienda que la bomba de aire se encuentre en el nivel máximo para reducir completamente la fricción.

Se recomienda utilizar una correa dentada de caucho y que se encuentre bien templada para evitar que esta se deslice o corra por el peso del plano.

El área de operación del plano no debe presentar obstáculos, ya que su medida de 1.50 metros de largo, podría fácilmente golpear algún objeto cercano.

Recomendamos utilizar materiales de buena calidad puesto que el equipo debe estar encendido por tiempos considerables.

Referencias

- Ardila Urueña, W., Gallego Becerra, H. A., & Orozco Gallego, H. (2011). Diseño y Construcción de Prototipos para Experimentos de Física 1. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 5(9), 186-189.
- Gallego, H. A., Santa, J. J., & Ardila Ureña, W. (2010). PLANO INCLINADO CON CUATRO SENSORES. *Scientia et Technica Año XVI*, 44.
- Celin Mancera, W., Solano Mazo, C., & Molina Coronell, J. (2017). Plano Inclinado con dos sensores para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. *Espacios*, 38(20), 9-18.
- Zomeño Zambudio, D. H. (2016). *Maqueta didáctica en plano inclinado para control de posición*. Universidad Politécnica de Cartagena.

Apéndice

Apéndice A. Análisis

Apéndice B. Código general para posicionamiento, mediciones y funcionamiento de actuadores en Arduino

```
#include <Separador.h>

Separador s;

#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial mySerial(2, 3); // RX, TX (Ejemplo: usa el pin 8 como RX y el pin 9 como TX)

//***** CONFIGURACION MOTOR*****//

#include <AccelStepper.h>

const int stepPin = 9; // Pin de pulso (PUL+ del DM860H)
const int dirPin = 8; // Pin de dirección (DIR+ del DM860H)
AccelStepper stepper(1, stepPin, dirPin); // Configura el controlador AccelStepper

//***** VARIABLES ULTRASONIDO*****//

const int EchoPin1 = 6;

const int TriggerPin1 = 7;

const int EchoPin2 = 10;

const int TriggerPin2 = 11;

int distanciaAnterior = 0; // Variable para almacenar la distancia anterior

unsigned long tiempoInicio, tiempoFinal;

float tiempoTranscurrido;

float tiempo_total = 0;

int lumbral = 80;

int lumbral2 = 70;

int cm1 = 0;

int cm2 = 0;
```

```
//*****//
```

```
//***** VARIABLES GLOBALES*****//
```

```
boolean estado_ubicacion = false;
```

```
boolean activar_distnacia_1 = false;
```

```
boolean activar_distnacia_2 = false;
```

```
boolean estado_cadena = false;
```

```
boolean activar_metodo = false;
```

```
boolean estado_lectura = false;
```

```
int ultimoMultiplo5cm = 0;
```

```
String cadena = "A,0.00,0,";
```

```
int cm = 0;
```

```
//*****//
```

```
//***** PIN ARDUINO*****//
```

```
int ventilador = 4;//Arduino
```

```
int iman = 5;//Arduino
```

```
//int angulo_anterior = 0;
```

```
//*****//
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600); // Inicia la comunicación serial con el monitor serie
```

```
  mySerial.begin(9600); // Inicia la comunicación serial en el nuevo pin y velocidad deseada
```

```
  stepper.setMaxSpeed(100.0); // Velocidad máxima en pasos por segundo (ajusta según tus
  necesidades)
```

```
  stepper.setAcceleration(50.0); // Aceleración en pasos por segundo^2 (ajusta según tus necesidades)
```

```
  stepper.setCurrentPosition(0); // Establece la posición actual en 0 grados
```

```
//***** CONFIGURACION ULTRASONIDO*****//
```

```
pinMode(TriiggerPin1, OUTPUT);
```

```
pinMode(EchoPin1, INPUT);
```

```

pinMode(TriplePin2, OUTPUT);
pinMode(EchoPin2, INPUT);
//distanciaAnterior = ping(TriplePin, EchoPin);
//*****//
pinMode(ventilador, OUTPUT);//Arduino
pinMode(iman, OUTPUT);//Arduino
digitalWrite(iman, HIGH);//Arduino
delay(3000);
}
void(* resetFunc) (void) = 0;
void loop() {

String receivedData = "";
if (estado_lectura == false) {
while (mySerial.available() > 0) {
receivedData = mySerial.readStringUntil('\n');
int palabra_1 = receivedData.indexOf("Evento_1");
int palabra_2 = receivedData.indexOf("Evento_2");
int palabra_3 = receivedData.indexOf("A,");
if (palabra_1 != -1 ) {

} else if ( palabra_2 != -1) {
tiempoInicio = millis();
estado_lectura = true;
activar_metodo = true;
// Serial.println("Iniciando proceso.....");
//
mySerial.println("A,0.666,150,4.145,140,1.145,130,2.142,120,3.142,110,8.142,100,0.452,90,
0.152,80,0.142,70,0.152,60,3.142,50,0.142,40,2.145,30,0.452,20,1.182,10,");

```

```

    } else if ( palabra_3 != -1) {
        angulo_de_brazo(s.separa(receivedData, ',', 1));
    }
}
}

// Serial.println(cm);

if (activar_metodo == true && estado_cadena == false ) {
    calcular_distancias();
    //
        mySerial.println("A,0.666,150,4.145,140,1.145,130,2.142,120,3.142,110,8.142,100,0.452,90,
        0.152,80,0.142,70,0.152,60,3.142,50,0.142,40,2.145,30,0.452,20,1.182,10,");
    // Serial.println("Ejecutando");
}
}
int a = 0;
void calcular_distancias() {
    if (a == 0) {
        digitalWrite(ventilador, HIGH);//Arduino
        delay(100);
        digitalWrite(iman, LOW);//Arduino
        for (int i = 0 ; i <= 10; i++) {
            cm = distancia_actual() ;
            delay(100);
            if (i == 10) {
                Serial.println("Enviar");
            }
        }
    }
}

```

```

a = 1;
} // Serial.println("Salio");
cm = distancia_actual() ;
if (distanciaAnterior + cm >= 10) {
    // Calcula la distancia desde la última vez que se registró 5 cm adicionales
    int distanciaDesdeUltimo5cm = cm - distanciaAnterior;
    if (distanciaDesdeUltimo5cm >= 5) {
        // Si la distancia aumentó en al menos 5 cm, registra tiempo y distancia
        //Serial.print("Distancia: ");
        // Serial.println(cm);
        distanciaAnterior = cm;
        tiempoFinal = millis();
        tiempoTranscurrido = (float)(tiempoFinal - tiempoInicio) / 1000;
        //Serial.print("El tiempo transcurrido es: ");
        tiempo_total += tiempoTranscurrido;
        //Serial.println(tiempoTranscurrido, 4);
        tiempoInicio = millis();

        cadena += String(tiempo_total) + "," + String(cm) + ",";
        // Calcula el último múltiplo de 10 cm registrado
        ultimoMultiplo5cm = cm - (distanciaDesdeUltimo5cm % 5);
    }
}

if (cm >= 144 ) {
    digitalWrite(ventilador, LOW); //Arduino
    for (int i = 0; i <= 10; i++) {
        mySerial.println(cadena);
        Serial.println(cadena);
    }
}

```

```
}  
Serial.println("Apagando equipo");  
Serial.println(cadena);  
estado_lectura = false;  
activar_metodo = false;  
posicion_inicial();  
  
}  
}  
  
int distancia_actual() {  
    int cm_total = 0;  
    if (estado_ubicacion == false) {  
        cm1 = ping(TriggerPin1, EchoPin1) ;  
        cm_total = cm1;  
    }  
    if (cm1 > lumbral ) {  
        estado_ubicacion = true;  
    }  
    if (estado_ubicacion == true) {  
        cm2 = ping(TriggerPin2, EchoPin2) ;  
        int valor = lumbral2 - cm2 ;  
        int cm2_edit = lumbral + valor;  
        cm_total = cm2_edit;  
    }  
    delay(10);  
    return cm_total;  
}  
  
int ping(int TriggerPin, int EchoPin) {
```

```

long duration, distanceCm;
digitalWrite(TriigerPin, LOW);
delayMicroseconds(4);
digitalWrite(TriigerPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TriigerPin, LOW);
duration = pulseIn(EchoPin, HIGH);
distanceCm = duration * 10 / 292 / 2;
if (distanceCm < 0 || distanceCm >= 150) {
    distanceCm = 0;
}
return distanceCm + 4;
}

void angulo_de_brazo(String valor) {
    int angulo = valor.toInt() * -1;
    long targetSteps = map(angulo, 0, 360, 0, 1600); // Ajusta según tu configuración
    stepper.moveTo(targetSteps); // Mueve el motor a la posición deseada
    while (stepper.distanceToGo() != 0) { // Realiza el movimiento
        stepper.run();
    }
}

void posicion_inicial() {
    digitalWrite(iman, LOW); // Arduino
    angulo_de_brazo(String(-10));
    digitalWrite(ventilador, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(iman, HIGH); // Arduino
    delay(4000);
}

```

```

digitalWrite(ventilador, LOW);

delay(100);

angulo_de_brazo(String(4));

delay(3500);

resetFunc();
}

void angulo_de_retorno(String valor) {
    int angulo = valor.toInt();

    long targetSteps = map(angulo, 0, 360, 0, 1600); // Ajusta según tu configuración
    stepper.moveTo(targetSteps); // Mueve el motor a la posición deseada
    while (stepper.distanceToGo() != 0) { // Realiza el movimiento
        stepper.run();
    }
}
}

```

Apéndice C. Código para funcionamiento servidor ESP8266

```

#include <Separador.h>

Separador s;

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <ESP8266WebServer.h>

String inputString = ""; // Variable para almacenar la cadena recibida
boolean stringComplete = false; // Bandera para indicar si se ha completado la cadena

const char* ssid = "Plano Inclinado";
const char* password = "Planoinclinado2023";

String estado = "sin_estado";

ESP8266WebServer server(80);

String Distancia[14];

String Tiempo[14];

boolean estado_lectura = false;

```

```
int buzzer = 14;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  for (int i = 0; i < 14; i++) {
    Distancia[i] = "0";
    Tiempo[i] = "0";
  }

  // Conexión a la red WiFi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Conectando a WiFi...");
  }
  Serial.println(" ** Conectado ** ");
  Serial.println("SSID: " + WiFi.SSID());
  Serial.println("Dirección IP: " + WiFi.localIP().toString());
  Serial.println("ESP MAC: " + WiFi.macAddress());
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  digitalWrite(buzzer, HIGH); // Activa el buzzer
  delay(1000); // Espera 1 segundo
  digitalWrite(buzzer, LOW); // Desactiva el buzzer
  // Configura las rutas del servidor
  server.on("/", HTTP_GET, handleRoot);
  server.on("/set-state", HTTP_GET, handleSetState); // Nueva ruta para recibir el estado
  server.on("/set-angulo", HTTP_GET, handleSetAngulo);
```

```
// Inicia el servidor
server.begin();

}

void loop() {
  server.handleClient();
  String receivedData = "";
  boolean StringReady = false;
  if (estado_lectura == true) {

    while (Serial.available() > 0) {
      receivedData = Serial.readStringUntil('\n');
      StringReady = true;
    }
    // Serial.println("Cadena: " + receivedData);
  }

  if (StringReady == true) {

    for ( int i = 0; i < 14; i++) {
      int tiempoIndex = i * 2 + 1;    // Índice para Tiempo[]
      int distanciaIndex = i * 2 + 2; // Índice para Distancia[]

      String condicion = s.separa(receivedData, ',', tiempoIndex);
      if (!condicion.isEmpty()) {
        Tiempo[i] = s.separa(receivedData, ',', tiempoIndex);
        Distancia[i] = s.separa(receivedData, ',', distanciaIndex);
      }
    }
  }
}
```

```

    } else {
        Tiempo[i-1] = "0";
        Distancia[i-1] = "0";
    }
}
// for (int i = 0; i < 14; i++) {
//Serial.println("Datos: " + Tiempo[i]);
// }
delay(2000);
digitalWrite(buzzer, HIGH); // Activa el buzzer
delay(500); // Espera 1 segundo
digitalWrite(buzzer, LOW); // Desactiva el buzzer
delay(500);
digitalWrite(buzzer, HIGH); // Activa el buzzer
delay(500); // Espera 1 segundo
digitalWrite(buzzer, LOW); // Desactiva el buzzer

//delay(1000); // Espera 1 segundo
estado_lectura = false;
}
}

void handleRoot() {
    String html = "<!DOCTYPE html><html><head>";
    html += "    <link    href='https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.3.0/dist/css/bootstrap.min.css'
        rel='stylesheet'>";
    html += "<script src='https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.3.0/dist/js/bootstrap.min.js'></script>";
    // html += "<link    href='https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/6.2.0/css/all.min.css'
        rel='stylesheet'>";

```

```

html += "<style>";
html += "body { text-align: center;background-color: #333;color: #fff; }"; /* Puedes ajustar este valor
      al gris oscuro que desees */
/* Color de texto en contraste */
html += ".container { display: flex; justify-content: space-between; margin: 0 auto; width: 60%; }";
html += ".left { width: 30%; text-align: left; }";
html += ".center-text { text-align: center; }";
html += ".right { width: 65%; text-align: right; }";
html += ".label { margin-right: 10px; }";
html += ".text-input { margin-right: 10px; }";
html += ".button-style { margin-bottom: 20px; }";
html += ".separator {width: 200px; display: inline-block; }";
html += "table { margin: 0 auto; }"; // Centra la tabla horizontalmente
html += "table, th, td { border: 1px solid black; border-collapse: collapse; }"; // Agrega bordes a la tabla
html += "th, td { padding: 6px; text-align: center; font-size: 10px; }"; // Estilos para celdas de la tabla
      th, td {
html += "tr {height: 8px;}";
html += "</style>";
html += "<script>";

html += "function recargarPagina() {";
html += "  location.reload();";
html += "}";

html += "function sendValue(valor) {";
html += "  fetch('/set-state?estado=' + valor)";
html += "    .then(response => response.json());";
html += "    .then(data => {";
html += "      if (data.success) {";
html += "        alert('Valor enviado al ESP8266: ' + valor);";

```

```

html += "    } else {";
html += "        alert('Error al enviar el valor al ESP8266');"
html += "    }";
html += "});";
html += "}";

html += "function enviarAngulo() {";
html += "    var perilla = document.getElementById('perilla');"
html += "    var valorSeleccionado = perilla.value;"

html += "    fetch('/set-angulo?angulo=' + valorSeleccionado);

html += "    .then(response => response.json());

html += "    .then(data => {";
html += "        if (data.success) {";
html += "            alert('Angulo enviado al ESP8266: ' + valorSeleccionado);";
html += "        } else {";
html += "            alert('Error al enviar el angulo al ESP8266');"
html += "        }";
html += "    });";
html += "}";

html += "function exportToCSV() {";
html += "    var csvData = 'Muestras:, Tiempo (s), Distancia (cm)\n'; // Encabezado CSV
for (int i = 1; i < 15; i++) {
    html += "    csvData += 'Muestra " + String(i) + ":," + Tiempo[i - 1] + "," + Distancia[i - 1] + "\n'; //
        Datos de ejemplo
    // html += "    csvData += 'Muestra 1:," + Tiempo[i - 1] + "," + Distancia[i - 1] + "\n'; // Datos de
        ejemplo
}

// Puedes agregar más filas de datos aquí si es necesario

```

```

html += " var blob = new Blob([csvData], { type: 'text/csv;charset=utf-8;' });";
html += " var url = URL.createObjectURL(blob);";
html += " var link = document.createElement('a');";
html += " link.href = url;";
html += " link.setAttribute('download', 'datos.csv');";
html += " document.body.appendChild(link);";
html += " link.click();";
html += "};";

html += "function updateLabel() {";
html += " var perilla = document.getElementById('perilla');";
html += " var valor = document.getElementById('valor');";
html += " valor.innerHTML = perilla.value;";
html += "};";
html += "</script>";

html += "</head><body>";
html += "<h1 style='color: red;'> ----- </h1>";
html += "<h1 style='color: red;'> Physics Laboratory </h1>";
html += "<h1 style='color: red;'> Inclined Plane </h1>";
html += "<h1 style='color: red;'> ----- </h1>";
html += "<div class='container'>";

// Lado izquierdo con botones
html += "<div class='left'>";

html += " <img src='https://www.utpl.edu.ec/sites/default/files/archivos/marca%20UTPL%202018-01.png' width='282' height='113' class='button-style'><br>";
html += " <button class='button-style btn btn-outline-danger' onclick='sendValue(\"dato_1\")'> Reiniciar </button><br>";
html += " <input type='range' id='perilla' min='0' max='35' value='0' oninput='updateLabel()'><br>";

```

```

html += "<label>Valor seleccionado: <span id='valor'>0</span></label><br><br>";
html += "<button onclick='enviarAngulo()' class='btn btn-outline-primary'>Enviar
        Angulo</button><br><br>";
html += "<button class='button-style btn btn-outline-warning' onclick='sendValue(\"dato_2\")'>Soltar
        Objeto</button><br>";

html += "</div> ";

html += "<div class='separator'></div>"; // Divisor entre las columnas
// Lado derecho con labels y textos
html += "<div class='right'>";

html += "<table class='table table-hover table-dark'>";
html += "<tr>";
html += "<th scope='col'>#</th>";
html += "<th scope='col'>Muestras:</th>";
html += "<th scope='col'>Tiempo (s)</th>";
html += "<th scope='col'>Distancia (cm)</th>";
html += "</tr>";

for (int i = 0 ; i < 14; i++) {

    html += "<tr>";
    html += "<th scope='row'>" + String(i+1) + "</th>";
    html += "<td>Muestra " + String(i+1) + "</td>";
    html += "<td>" + Tiempo[i] + "</td>";
    html += "<td>" + Distancia[i] + "</td>";
    html += "</tr>";
}

```

```

}

// Agrega más filas de datos aquí si es necesario

html += "</table>";

html += " <table class='table table-hover table-dark'>";

html += " <thead>";

html += " <tr>";

html += " <th scope='col'><button onclick='recargarPagina()' class='btn btn-secondary'>Recargar
        Datos</button></th>";

html += " <th scope='col'><button onclick='exportToCSV()' class='btn btn-success'>Exportar a CSV
        <i class='fas fa-file-excel'></i></button></th> ";

html += " </tr>";

html += " </thead> ";

html += "</table>";

/*

html += "<button onclick='recargarPagina()' class='btn btn-secondary btn-lg'>Recargar
        Pagina</button>";

html += "<button onclick='exportToCSV()' class='btn btn-success'>Exportar a CSV <i class='fas fa-
        file-excel'></i></button>";

*/

html += "</div>";

html += "</div>";

html += " <br></div></div></body></html>";

server.send(200, "text/html", html);

}

```

```
void handleSetState() {  
    String estadoRecibido = server.arg("estado");  
  
    if (estadoRecibido == "dato_1") {  
        // Realiza acciones para "dato_1"  
        estado = "Dato 1 recibido";  
        Serial.println("Evento_1");  
        ESP.restart(); // Reiniciar el ESP8266  
        // Agrega aquí el código para lo que desees hacer con "dato_1"  
    }  
    if (estadoRecibido == "dato_2") {  
        // Realiza acciones para "dato_2"  
        Serial.println("Evento_2");  
        delay(2000);  
        estado = "Dato 2 recibido";  
        estado_lectura = true;  
        // Agrega aquí el código para lo que desees hacer con "dato_2"  
    } else {  
        // Estado desconocido  
        estado = "Estado desconocido";  
    }  
    estado = estadoRecibido;  
    String response = "{\"success\": true}";  
    server.send(200, "application/json", response);  
  
}  
void handleSetAngulo() {
```

```
String anguloRecibido = "A," + server.arg("angulo");
```

```
Serial.println(anguloRecibido);
```

```
String response = "{\"success\": true}";
```

```
server.send(200, "application/json", response);
```

```
}
```