



Instituto Tecnológico  
de Buenos Aires

## Trabajo Final

31.99 - Mecatrónica Aplicada

31.82 - Sistemas Mecatrónicos

Grupo N°6

Titular de cátedra: Perfumo, Lucas Alberto

Adjunto: Vega, Maximiliano

Legajo N°	Alumnos
61431	Nicolás Bustelo
61439	Jose Conrado Hormachea
61459	Franco Nieto
62012	Santiago Feldman

06/12/2024

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Proyecto <i>Inertia</i></b>	<b>2</b>
2.1. Selección de componentes principales . . . . .	2
2.2. Diagrama de conexionado . . . . .	2
2.3. Carcasa y sistema físico . . . . .	2
<b>3. Proyecto <i>FreeFall</i></b>	<b>3</b>
3.1. Selección de componentes . . . . .	3
3.2. Diagrama de conexionado . . . . .	4
3.3. Carcasa y sistema físico . . . . .	4
3.4. Implementación final . . . . .	5
<b>4. Código Implementado</b>	<b>6</b>
<b>5. Costos</b>	<b>6</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>7</b>

## 1. Introducción

El objetivo del trabajo final de la materia es realizar un dispositivo que permita medir la inercia de un cuerpo, y por otro lado un dispositivo que permita medir el roce viscoso del aire en base a la caída libre de un objeto.

El criterio para ambos dispositivos era que se pueda reproducir con facilidad, que funcione con baja tensión así puede ser utilizado por alumnos sin correr riesgo eléctrico y que la interfaz sea amigable con el usuario para poder realizar los experimentos de una manera sencilla en los laboratorios de la materia Física I.

## 2. Proyecto *Inertia*

Este proyecto busca medir la inercia de un objeto en un eje determinado. Para esto, se coloca el cuerpo sobre un disco que posee una cuerda enrollada. En la otra punta de la cuerda se ubica otro cuerpo de masa conocida. Este último se deja caer haciendo girar el disco con el objeto deseado y se mide la rotación con un encoder rotativo de alta resolución. En base a la aceleración calculada a partir de la rotación, se logra determinar cuál es la inercia del objeto.

### 2.1. Selección de componentes principales

Para el armado del dispositivo se cuenta con una computadora llamada ESP-WROOM-32 capaz de leer los datos del sensor y transmitirlos vía wifi. El sensor rotacional es el Encoder Rotativo Incremental Fotoeléctrico modelo LPD3806-600BM-G5-24C capaz de funcionar con 5 Vdc.

### 2.2. Diagrama de conexiónado

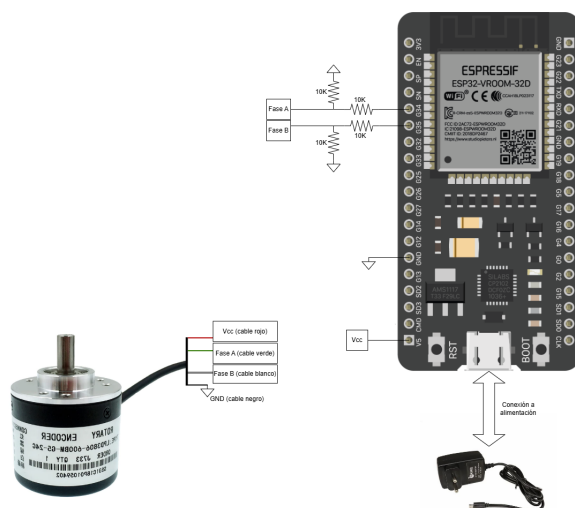


Figura 1: Conexionado del proyecto de medición inercial.

### 2.3. Carcasa y sistema físico

Para el sistema físico y posicionamiento de los componentes electrónicos, Se realizaron dos consideraciones. En primer lugar, se diseñaron alojamientos para ubicar la computadora de control y el encoder rotativo, de manera de poder conectarlos de manera segura. Además, se incluyó un orificio para poder conectar la ESP a un cargador de 5Vdc de manera de poder alimentar el dispositivo por el puerto USB. Por otro lado, se debieron incluir poleas para guiar el hilo que une el disco del encoder

con el cuerpo de masa conocida que se deja caer.

Todos los componentes se imprimieron utilizando PLA de calidad comercial. Para la unión de los componentes del conjunto, se utilizaron tornillos M3.



Figura 2: Diseño del encapsulado del dispositivo de medición inercial.

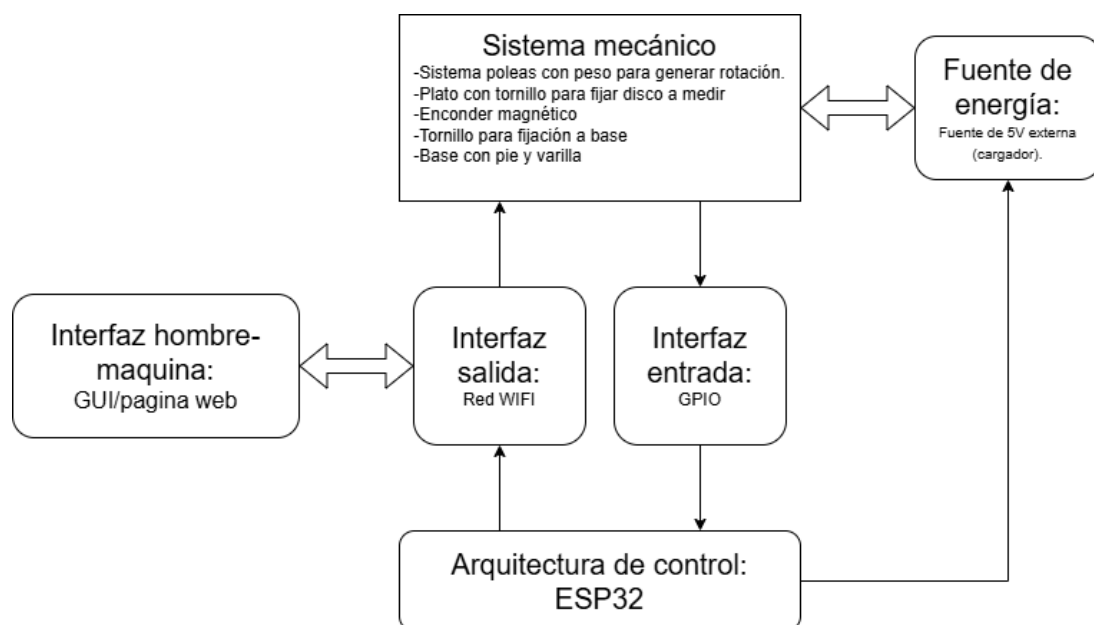


Figura 3: Diagrama en bloques.

### 3. Proyecto *FreeFall*

El objetivo de este dispositivo es lograr medir el roce del aire sobre un objeto en caída libre. Para esto, se utiliza un sensor de ultrasonido para registrar la posición en caída libre de filtros de café (se usan estos filtros dado su poco peso y gran superficie). En base a los datos registrados, se puede determinar el valor del roce viscoso del aire sobre los filtros.

#### 3.1. Selección de componentes

Para el armado del dispositivo se cuenta con una computadora llamada ESP-WROOM-32 capaz de leer los datos del sensor y transmitirlos vía wifi. El sensor de ultrasonido es el GY-US42V2 el cual

puede detectar distancias desde los 20cm hasta los 720cm con una resolución de 10mm y utiliza comunicación I2C para la obtención de los datos.

### 3.2. Diagrama de conexionado

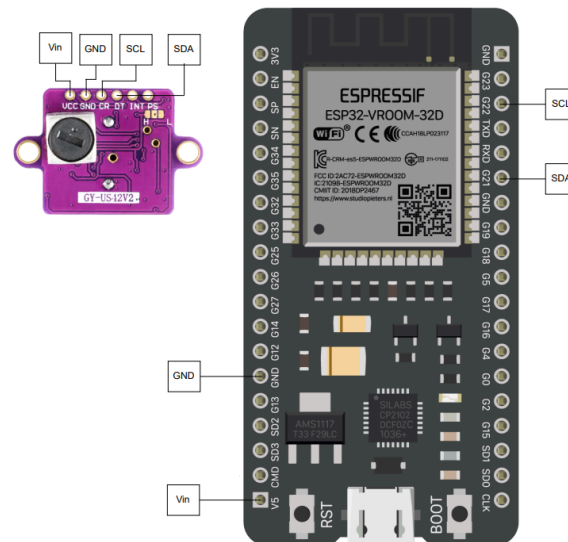


Figura 4: Conexionado del proyecto FreeFall.

### 3.3. Carcasa y sistema físico

El diseño de este conjunto es más simple que el anterior, puesto que solamente requiere de un encapsulado de los componentes, puesto que no es necesario vincular un cuerpo al sensor para poder realizar la medición. Al igual que en el dispositivo anterior, se utilizaron tornillos M3 y se contempló dejar un orificio para el puerto de alimentación.



Figura 5: Diseño del encapsulado del dispositivo de medición ultrasónico.

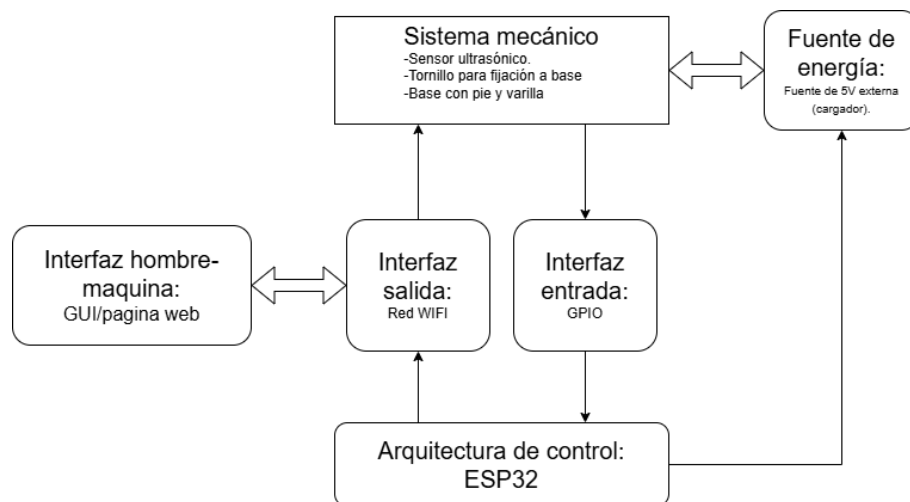


Figura 6: Diagrama en Bloques.

### 3.4. Implementación final



## 4. Código Implementado

Para ambos proyectos, y con el objetivo de facilitar su uso dentro del Departamento de Física-I, se implementó la placa ESP32 configurada en modo punto de acceso (access point). Esto permite que el dispositivo funcione como un emisor de señal Wi-Fi, al cual cada usuario podrá conectarse para utilizar la red en sus respectivos dispositivos. Además, se diseñó una página web específica para cada proyecto, la cual permite a los usuarios interactuar de manera intuitiva con los datos proporcionados por los sensores. El código de la ESP32 fue desarrollado en forma general, pero con la flexibilidad necesaria para adaptarse a las particularidades de cada sensor implementado en cada proyecto.

El dispositivo funciona capturando datos desde el sensor, los cuales son transmitidos en tiempo real mediante un protocolo *WebSocket*. Este protocolo permite una comunicación bidireccional eficiente entre el dispositivo y una página web, asegurando que los datos fluyan continuamente sin necesidad de realizar múltiples solicitudes. En el *frontend*, específicamente con Java, se realizaron los cálculos para determinar la velocidad y la aceleración a partir de los datos recibidos. Estos cálculos se realizan utilizando una fórmula basada en el promedio de valores discretos cercanos, como  $velocidad = (x(n-1) + x(n+1))/2$ , lo que permite aproximar los valores de forma precisa. Además, los datos pasan por un proceso de suavizamiento mediante un filtro de media móvil, que reduce las fluctuaciones y el ruido inherente a los datos discretos, ofreciendo así una representación más estable y confiable de las mediciones.

Cada dispositivo, al encenderse, genera una señal WiFi con un nombre que identifica tanto el proyecto como el número del dispositivo, por ejemplo, *INERTIA-1*. Para establecer la conexión, se debe seleccionar esta red WiFi e ingresar la contraseña predeterminada "123456789". A continuación, desde cualquier navegador web, se debe acceder a la dirección IP 192.168.1.1 ingresando esos números en la barra del buscador. Esto abrirá una página web dedicada al dispositivo específico, desde la cual es posible configurar comenzar a tomar mediciones de manera directa y sencilla.

Todo el código y configuraciones utilizadas en ambos proyectos se encuentran documentados en el repositorio público de *GitHub* ([TPF-MA](#)), facilitando así su consulta y replicación para futuras adaptaciones o mejoras.

## 5. Costos

INERTIA		FREE FALL		HORAS TRABAJO	
ENCODER	\$55.407,00	ULTRASÓNICO	\$39.479,00	COSTO HH	\$5.000,00
RODAMIENTO	\$1.018,98			HS DISEÑO	10
ESP32	\$12.708,00	ESP32	\$12.708,00	HS PROGRAMACIÓN	25
PCB	\$3.000,00	PCB	\$3.000,00	HS ENSAMBLE	2
PROTOTIPADO 3D	\$14.000,00	PROTOTIPADO 3D	\$11.000,00		
Varilla	\$14.500,00	Varilla	\$14.500,00		
TOTAL MATERIALES	\$100.633,98	TOTAL MATERIALES	\$80.687,00	TOTAL HH	\$185.000,00
TOTAL PROYECTOS	\$366.320,98				

Figura 7: Costos de los proyectos.

## 6. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto logró cumplir el objetivo de diseñar dos dispositivos de laboratorio: uno para medir el momento de inercia baricéntrico de diferentes objetos y otro para evaluar el roce viscoso del aire mediante la caída libre de un objeto liviano. La realización del trabajo involucró una colaboración interdisciplinaria entre estudiantes de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica, quienes aportaron sus conocimientos en diseño estructural, circuitos electrónicos y programación, lo cual enriqueció el proceso y mejoró la funcionalidad de los dispositivos.

Para la construcción de los dispositivos, se emplearon elementos de bajo costo, priorizando materiales y componentes accesibles. Asimismo, se logró un diseño que funciona con baja tensión, minimizando riesgos eléctricos para los estudiantes y facilitando su implementación en los laboratorios de Física I. La interfaz de usuario fue concebida para ser intuitiva, permitiendo a los alumnos realizar los experimentos de manera sencilla y sin requerir conocimientos técnicos avanzados en el uso de equipos.

En este aspecto, una de las principales dificultades se presentó en la alimentación. Inicialmente se pretendía utilizar la alimentación USB de la PC. Esto presentó inconvenientes ya que al conectar el dispositivo la tensión disminuye y no permite obtener la medición de los sensores. Por otro lado, para el dispositivo *Inertia*, la implementación de los componentes mecánicos presentó inconvenientes en el sistema de poleas. Un inconveniente era el elevado roce entre la polea guía y el tornillo de sujeción, y por otro que el hilo que se utiliza de cuerda se salía de las mismas. Para solucionar estos problemas se utilizó un rodamiento a fin de disminuir el roce, y un aro como parte de la carcasa superior que haga de guía para el hilo.

Con respecto al sensor de distancia notamos que la baja resolución de 10mm junto con la tasa de muestreo de 100ms, sugiere que para la experiencia de caída libre de un objeto no es el sensor mas recomendable.

Por otro lado, la incorporación de una interfaz inalámbrica aporta una ventaja significativa, ya que permite operar los dispositivos sin conexión directa a una computadora. Gracias a la tecnología WiFi, los estudiantes pueden acceder a los datos en tiempo real desde cualquier dispositivo móvil, lo que facilita la movilidad y simplifica la configuración en el laboratorio. Esto optimiza la experiencia de usuario, mejorando la eficiencia y accesibilidad durante las prácticas de laboratorio.

En conjunto, los dispositivos desarrollados no solo cumplen con las expectativas de los docentes de Física I, sino que también ofrecen a los estudiantes una valiosa herramienta educativa. Gracias a estos dispositivos, los alumnos van a poder experimentar y comprender fenómenos físicos con dispositivos desarrollados y fabricados en la universidad, por y para estudiantes.