

# Construcción y calibración de una balanza para cursos de Física utilizando Arduino

## Construction and calibration of a balance for Physics courses using Arduino

José Luis Di Laccio<sup>1,2\*</sup>, Mateo Marques<sup>3</sup>, Javier Carro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Depto. de Física, Centro Regional de Profesores del Litoral, CP 50000, Salto, Uruguay.

<sup>2</sup>Depto. de Física, CENUR LN, Universidad de la República, CP 50000, Salto, Uruguay.

<sup>3</sup>Depto. de Física, Centro Regional de Profesores del Sur, CP 15200, Atlántida, Uruguay.

\*E-mail: [jdilaccio@gmail.com](mailto:jdilaccio@gmail.com)

### Resumen

Este trabajo propone la construcción de una balanza de bajo costo para el aula-laboratorio de física, utilizando una celda de carga, un transmisor HX711, un Arduino UNO, una PC y accesorios de soporte. Está diseñada principalmente para cursos semipresenciales del profesorado de física que incluyen la realización de laboratorios, donde es crucial medir la masa. Su construcción y calibración facilita que los estudiantes, con una guía flexible, realicen laboratorios en sus hogares. La lectura de la masa se realiza en la PC a través del monitor serie del Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de Arduino, utilizando códigos de programación simples, tanto para la calibración como para la medición. La calibración se realiza utilizando dos métodos, de un solo punto y de varios puntos, permitiendo obtener mediciones con una incertidumbre de aproximadamente un gramo. Además de ser útil en cursos semipresenciales, esta balanza es adecuada para la presencialidad y escuelas secundarias que carecen de equipos similares, ofreciendo diversas opciones a la hora de experimentar.

**Palabras clave:** Enseñanza semipresencial; Balanza; Bajo costo; Arduino UNO; Programación.

### Abstract

This work proposes the construction of a low-cost scale for the physics classroom-laboratory, using a load cell, an HX711 transmitter, an Arduino UNO, a PC and support accessories. It is designed primarily for blended physics teaching courses that include laboratories, where measuring mass is crucial. Its construction and calibration make it easy for students to perform laboratories at home, with a flexible guide. Reading the mass is done on the PC through the serial monitor of the Arduino Integrated Development Environment (IDE), using simple programming codes, both for calibration and measurement. Calibration is performed using two methods, single-point and multi-point, allowing measurements to be obtained with an uncertainty of approximately one gram. In addition to being useful in blended courses, this scale is suitable for in-person courses and secondary schools that lack similar equipment, offering various options when experimenting.

**Keywords:** Blended learning; Balance; Low-cost; Arduino UNO; Programming.

## I. INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de la física, las prácticas de laboratorio cumplen un rol fundamental, su importancia no se cuestiona independientemente de si son experimentos reales, mentales o simulados (Ubaque, 2009). Sin embargo, se plantea un debate sobre la prevalencia de prácticas de laboratorio que siguen un protocolo tipo receta de cocina. Estas prácticas no solo pueden dificultar el proceso de aprendizaje, sino que también pueden llevar a la percepción errónea de que el experimento es la única manera de generar conocimiento válido (López Rúa y Tamayo Alzate, 2012).

Una estrategia para abordar esta situación es promover las "experiencias de laboratorio" en lugar de las simples "prácticas de laboratorio". Las prácticas de laboratorio suelen centrarse en contenidos disciplinares, guías rígidas de procedimientos y tiempos acotados para su realización. En cambio, las experiencias de laboratorio, adhiriendo a la visión de Larrosa, ponen el énfasis en la vivencia del estudiante, a decir del autor, "*la experiencia me forma y me transforma*" (2006, p. 46). Este enfoque prioriza la interacción del estudiante con un objeto a ser estudiado, promoviendo una reflexión profunda tanto sobre el contenido propuesto para su enseñanza como sobre el proceso de aprendizaje en sí mismo. Estas experiencias van más allá del uso de un protocolo estándar al involucrar activamente al estudiante en todas las etapas del trabajo experimental, incluyendo el desarrollo, diseño y trabajo en equipo (Castiblanco y Vizcaíno Arévalo, 2008). El estudio de Carro *et al.* (2023) ejemplifica cómo llevar el laboratorio más allá de sus confines tradicionales, mostrando el trabajo científico a la comunidad, explorando los desafíos y beneficios de esta práctica. Además, investigaciones como las de Franco, Velasco y Riveros (2017) destacan el creciente interés y la relevancia de las líneas de investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales, enfocándose especialmente en las experiencias de aula y su significado didáctico.

Cada vez más, las modalidades de aprendizajes virtuales o semipresenciales están siendo naturalmente incorporadas en la formación profesional, y esto incluye la preparación de docentes. En este contexto, el acceso limitado a laboratorios físicos subraya la creciente importancia de los laboratorios virtuales, la creación de materiales económicos y el uso de plataformas programables. Este trabajo propone un cambio significativo respecto a las prácticas tradicionales de laboratorio al adoptar un enfoque integrador. Aquí se llevan a cabo todas las etapas del proceso experimental, ensamblado del dispositivo, ajuste del instrumento, programación de la interfaz, recolección y análisis de datos, utilizando una placa programable Arduino UNO y algunos componentes. De forma auténtica confluyen, la física, la informática, la ingeniería, las matemáticas, entre otros campos del saber.

Las prácticas con Arduino han sido ampliamente investigadas por diversos autores (Arduino, 2024), como lo documenta Moreira, Romeu, Alves y da Silva (2018). Este estudio destaca varias categorías de aplicación en entornos de laboratorio, incluyendo la difusión de Arduino, la innovación en laboratorios didácticos, la interdisciplinariedad y su contextualización. Además, explora el potencial para mejorar la comprensión de conceptos físicos, hacer las clases más atractivas y motivadoras, mediante la recolección de datos. En una línea similar, Monteiro, de Fátima, da Silva, de Lucena y Júnior (2022) analizaron 41 trabajos sobre el uso de Arduino en entornos educativos, concluyendo que existe la necesidad de realizar más investigaciones empíricas que empleen esta plataforma de código abierto como herramienta de apoyo en las prácticas de enseñanza de la Física. También subrayan la importancia de crear más estudios que utilicen Arduino para dispositivos móviles, enfatizando así su versatilidad y potencial educativo.

Los estudiantes están llevando a cabo prácticas experimentales con equipos cotidianos que en muchos casos ofrecen resultados superiores a las prácticas tradicionales. En el estudio de Bigliani, Capuano, Gutiérrez y Martín (2017), se demuestra cómo determinar el calor específico de una sustancia utilizando equipos de construcción sencilla, bajo costo y de fácil acceso. Este enfoque no solo mejora la medición manual de temperaturas, sino que también minimiza posibles errores de manipulación y paralaje, al utilizar un teléfono inteligente como receptor de las medidas tomadas por un sensor conectado a una placa Arduino, ya que no utiliza un termómetro de laboratorio al que hay que extraer del calorímetro para ver su medida.

En otro trabajo, Bigliani, Gutiérrez, y Martín (2019), desarrollaron un dispositivo ultrasónico para medir distancias con alta precisión en un rango de 10 cm a 90 cm. Este dispositivo, que emplea una placa Arduino UNO y un sensor ultrasónico soldados en una configuración específica, funciona midiendo el tiempo entre la emisión y recepción de ondas sonoras reflejadas por un objeto para medir la distancia del sensor hasta él. Los datos recopilados se transfieren a una computadora para su procesamiento y análisis. Se destaca el bajo costo de estos sensores y la versatilidad de la placa Arduino UNO, que facilita llevar las prácticas de laboratorio más allá de su entorno tradicional.

Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil (2015) proponen dos enfoques pedagógicos innovadores. Por un lado, promueven la creación de un "aula laboratorio" de costo muy reducido, aprovechando iniciativas como "Una Computadora por Niño", implementada exitosamente en Uruguay a través del Plan Ceibal desde 2007. Este enfoque permite que cada estudiante tenga potencialmente un laboratorio en sus manos, y de esta forma admite su

integración a su vida cotidiana desde temprana edad. Por otro lado, en el mismo artículo, se propone una metodología pedagógica de inmersión que incorpora pequeños proyectos de investigación dentro de los cursos. Estos proyectos están diseñados para ser realizados en un tiempo limitado y con el nivel de profundidad adecuado para que los estudiantes puedan llevarlos a cabo con éxito.

En este trabajo se explora la construcción de una balanza digital casera para ser utilizada por el estudiante en su hogar. Desarrollar un laboratorio con el objetivo de construir y calibrar una balanza utilizando Arduino UNO y un sensor de carga se alinea perfectamente con los enfoques pedagógicos innovadores. Esta metodología no solo promueve la integración de experiencias de laboratorio prácticas y significativas, sino que también enfatiza la importancia de la participación activa de los estudiantes en todas las etapas del proceso experimental. Esta orientación integradora no solo mejora la comprensión de conceptos físicos fundamentales, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos reales y desarrollar habilidades prácticas esenciales para su formación académica y profesional.

## II. CONTEXTO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Esta propuesta de experiencia de laboratorio ha sido diseñada en el marco del Plan 2023 de la Formación de Grado para Educadores de Física de Uruguay, específicamente en el trayecto formativo de la unidad curricular (UC) de primer año denominada Principios de Conservación en Mecánica. Esta UC es anual y se ofrece en dos modalidades: presencial y semipresencial, con 21 créditos asignados. Se proponen clases teóricas, prácticas y de laboratorio. El contenido del curso abarca la mecánica del punto y del cuerpo rígido en un nivel introductorio, enfocándose en las leyes de Newton y en los principios de conservación de la energía, del momento lineal y del momento angular. El enfoque de enseñanza es competencial y se sugiere el uso de metodologías activas para su abordaje (Administración Nacional de Educación Pública [ANEP], 2023a). Las competencias específicas (CE) propuestas en el plan de la UC están alineadas con las competencias del perfil de egreso descritas en el Marco Curricular de la Formación de Grado para Educadores (ANEP, 2023c).

En esta experiencia de laboratorio, se prevé proporcionar a los estudiantes que cursan de forma presencial los equipos necesarios para su desarrollo en el aula. Para los estudiantes que cursan de forma semipresencial, se dispone de centros de referencia locales donde pueden acceder a los equipos. Esta propuesta está alineada con la competencia específica del programa de la UC que establece: *"Aborda diferentes situaciones integrando competencias de otras áreas del saber, principalmente aquellas vinculadas con los modelos matemáticos que dan un marco conceptual a la Física, permitiendo el desarrollo de su autonomía."* (ANEP, 2023a, p. 233). Los contenidos a abordar en esta experiencia de laboratorio se detallan a continuación (ANEP, 2023a, pp. 233-235):

- 1) Conceptuales: Elementos de estadística descriptiva y ajuste de curvas mediante el método de mínimos cuadrados.
- 2) Procedimentales: Medición cuidadosa de variables, elaboración de gráficos que comparen el modelo con los datos experimentales, comunicación de resultados utilizando lenguaje disciplinar en diversos formatos y textos, y uso de diferentes softwares para cálculos, programación y procesamiento de datos.
- 3) Actitudinales: Valoración de la actividad experimental en su relación con la teoría y como cuerpo de conocimiento autónomo.

La evaluación de los estudiantes se prevé conforme a lo establecido en el Marco Curricular de la Formación de Grado para Educadores (ANEP, 2023c) y el Reglamento de las Carreras del CFE (ANEP, 2023b). Se especificarán claramente los productos y evidencias que los estudiantes deben presentar a lo largo del desarrollo del trabajo (participación en foros, entrega de avances, informes, entre otros), y se les orientará mediante una rúbrica. Como parte del proceso de elaboración de estas evidencias, se permitirá a los estudiantes hacer uso de inteligencia artificial generativa (IAG), con la condición de que expliciten su uso en los informes correspondientes. Esta inclusión es innovadora en la enseñanza, dado que las IAG han experimentado un crecimiento explosivo en los últimos años y han impactado todas las esferas sociales, incluida la educación. Por ello, *"es fundamental tomar medidas a favor de una IAG ética, responsable y confiable. Frente a la tentación de resistirse al cambio o de prohibir su utilización, debería apostarse por una integración efectiva en el proceso de aprendizaje"* (Gallent-Torres, Zapata-González y Ortego-Hernando, 2023, p. 6). A continuación se presenta en forma detallada la construcción y calibración de la balanza construida como actividad preparatoria para su posterior implementación en el aula. Desde luego, es una simple sugerencia para inspirar a los colegas en el diseño de sus propias balanzas. Siendo creativos y originales en sus proyectos de balanza.

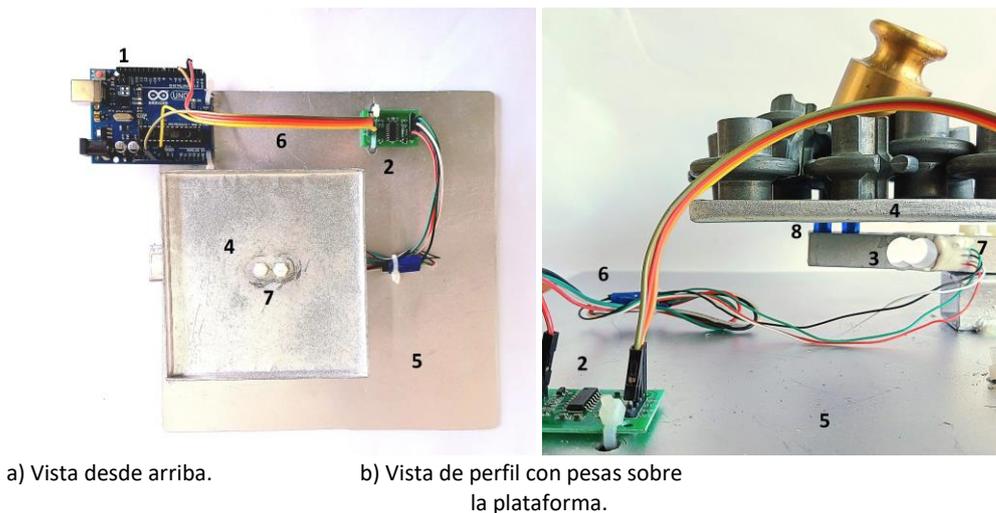
### III. MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN

En las prácticas de enseñanza y aprendizaje de la física, la balanza es un instrumento de medición utilizado en muchos laboratorios. Sin embargo, la disponibilidad de este equipo puede ser limitada en los centros educativos, y más aún cuando el estudiante debe experimentar en el hogar. Si bien adquirir una balanza en el mercado podría ser relativamente barato, se resalta el componente formativo de la construcción y calibración de una balanza precisa y funcional utilizando métodos y materiales accesibles. Aquí se presenta una breve guía para la construcción de una balanza casera, los componentes necesarios y su armado.

La fabricación de este dispositivo es sencilla y comienza con la adquisición de los siguientes componentes:

- Sensor de carga: Un sensor de carga con capacidad de 1 kg (es posible usar otros rangos) y un módulo amplificador HX711.
- Una placa Arduino UNO y una computadora personal (PC).
- Materiales de montaje: Cables de conexión, una base y una plataforma adecuada para colocar las masas a medir.
- Elementos adicionales: Tornillos, separadores y cualquier otro material necesario para asegurar una estructura.

En esta experiencia se preparó una base metálica cuadrada de 20 cm de lado, una plataforma para colocar las masas, cuadrada de 10 cm de lado, y separadores para garantizar el correcto funcionamiento del sensor de carga, como se aprecia en la figura 1. Cabe aclarar que las dimensiones y formas pueden variar según los intereses o posibilidades del grupo o estudiante que construya la balanza.

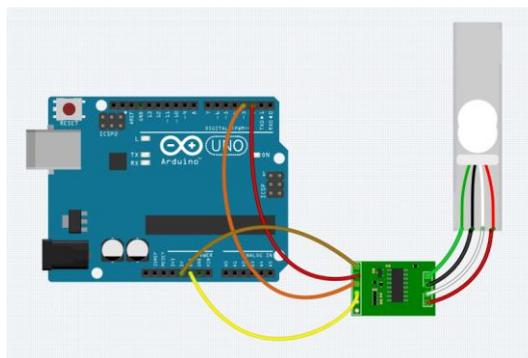


**FIGURA 1.** Montaje experimental y distribución de los principales componentes: **1** Placa Arduino UNO; **2** Módulo HX711; **3** Sensor de carga de 1 kg; **4** Plataforma; **5** Base; **6** Cables de conexión; **7** Tornillos; y **8** Separadores.

Los pasos resumidos para ensamblar el dispositivo son los siguientes:

- Adherir un separador a la base y fijar el sensor de carga.
- Una vez fijo el sensor de carga, fijar la plataforma al sensor de carga utilizando tornillos con un separador.
- Para el ensamblaje de las conexiones, se debe conectar a través de sus pines el módulo HX711 al sensor de carga y a la placa Arduino. Las conexiones a los pines son las siguientes: E+ del sensor de carga al cable rojo, E- al cable negro, A- al cable blanco y A+ al cable verde del sensor de carga. El módulo HX711 se conecta a la placa Arduino UNO: GND al GND de la placa, VCC al pin 5V, DT al pin digital 3 y SCK al pin digital 2 de la placa. En la figura 2 se muestra el diagrama circuital.

Una vez finalizado el armado, este instrumento requiere una calibración para asegurar su correcto funcionamiento y precisión.



**FIGURA 2.** Diagrama del circuito utilizado con sus conexiones entre el módulo HX711 la Placa Arduino UNO y el sensor de carga.

#### IV. PROGRAMACIÓN Y CALIBRACIÓN

Para la calibración y posterior medición de una masa desconocida, se utilizan diferentes códigos que se desarrollan en el IDE de Arduino 1.8.19. Aquí se proponen dos métodos de calibración: 1) El método basado en un punto, que puede ser adecuado para que los estudiantes lo realicen en el hogar si es que tienen solo una masa de referencia; y 2) El método que incluye varios puntos, es decir, se cuenta con varias masas conocidas que contemplan el rango del sensor de carga utilizado.

##### A. Calibración utilizando un punto

Para calibrar la balanza al usar una sola masa como dato, se conecta la balanza a través del Arduino UNO a la PC y se ejecuta el Código 1 para calibrar el instrumento.

```
#include "HX711.h" // Librería
const int DOUT_ = 3;
const int SCK_ = 2;
HX711 scale;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  scale.begin(DOUT_, SCK_);
  scale.tare(); // Pone a cero la balanza

  Serial.println("Coloca la masa y ajusta el factor de calibración.");
}

void loop() {
  long lectura = scale.get_units(10); // Promedia 10 lecturas
  Serial.print("UA: "); // Unidad arbitraria
  Serial.println(lectura);
  delay(1000);
}
```

**CÓDIGO 1.** Código Arduino para realizar la medida de una masa conocida y obtener el resultado en unidades arbitrarias (UA).

Al cargar a la placa Arduino este Código es posible monitorear las lecturas en el monitor serie del IDE de Arduino. Al usuario se le solicita que coloque una masa dato sobre la plataforma, que en este caso es de 200.00 g. Colocada la masa, se deja que el monitor serie grabe datos en la pantalla durante algunos minutos (por ejemplo: 5 minutos), tiempo suficientemente largo para poder observar si existe variabilidad temporal en la medición. Los valores obtenidos de las mediciones en unidades arbitrarias (UA) se dividen entre la masa utilizada en la calibración para obtener el factor de calibración, siendo  $f$ :

$$f = \text{lectura (UA)} / \text{masa de referencia (g)} \tag{1}$$

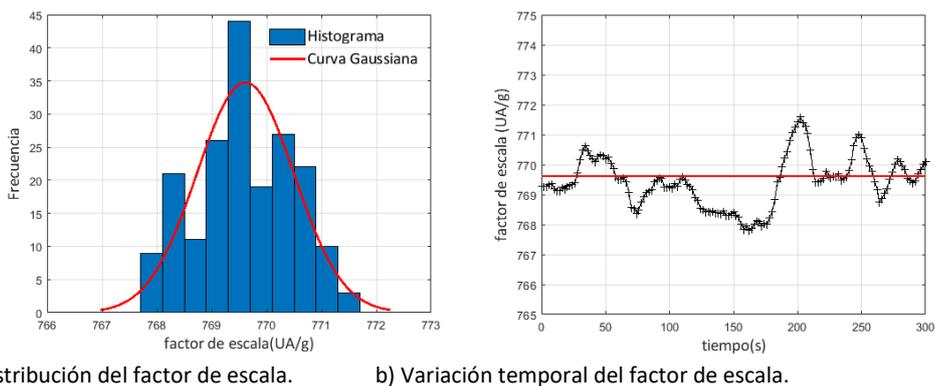
Una vez obtenidos los factores de calibración ( $f$ ), se procesan para calcular diversos estadísticos. Estos incluyen el mínimo, máximo, media, moda, mediana, y la desviación estándar. Además, se elabora un histograma para visualizar la distribución de los factores de calibración. El análisis de estos estadísticos permite evaluar la consistencia y precisión de la balanza. Cabe aclarar que la pesa que se utilizó como patrón es usada para la calibración de equipos que miden hasta la centésima de gramo, por lo que la incertidumbre en la medición de la masa puede despreciarse ya que es menor al 1% de las medidas obtenidas. En la Tabla I se presentan los estadísticos obtenidos, proporcionando una visión clara de la variabilidad y tendencia central de los factores de calibración. Este análisis estadístico es para asegurar que la balanza casera sea un instrumento de medición confiable y precisa para su uso en experimentos didácticos.

**TABLA I.** Estadística de los factores de escala: mínimo, máximo, media, moda, mediana y desviación estándar.

<i>Medidas de tendencia central y dispersión</i>	<i>Valores (UA/g)</i>
Mínimo	767.79
Máximo	771.61
Media	769.61
Moda	769.26
Mediana	769.53
Desviación estándar	0.88

Los valores del factor de escala ( $f$ ) mínimo y máximo varían menos de 0.3 % respecto a la media, indicando consistencia sin grandes fluctuaciones. La baja desviación estándar muestra que las mediciones están agrupadas alrededor de la media, evidenciando precisión y poca variabilidad en la calibración. Esto refuerza la confiabilidad de la balanza.

En el histograma de la Figura 3a se muestra la distribución de los factores de escala junto con la curva teórica de distribución normal, calculada con el promedio y la desviación estándar de los datos. La distribución observada se asemeja a la curva teórica, mediante inspección visual el ajuste es adecuado. Esta coincidencia visual sugiere que los datos del factor de escala pueden seguir una distribución normal, lo que respalda utilizar la media de los factores de calibración como “mejor valor” para obtener la masa desconocida.



a) Distribución del factor de escala. b) Variación temporal del factor de escala.

**FIGURA 3.** a) Histograma de los factores de escala. b) Factor de escala con cruces negras. Con trazo continuo rojo el valor de la media de los datos. A la derecha: Factor de escala con cruces negras. Con trazo continuo rojo el valor de la media de los datos.

Si se analiza la variación temporal del factor de escala, se obtiene información acerca de la estabilidad de los datos obtenidos, ver la figura 3b. Finalizado el proceso de calibración a un punto se puede utilizar el Código 2 para transformar las medidas en unidades arbitrarias, a medidas de masa expresadas en gramos:

```
#include "HX711.h"

const int DOUT_ = 3;
```

```

const int SCK_ = 2;
HX711 scale;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    scale.begin(DOUT_, SCK_);
    scale.set_scale(769.61f); // Factor de calibración
    scale.tare(); // Pone a cero la balanza
}

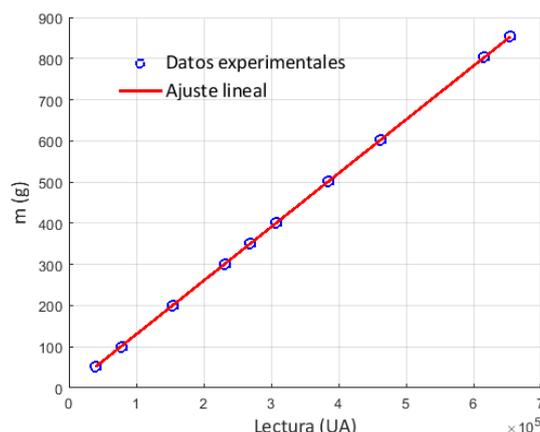
void loop() {
    float Masa = scale.get_units(10); // Promedia 10 lecturas
    Serial.print("Masa: ");
    Serial.print(Masa, 2); // Muestra la masa con 2 decimales
    Serial.println(" g");
    delay(1000);
}
    
```

**CÓDIGO 2.** Código Arduino para utilizar la balanza y brindar el resultado en gramos.

El rango del sensor es de hasta 1 kg y ha sido calibrado con una masa de 200.00 g, el estudiante podría argumentar de que es probable que la calibración no sea tan buena para masas mayores. Este punto se puede abordar al menos de dos maneras: 1) Realizando una validación para masas mayores o menores a 200 g que disponga el estudiante en su hogar; 2) Realizando la calibración siguiendo el método que utiliza varios puntos. Esta forma es la adecuada y más aún si se dispone de un laboratorio equipado con una balanza de precisión. Es decir, tenemos dos alternativas para calibrar la balanza.

## B. Calibración utilizando un conjunto de puntos

Para este caso, lo que se hace es tomar la lectura del monitor serie para cada una de las masas conocidas y se grafica la masa en función de la lectura (promedio). En la Figura 4, se muestra el gráfico obtenido. La pendiente y el ordenador del ajuste lineal permiten obtener una calibración en un amplio rango de masas. La ecuación del ajuste es:  $m = 0.0013036 * Lectura - 0.11884$ , la cual se utiliza como ajuste en el Código 3.



**FIGURA 4.** Masa conocida como función de la lectura del monitor serie, datos experimentales con círculos azules y con trazo continuo rojo el ajuste realizado con una función lineal.

```
#include "HX711.h" // Librería
```

```

const int DOUT_ = 3;
const int SCK_ = 2;
HX711 scale;
    
```

```
// calibración
const float pendiente = 0.0013036f;// pendiente
const float ordenador = -0.11884f;// ordenador

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  scale.begin(DOUT_, SCK_);
  scale.tare();// Pone a cero la balanza
}
void loop() {
  if (scale.is_ready()) {
    float lectura = scale.get_units(10);// Promedia 10 lecturas
    float Masa = (pendiente*lectura + ordenador); // Aplica la ecuación lineal

    Serial.print("Masa: ");
    Serial.print(Masa, 2);// Muestra la masa con 2 decimales
    Serial.println(" g");
  } else {
    Serial.println("HX711 not found.");
  }
  delay(1000);// Lee cada segundo
}
```

**CÓDIGO 3.** Código Arduino para medir la masa usando un ajuste lineal y la lectura del sensor de carga.

## V. VALIDACIÓN

La validación de la balanza construida se realiza mediante la comparación de masas medidas con nuestra balanza casera contra una balanza profesional. Este método permite verificar la precisión y exactitud de la balanza casera, y asegura que las mediciones sean confiables y consistentes. Cada vez que se hace una medida se carga el programa a la placa (pone a cero la balanza si queda con carga) y se toma como valor el promedio de 10 mediciones una vez que se estabiliza la lectura. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla II.

**TABLA II.** Validación de la balanza, comparación entre masas medidas con el dispositivo y masas medidas con una balanza profesional al utilizar el método de calibración de un solo punto.

<i>Objeto</i>	<i>Masa medida con balanza casera (g) Código 2</i>	<i>Masa medida con balanza casera (g) Código 3</i>	<i>Masa medida con balanza profesional (g)</i>
Sin nada	0.04	-0.25	0.00
Pesa de laboratorio	49.58	50.51	50.17
Mouse	74.03	74.09	74.73
Celular y funda	240.60	241.49	240.65
Pinza Universal	259.23	260.20	259.08
Taza cerámica	350.32	351.31	350.60
Pesa de laboratorio	451.04	452.38	451.43
Pesa de laboratorio	807.12	808.44	809.00

Basado en los resultados de la comparación entre las mediciones realizadas con el dispositivo y las obtenidas al usar una balanza de referencia, se puede concluir que el instrumento construido y calibrado evidencia buena capacidad para realizar mediciones precisas dentro de los rangos evaluados ya sea con el Código 2 como por el Código 3. La variación observada nos indica que la incertidumbre absoluta en la masa medida es menor al gramo, salvo para la pesa de laboratorio de 809.00 g.

Se confirma la linealidad en las mediciones y esta sugiere que el dispositivo mantiene una relación proporcional consistente con las masas aplicadas, sin mostrar sesgos significativos en el rango estudiado. En conjunto, las observaciones realizadas indican que la balanza es adecuada para mediciones de masas en laboratorios de enseñanza. Luego de desarrollado el proceso preparatorio de la balanza, presentamos una posible guía flexible para que los estudiantes tengan un acompañamiento y andamiaje para la realización del proyecto. La implementación de esta propuesta, combinada con una reflexión sobre su desarrollo, así como con la retroalimentación recibida de los estudiantes, proporcionará valiosos insumos para perfeccionar la guía para nuevas ediciones.

## VI. GUÍA PARA EL ESTUDIANTE

**Objetivo:** desarrollar competencias a partir de la construcción y calibración de una balanza para su aplicación en las actividades de laboratorio de la unidad curricular.

**Equipo:** sensor de carga de 1 kg, módulo HX711, Arduino UNO, PC, conductores, otros elementos según tu diseño.

### Sugerencias de trabajo

1. Conformen grupos de tres integrantes.
2. Realicen una búsqueda en Internet sobre diferentes proyectos de construcción de balanzas con Arduino UNO. Puede ser útil utilizar como palabras de búsqueda, "balanza con Arduino UNO". Exploren varias opciones y seleccionen al menos tres fuentes confiables que les sirvan como inspiración y ayuda a lo largo de su trabajo.
3. Además del equipamiento disponible, que deben aportar ustedes es el reciclado de materiales hogareños o de fácil acceso en ferreterías. Planifiquen el trabajo antes de comenzar, estimando los tiempos y recursos necesarios para cada etapa. Discutan el diseño de la balanza, asegurándose de incluir los equipos y materiales a utilizar, las dimensiones de los objetos y al menos un prototipo realizado con lápiz y papel u otro medio antes de comenzar la construcción. Pueden realizar su diseño utilizando herramientas como Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/>.
4. Este proyecto requiere programación en Arduino UNO. No se alarmen si no tienen experiencia previa; seguramente podrán realizarlo. Instalen en sus PC el software de Arduino UNO: <https://www.arduino.cc/en/software>. Exploren el entorno de desarrollo integrado (IDE), enfocándose en cómo escribir programas y cargarlos a la placa. Después de programar, conecten la placa al puerto USB de la PC y con pocas acciones más podrán empezar a avanzar en su uso. No olviden de identificar la placa que están usando y definir el puerto al cual está conectada en el IDE- Menú Herramientas luego ingresar a: Placa - Puerto.
5. Escriban el código en el entorno de Arduino para leer los datos del sensor de carga en el monitor serie del IDE de Arduino utilizando la PC. Pueden utilizar inteligencia artificial para generar códigos, pero recuerden siempre dejar registro de su utilización.
6. Calibren la balanza utilizando un punto de referencia específico (una masa conocida). Puede ser la masa de un objeto del hogar que conozcan con certeza su masa o un elemento cuya masa puedan medir, por ejemplo, en un comercio de su barrio.
7. Midan la misma masa varias veces con su balanza y el monitor serie y construyan un histograma de las mediciones para analizar la distribución de los datos.
8. Determinen si la distribución es aproximadamente gaussiana. Si es así, calculen el promedio de las mediciones y utilícenlo para establecer el factor de calibración de la balanza. ¿Qué sensibilidad tiene la balanza? Valídenla midiendo masas conocidas y verificándolas con la balanza.
9. Más desafío: Pasemos a una calibración más completa. Realicen mediciones utilizando varias masas conocidas y registren los valores (promedios o moda).
10. Grafiquen la relación entre la masa conocida y las medidas obtenidas en el monitor serie en unidades arbitrarias.
11. Ajusten los datos obtenidos utilizando un modelo lineal ( $y = a \cdot x + b$ ) mediante el método de mínimos cuadrados.
12. Determinen la pendiente ( $a$ ) y la intersección ( $b$ ) de la línea de mejor ajuste, utilizando estos parámetros para refinar el factor de calibración.
13. Generen un nuevo código en Arduino que utilice el modelo obtenido:  $Masa = (a \cdot lectura + b)$ . Este código realizará la lectura en unidades arbitrarias, calculará internamente y desplegará en el monitor serie la masa en gramos. Validarán su calibración comparando masas conocidas con su balanza.

Nota: utilicen el foro para consultar cada vez que sea necesario.

### Evaluación

1. Participaciones en el foro de construcción de la balanza:

- Comentarios sobre el trabajo realizado en la construcción y calibración, y retroalimentación a otro equipo.
- Compartir evidencias del trabajo realizado en la construcción y medición de masas mediante un video, fotos, entre otros.

2. Elaboración de una presentación escrita sobre los resultados que consideren más relevantes del laboratorio, con una extensión máxima de 3 carillas, siguiendo las pautas para redacción de informes acordada.

**Rúbrica**

Criterios	Niveles				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Insuficiente	Muy insuficiente
<b>Foro 1</b> Comprensión y Análisis	Demuestra una comprensión excelente del experimento y un análisis profundo y coherente de los resultados.	Demuestra una buena comprensión del experimento y un análisis adecuado de los resultados, con algunas pequeñas lagunas.	Demuestra una comprensión adecuada, pero el análisis de los resultados es superficial o confuso.	Demuestra una comprensión limitada del experimento y un análisis pobre de los resultados.	Demuestra muy poca comprensión del experimento y un análisis muy pobre o inexistente de los resultados.
<b>Foro 1</b> Evidencias Visuales	Fotos y/o videos de excelente calidad y relevancia, mostrando todos los aspectos importantes del experimento.	Fotos y/o videos de buena calidad y relevancia, con algunos pequeños problemas técnicos.	Fotos y/o videos aceptables, pero podrían mejorarse significativamente en calidad o relevancia.	Fotos y/o videos de baja calidad o relevancia, dificultando la comprensión del experimento.	Fotos y/o videos muy pobres o inexistentes.
<b>Presentación escrita</b>	Informe completo y bien estructurado, con todas las secciones requeridas y redacción clara y precisa.	Informe completo, pero con algunos detalles faltantes o redacción menos clara en algunas secciones.	Informe adecuado, pero con secciones faltantes o con redacción confusa en varias partes.	Informe incompleto o difícil de seguir, con varias secciones poco claras o mal desarrolladas.	Informe muy pobre, con muchas secciones incompletas o mal redactadas.

**VII. CONCLUSIÓN**

Tanto la construcción como la calibración de la balanza casera han demostrado ser viables y efectivas en términos de precisión y funcionalidad. Las pruebas preliminares indican que la balanza puede medir con una incertidumbre respecto al patrón de balanza inferior a un gramo, lo cual es adecuado para su uso en la realización de laboratorios. Este proyecto se está llevando adelante en los cursos presenciales y semipresenciales de primer año de profesorado de Física. Involucrar a los estudiantes en todas las etapas del proceso de creación y calibración fortalecerá su comprensión de la realización de proyectos ingenieriles sencillos, de conceptos de estadística descriptiva que son parte de sus cursos y la utilización del método de mínimos cuadrados para el ajuste de líneas rectas que es objeto de la enseñanza.

Se alienta a los docentes a intentar este proyecto también en la enseñanza media, realizando los ajustes contextuales y creativos que consideren pertinentes. El proceso de construcción de la balanza implicó el uso de componentes accesibles en el mercado y de bajo costo, lo cual facilita su replicación en diversos entornos educativos. En términos de aplicabilidad en el aula, la balanza casera presenta varias ventajas: la sencillez de su construcción y calibración permite que sea fácilmente implementada en cursos tanto presenciales como semipresenciales, y también puede ser un proyecto de construcción social para la familia.

**AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Francisco Guimaraens, Mario Silva Francia y Gerardo Vitale por sus valiosos aportes.

## REFERENCIAS

- Administración Nacional de Educación Pública, Consejo de Formación en Educación. (2023a). *Plan 2023 de la Formación de Grado de los Educadores, Física*. Recuperado de [https://www.cfe.edu.uy/images/stories/pdfs/planes\\_programas/plan\\_2023/profesor\\_julio\\_2024/fisica.pdf](https://www.cfe.edu.uy/images/stories/pdfs/planes_programas/plan_2023/profesor_julio_2024/fisica.pdf)
- Administración Nacional de Educación Pública, Consejo de Formación en Educación. (2023b). *Reglamento de las carreras del consejo de Formación en Educación*. Recuperado de [https://www.cfe.edu.uy/images/stories/pdfs/planes\\_programas/plan\\_2023/reglamento/acta\\_ext4\\_res1\\_2023\\_reglamento.pdf](https://www.cfe.edu.uy/images/stories/pdfs/planes_programas/plan_2023/reglamento/acta_ext4_res1_2023_reglamento.pdf)
- Administración Nacional de Educación Pública, Consejo de Formación en Educación. (2023c). *Marco curricular de la formación de grado de los educadores 2023*. Recuperado de [https://www.cfe.edu.uy/images/stories/pdfs/documentos\\_aprobados\\_cfe/2022/Marco\\_CurricularCFE\\_2023.pdf](https://www.cfe.edu.uy/images/stories/pdfs/documentos_aprobados_cfe/2022/Marco_CurricularCFE_2023.pdf)
- Arduino. (2024). *Arduino - Home*. Recuperado de <https://www.arduino.cc/>
- Bigliani, J. C., Capuano, V. C., Gutiérrez, E. A. y Martín, J. (2017). Práctica experimental con equipos cotidianos para los alumnos, y de mejores resultados experimentales. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(Extra), 391–400. Recuperado de [www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/)
- Bigliani, J. C., Gutiérrez, E. A. y Martín, J. (2019). Sensor ultrasónico de distancia para armar y aprender Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 63-70. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26527>
- Calderón, S. E., Núñez, P., Di Laccio, J. L., Iannelli, L. M. y Gil, S. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 212-226. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2912/2608>
- Carro, J., Marques, M., Pareja, F., Moreira, X., Silva, A., Aleman, M. y Di Laccio, J. (2023). Aprendizaje del módulo de Young mediante la construcción de un dispositivo a gran escala. *Revista De Enseñanza De La Física*, 35, 61–67. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/43269>
- Castiblanco Abril, O. L. y Vizcaíno Arévalo, D. F. (2008). La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la física. *Revista Educación En Ingeniería*, 3(5), 68–74. doi: <https://doi.org/10.26507/rei.v3n5.151>
- Franco Moreno, R. A., Velasco Vásquez, M. A. y Riveros Toro, C. M. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (41), 37-56. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=614264655003>
- Gallent-Torres, C., Zapata-González, A., y Ortego-Hernando, J. L. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 29(2), 1-21.
- Larrosa, J. (2006). Sobre la experiencia I. *Revista Educación Y Pedagogía*, 18. Recuperado de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/19065>
- López Rúa, A. M. y Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134129256008>
- Monteiro, J. A., de Fátima Vilhena, M., da Silva, F. H. S., de Lucena, I. C. R. y Júnior, A. D. L. C. (2022). Arduino no

Ensino de Física: uma Revisão Sistemática de Literatura de 2011 a 2021. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 18(40). doi: <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v18i40.12175>

Moreira, M. P. C., Romeu, M. C., Alves, F. R. V. y da Silva, F. R. O. (2018). Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 721-745. doi: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p721>

Ubaque Brito, K. Y. (2009). Experimento: una herramienta fundamental para la enseñanza de la física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 4(1), 35–40. doi: <https://doi.org/10.14483/23464712.5248>