

Estrategia integrada para el acceso remoto a laboratorios como recurso complementario para el aprendizaje experimental en física

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.563>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Estrategia integrada para el acceso remoto a laboratorios como recurso complementario para el aprendizaje experimental en física

Abstract-- El aprendizaje experimental, indispensable en la formación académica del estudiante afín a las ciencias e ingenierías, se ha visto alterado hoy en día por situaciones adversas como la pandemia por COVID-19 y demás casos que han establecido la educación a distancia como solución alternativa. Por lo anterior, se propone un sistema de laboratorios de mecánica basados en el control remoto para configuración de equipos y recolección de datos de tres plantas, que corresponden a igual número de fenómenos físicos observados en la naturaleza y que, como enfoque de experimentación real, están a la merced del ruido e incertidumbre en las medidas. Con la implementación del enfoque del Internet de las Cosas en consonancia con los dispositivos tecnológicos de hardware y software necesarios, se elaboró un sistema completo de interacción cliente-servidor que se puede establecer como una alternativa ideal de aprendizaje experimental en una modalidad virtual.

Keywords-- Aprendizaje basado en experimentación, Internet de las cosas (IoT), Instrumentación didáctica, Laboratorios remotos.

I. INTRODUCCIÓN

A causa de situaciones extraordinarias, como lo ha sido la pandemia de COVID-19, donde la aglomeración de personas representa un riesgo para la salud humana [1], las entidades gubernamentales de diferentes países se han visto en la obligación de implementar herramientas de educación a distancia. Sin embargo, varias falencias han relucido de un sistema que no estaba preparado para esta situación, entre ellas se encuentra la ausencia de prácticas experimentales que impregnan en el estudiante los saberes teóricos adquiridos.

Algunas soluciones propuestas se basan en la adquisición de datos que provienen de sistemas simulados, cuyo grado de idealización eliminan la cantidad de errores que son imprescindibles para el desarrollo del estudiante que se enfrentará a datos genuinos en la vida real [2], con las incertidumbres del caso. Es por lo anterior que la implementación de laboratorios remotos, que se definen como un conjunto de tecnologías que permiten al usuario, a través de internet [3], llevar a cabo un experimento, es una solución viable para el aprendizaje experimental de los fenómenos en comparación con las prácticas presenciales que se realizan de manera tradicional.

La integración de distintos elementos tecnológicos para una aplicación específica como lo son las prácticas remotas de laboratorio, brindan facilidad para desarrollar una pedagogía clara y didáctica en una modalidad virtual [4]. En este documento se presenta la incorporación de hardware y software para dar pie a tres laboratorios de mecánica con funcionamiento en tiempo real y un sistema de control por plataforma Web. Además, se hace uso de dispositivos de grabación para generar en el estudiante un alto grado de inmersión en la planta seleccionada, resaltando el acceso a un monitoreo constante que permite la retroalimentación e incluye un procesamiento de imágenes para la toma de datos.

Las tres plantas físicas seleccionadas para conformar este sistema de laboratorios remotos, se basan en los fenómenos de mecánica: movimiento parabólico de proyectiles, caída libre de cuerpos y sistema masa - resorte.

Lo que resta del presente documento consta de cuatro secciones más; en la sección II se describe de manera general la arquitectura del sistema, posteriormente en la sección III se exponen las especificaciones requeridas para la construcción y conexión de cada una de las tres plantas físicas con el servidor, en la sección IV se detalla la prueba piloto de la propuesta con uno de los montajes experimentales, y en la sección V se presentan la discusión y resultados.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

La estructura diseñada de los laboratorios remotos, se basa en una arquitectura cliente-servidor donde dos computadores se conectan a una misma red; uno de ellos se ubica próximo a la planta física, teniendo conexión con todos los sensores y actuadores de la misma mediante una tarjeta integrada. El otro computador debe ser capaz de controlar el sistema real de manera remota. Las diferentes plantas se conectan a un servidor en común que permite la interacción del cliente mediante una interfaz web (Figura 1). La información que se adquiere de la planta, es almacenada en una base de datos dinámica.

Dividiendo el sistema en dos zonas, se tienen dos capas, una física comprendida por las tres plantas físicas, y otra de

interacción donde el usuario trabaja y manipula las características de las plantas. De forma más detallada:

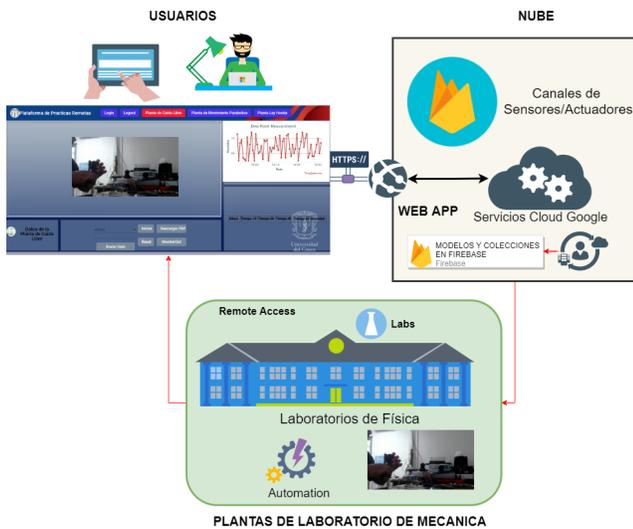


Fig 1. Esquema general de los componente Cliente-Servidor

A. Capa Física

- Cada planta física cuenta con una tarjeta integrada ESP32 que se enlaza de forma serial a un ordenador con conexión a internet. Este tipo de tarjeta es de bajo costo y permite escalabilidad del proceso.
- La comunicación entre las tarjetas integradas y el ordenador local se realiza mediante lenguaje de programación Python.
- Para captar la información pertinente a cada práctica, se cuenta con distintos tipos de sensores que están conectados a la tarjeta ESP32 (Figura 2). Variables como desplazamiento, ángulos de inclinación o percepción de movimiento, son información que se extrae de la planta para que el sistema genere retroalimentación y presente resultados. Entre los elementos se encuentran dispositivos de grabación que mediante un posterior procesamiento de imágenes, arrojan datos de posicionamiento en el tiempo del cuerpo analizado.
- El funcionamiento inicial de cada planta conlleva activar dispositivos que generen una interacción con el entorno para posteriormente obtener la lectura de la variable deseada. En cada planta se disponen de motores, servomotores, sistemas de engranaje, o actuadores lineales que hacen posible el inicio de la medición. Estos actuadores están también conectados a la tarjeta ESP32 la cual al recibir órdenes del computador, enciende o apaga cada actuador.

- El monitoreo constante de cada planta es necesario para que el estudiante (cliente desde la plataforma) sienta que es parte de la práctica y reconozca los elementos que la conforman, es por ello que cada una de ellas tienen incorporada una cámara IP AXIS, que mediante una conexión a la red local y apertura de puertos de la misma, permite la visualización del entorno en la plataforma web mediante protocolos HTTP o RTSP.

B. Capa de interacción

- El ingreso por parte del cliente al entorno de los tres laboratorios remotos, se realiza mediante un computador con conexión a Internet. El usuario interactúa con la interfaz HMI de la plataforma web construida, donde se le exige una cuenta de registro que le permite almacenar adecuadamente los datos adquiridos. La interfaz es de fácil comprensión, se constituye por una arquitectura con botones y entradas necesarias para dar inicio a las prácticas. Cada laboratorio tiene su área específica en la interfaz que se subdivide para mostrar el streaming de la planta, gráficas de variables, tablas de datos resultantes de la medida y su descarga en un archivo PDF. Cabe resaltar, que el usuario tiene la opción de pausar el sistema en cualquier momento mediante un botón diseñado para tal fin.
- Firebase de google es la capa interna o *Backend* que se utiliza como base de datos para soportar toda la información que ingresa el cliente y entrega cada una de las plantas. Esta herramienta está en constante uso ya que su repetitiva actualización permite la correcta retroalimentación del sistema, dados sus servicios en tiempo real.

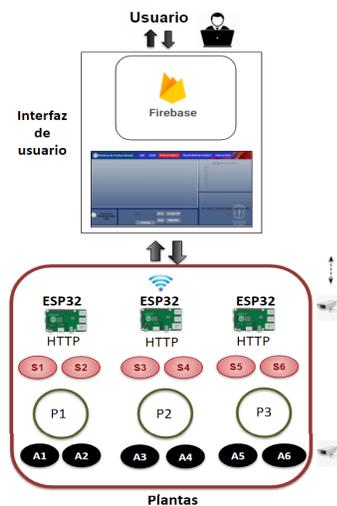


Fig 2. Arquitectura cliente-servidor integrada a las tres plantas físicas seleccionadas, con actuadores y sensores incorporados.

III. ESPECIFICACIONES DE LAS PLANTAS

Cada uno de los tres laboratorios de mecánica seleccionados, plantea un objetivo principal que debe ser cumplido en las prácticas remotas correspondientes. Lo anterior implica el conocimiento de una serie de características que en conjunto complementan al sistema para alcanzar la meta trazada. A continuación, se presentan las variables y particularidades que cada una de las plantas obtiene y ejecuta para un óptimo desarrollo del laboratorio remoto.

A. Planta de Caída Libre

El objetivo de esta planta es reforzar en el estudiante los conocimientos sobre el movimiento uniformemente acelerado de un proyectil para una sola dimensión espacial (Figura 3 y 4).

- ❑ La variable principal de entrada es la posición del balón a lo largo de un eje vertical ‘Y’ que es marcado con una regla de apoyo. Esta es la altura inicial desde la cual se suelta el cuerpo, y es un valor predeterminado por el usuario.
- ❑ La variable principal de salida es el tiempo que demora el proyectil en caer en la posición de referencia cero. Esta medida también es tomada al pasar el proyectil por ciertas alturas determinadas, en las cuales se han dispuesto sensores de movimiento para captar el instante.
- ❑ Al ser una práctica remota, es necesario que la planta sea autosuficiente, por lo tanto, se implementa un sistema de recolección y elevación del balón.

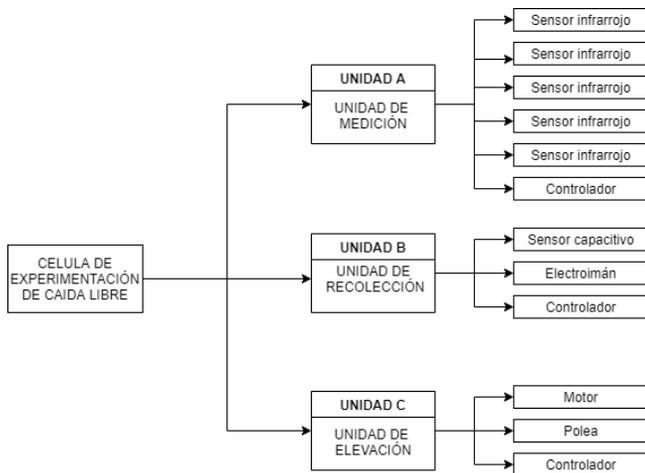


Fig. 3 Arquitectura de la planta de caída libre



Fig 4. Montaje experimental para la planta de caída libre

B. Planta de Movimiento Parabólico

El objetivo de esta planta es reforzar en el estudiante los conocimientos sobre el movimiento uniformemente acelerado de un proyectil para dos dimensiones espaciales (Figura 5 y 6).

- ❑ La variable principal de entrada es el ángulo de inclinación del cañón con respecto al eje horizontal ‘X’, que el usuario ingresa de acuerdo a un rango de ángulos predefinidos.
- ❑ Las variables principales de salida son las posiciones X e Y del proyectil durante determinados instantes de tiempo hasta que el proyectil cae en la posición de referencia cero para el eje Y. El tiempo de vuelo también es entregado al cliente.
- ❑ Al ser una práctica remota, es necesario que la planta sea autosuficiente, por lo tanto, se implementa un sistema de retroalimentación que recolecta el balón y lo inserta nuevamente en el cañón.

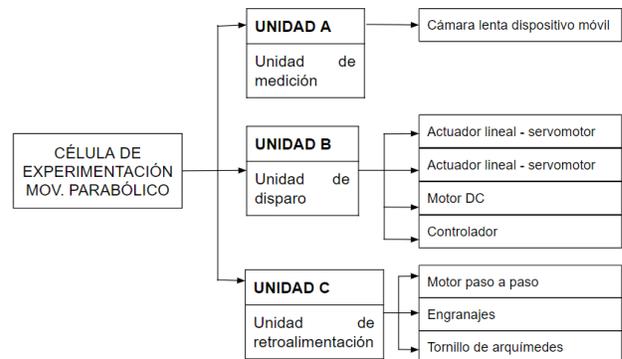


Fig. 5 Arquitectura de la planta de Movimiento Parabólico

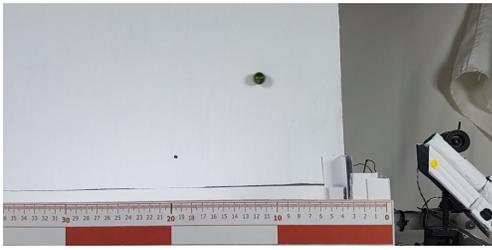


Fig. 6 Montaje experimental para la planta de movimiento parabólico

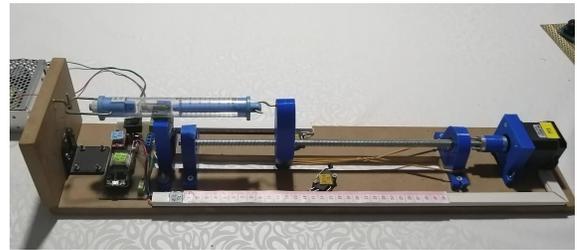


Fig. 8 Montaje experimental para la planta en ley de hooke

C. Planta de Sistema Masa-Resorte (Ley de Hooke)

El objetivo de esta planta es reforzar en el estudiante los conocimientos sobre la Ley de Hooke y la constante de elasticidad presente en un sistema masa-resorte, sin embargo debido a la complejidad de la práctica, en este proyecto se realiza la corroboración de la ley de Hooke en lugar de hallar el valor de la constante de elasticidad de cada resorte (Figura 7 y 8).

- ❑ La variable principal de entrada dada por el cliente es la distancia a la cual se desea alargar el resorte del dinamómetro.
- ❑ La variable principal de salida es la lectura de fuerza que arroja el dinamómetro al momento de elongarse el resorte, teniendo en cuenta que esta lectura se realiza con procesamiento de imágenes.
- ❑ El sistema vuelve a su posición original al recibir la señal de que la información tomada, por procesamiento de imágenes, ha sido almacenada en la base de datos.

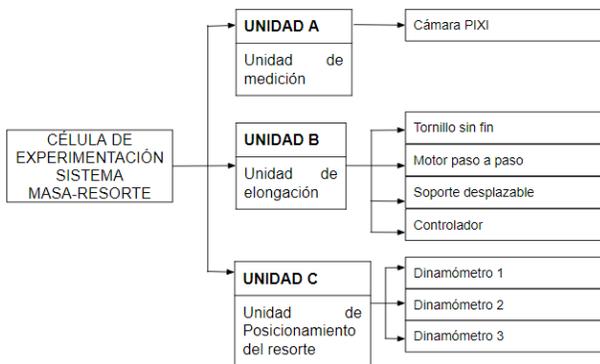


Fig. 7 Arquitectura de la planta Sistema masa-resorte

IV. PRUEBA PILOTO

En el presente artículo se discute el funcionamiento del trabajo realizado a partir de la experiencia generada con la planta de caída libre para verificar que la unidad de medición, recolección, elevación y monitoreo, tuvieran un correcto funcionamiento de sus canales de comunicación con el servidor y cliente. Además, se evaluó el buen desempeño de los protocolos de control del sistema.

A. Comunicación Cliente-Servidor.

Se ingresó a la interfaz para la planta de caída libre en la plataforma web elaborada (Figura 9), haciendo el previo registro de usuario para ingresar a la base de datos.



Fig. 9 Interfaz de usuario para la planta de Caída Libre.

La plataforma permite que el usuario seleccione el valor de altura desde la cual será lanzado el proyectil, teniendo en cuenta un cierto intervalo y valores que ya han sido predeterminados.

B. Elevación, medición y visualización

A través de la conexión en red local de la cámara IP con sus respectivas configuraciones de operación, se logró el monitoreo en tiempo real del sistema como se observa en la Figura 10, así como la visualización del fenómeno desde la plataforma web mediante protocolos HTTP o RTSP.

Las alertas de inicio para la práctica se envían a la tarjeta ESP32 desde el servidor, poniendo en marcha al motor DC de 24V que da comienzo al sistema de piñones y correas. La

elevación del balón se realiza hasta la altura elegida, momento en el cual el motor y el electroimán se apagan, donde el balón adherido es liberado para que experimente la caída.

De forma inmediata, cada uno de los sensores infrarrojos ubicados a distintas alturas, detectan la presencia del balón en dicha posición durante su caída, donde la pareja de datos posición y tiempo detectadas son enviadas al servidor y visualizadas en la tabla de la interfaz de usuario.



Fig 10. Monitoreo del montaje experimental de la planta de caída libre.

C. Recolección

Al momento de caer el balón en la posición de referencia cero, el sistema está diseñado para amortiguar el golpe con una estructura MDF cubierta de hule para no desviar el proyectil. El electroimán recolecta nuevamente el balón para volver al proceso de elevación según la orden de usuario. Este proceso permite el trabajo del sistema en lazo cerrado.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El conjunto de unidades de medición y accionar mecánico de cada planta, han cumplido con los requerimientos básicos que se especificaron anteriormente para llevar a cabo la toma e interpretación de datos que se efectúa en el aprendizaje experimental de los distintos fenómenos físicos seleccionados para evaluar, emulando los procesos de medida presenciales en el modelo tradicional.

De acuerdo a la arquitectura de cada una de las plantas, el sistema es escalable a lo que se desee adicionar, reemplazar o eliminar. La versatilidad del Internet de las cosas permite incorporar distintas herramientas tecnológicas que son capaces de brindar una medición o proceso mecánico idóneo y de mínimo error, para así mejorar la estabilidad y funcionalidad de los laboratorios remotos.

Cabe destacar que las ventajas de desarrollar este tipo de prácticas remotas en física, son extensas. Como parte de ellas

se puede mencionar la posibilidad que el estudiante las repita en cualquier momento, debido a algún tipo de interrupción en la comunicación con el servidor, o por falta de comprensión del fenómeno físico que está observando en el monitoreo del sistema. Es así, que en el ámbito pedagógico, repetir y brindar el tiempo suficiente a una práctica experimental, permite que el aprendizaje sea más duradero y consistente [5].

Se ha planteado y desarrollado una propuesta escalable de un sistema hardware y software genérico fácilmente modificable con las interfaces necesarias para cada herramienta tecnológica en las distintas plantas brindando una estrategia para coadyuvar en el aprendizaje por experiencia.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Universidad del Cauca por el apoyo recibido para el desarrollo de este proyecto, especialmente al Centro de Gestión de la Calidad y la Acreditación Institucional, que proporcionaron los recursos financieros para el desarrollo e implementación de las fases aquí descritas.

Igualmente es necesario reconocer el trabajo de los estudiantes de los cursos de Instrumentación Virtual y Metodología de Proyecto de Ingeniería en Automática, de los programas de Ingeniería Física e Ingeniería en Automática Industrial de la Universidad del Cauca, quienes desarrollaron los prototipos aquí presentados durante el segundo semestre del año 2020.

VII. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Salud y Protección Social, "Evitando aglomeraciones prevenimos propagación del covid-19", Boletín de Prensa No 818 de 2020, Bogotá, 2020.
- [2] R. Parra, D. Zambrano, E. Valera and I. García, "Laboratorios virtuales y. Laboratorios reales, caso de estudio: Materia Redes Eléctricas", Memorias de la Décima Sexta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2017), 2017.
- [3] U. Hernández-Jayo and J. García-Zubia, "Los laboratorios remotos revolucionan el aprendizaje desde casa", The conversation, 2020.
- [4] M. Canu and M. Duque, "Laboratorios remotos: ¿Cuál es el interés pedagógico?" ENCUENTRO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA ACOFI 2015 Cartagena de Indias, 2015.
- [5] E. Moran, "La práctica y la repetición como base del aprendizaje", Smartick. [Online]. Available: <https://www.smartick.es/blog/educacion/psico/practica-repeticion-aprendizaj>