

Diseño e implementación de una estación de monitoreo ambiental basada en ESP32 para laboratorios académicos

Design and implementation of an ESP32-based environmental monitoring station for academic laboratories

*Roberto Hernández Arteaga ^a, Leslie N. Téllez Vargas ^b, Juan D. Ramírez Zamora ^c
Omar A. Domínguez Ramírez ^d*

Abstract:

This paper presents the design and implementation of a remote monitoring station for physical variables in academic laboratories, using the ESP32-WROOM-32 microcontroller, selected for its low energy consumption, integrated Wi-Fi connectivity, and high processing capacity. The system allows real-time measurement of temperature, humidity, lighting, noise, gases, and atmospheric pressure using specialized sensors. The collected data is transmitted to the cloud via the HTTP protocol and managed using the ThingSpeak IoT platform, which allows the information to be viewed, stored, and analyzed remotely from any device with internet access. This platform offers ease of integration, immediate graphical visualization, and alert generation, making it an efficient tool for continuous monitoring. The proposed system seeks to strengthen safety, optimize experimental conditions, and support preventive maintenance in educational environments through decision-making based on environmental data. The results obtained highlight the relevance of implementing a monitoring system such as the one proposed to provide information that improves decision-making and strategies aimed at controlling these factors.

Keywords:

Monitoring, ESP32-WROOM-32, Variables, IoT Platform

Resumen:

Este trabajo presenta el diseño e implementación de una estación de monitoreo remoto de variables físicas en laboratorios académicos, utilizando el microcontrolador ESP32-WROOM-32, seleccionado por su bajo consumo energético, conectividad Wi-Fi integrada y alta capacidad de procesamiento. El sistema permite medir en tiempo real temperatura, humedad, iluminación, ruido gases y presión atmosférica mediante sensores especializados. Los datos recolectados se transmiten a la nube a través del protocolo HTTP y son gestionados mediante la plataforma IoT ThingSpeak, la cual permite visualizar, almacenar y analizar la información de forma remota desde cualquier dispositivo con acceso a internet. Esta plataforma ofrece facilidad de integración, visualización gráfica inmediata y generación de alertas, lo que la convierte en una herramienta eficiente para el monitoreo continuo. El sistema propuesto busca fortalecer la seguridad, optimizar las condiciones experimentales y apoyar el mantenimiento preventivo en entornos educativos mediante la toma de decisiones basada en datos ambientales. Los resultados obtenidos destacan la relevancia de implementar un sistema de monitoreo como el propuesto para proporcionar información que mejore la toma de decisiones y estrategias orientadas al control de estos factores.

Palabras Clave:

Monitoreo, ESP32-WROOM-32, Variables, Plataforma IoT

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Licenciatura en Ingeniería en Electrónica | Pachuca de soto-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0000-4735-2159>, Email: he429656@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Licenciatura en Ingeniería en Electrónica | Pachuca de soto-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0002-7699-549X>, Email: te352364@uaeh.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Dirección de laboratorios | Pachuca de soto-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0001-9667-6408>, Email: juandaniel_ramirez@uaeh.edu.mx

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Área académica de computación y electrónica | Pachuca de soto-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-9663-8089>, Email: omar@uaeh.edu.mx

Introducción

Los ambientes educativos son todos los escenarios en donde se lleva a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje. El ambiente corresponde a los espacios destinados a la realización de actividades de aprendizaje, éste puede ser de tres tipos: áulico, real-físico y virtual. El ambiente real incluye lugares como laboratorios, clínicas, bibliotecas; es decir, son escenarios concretos donde es posible planear, realizar y verificar la aplicación de los conocimientos y habilidades que se han adquirido (Rodríguez, 2014).

Las indagaciones acerca del espacio escolar en el ámbito educativo poseen una extensa trayectoria, por lo tanto, es esencial reconocer las diversas condiciones ambientales que les rodean. Aunque comúnmente se considera que las organizaciones brindan espacios físicos y ambientes de trabajo seguros, saludables y confortables para llevar a cabo las actividades educativas requeridas, es fundamental considerar que “incluso las variaciones más sutiles pueden generar factores de riesgo y tener un impacto significativo en el rendimiento, actitud y en la seguridad de la comunidad estudiantil” (García, 2007).

Por ello es crucial prestar atención a las variables físicas vinculadas con el espacio físico, más allá del confort de los usuarios en los espacios, en un análisis más profundo se encuentra el nivel de seguridad, que se vincula directamente con la salud y el bienestar de cada persona. Estas variables físicas y ambientales a los que se hace referencia y que encontramos en casi todos los espacios de trabajo, es la temperatura, humedad, ruido, iluminación, gases de instrumentación y presión atmosférica (González y Abad, 2020).

Cuando el nivel de ruido se sitúa entre 65 y 85 dB, afecta negativamente en la capacidad de concentración y aprendizaje, lo que provoca que los procesos cognitivos se tornen más lentos y conlleva a un aumento en el número y gravedad de errores e incidentes laborales (Pérez y Hesiquio, 2024).

Actualmente la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, establece ciertos límites máximos permisibles de exposición al ruido en los espacios de trabajo (STPS, 2001). El ambiente térmico es un factor ambiental que incluye diversas variables, tales como la temperatura y la humedad. Es un factor subjetivo, por lo que suele ser complicado llegar a un punto en común que resulte satisfactorio para todos los usuarios. Un ambiente térmico inapropiado puede generar problemas, como sobrecargas, cortocircuitos eléctricos y reacciones químicas, mismos que impactan en el bienestar de los usuarios, es un aspecto al que se le debe dar importancia al momento de analizar. La norma NOM-015-STPS-2001,

regulariza las condiciones térmicas elevadas o abatidas- Condiciones de seguridad e higiene (STPS, 2002).

Una iluminación inadecuada incrementa la probabilidad de que los usuarios cometan errores y de que ocurran accidentes, al tiempo que conlleva otras consecuencias adversas para la salud (Banchs et al., 2008). La Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, tiene como objetivo establecer los requerimientos de iluminación para asegurar que se disponga de la cantidad adecuada para cada actividad con el objetivo de proporcionar un ambiente seguro y saludable (STPS, 2008). En ciertos espacios físicos se utilizan diversos gases como soporte para distintas aplicaciones. La NORMA Oficial Mexicana NOM-010-STPS-2014 establece los límites permisibles de concentración de agentes químicos contaminantes en el ambiente laboral, así como los procedimientos y medidas para prevenir riesgos a la salud (STPS, 2014).

Un espacio físico de alto riesgo donde existe la posibilidad de sufrir daños debido a la exposición a gases, sustancias químicas y/o variables físicas, son los laboratorios. Durante los procedimientos de experimentación realizados, se requiere la manipulación de equipos y materiales que varían en su nivel de peligrosidad, lo que implica múltiples riesgos para la salud (Walters et al., 2017). En México, se carece de estadísticas oficiales de accidentes en el laboratorio académico; sin embargo, se tiene conocimiento de la ocurrencia de incendios y explosiones (Blancas et al., 2019). Destacando la importancia de las variables físicas y ambientales, a las que se está expuesto de manera constante según el espacio físico, las cuales resultan difíciles de controlar y estandarizar, surge la necesidad de implementar sistemas adecuados de adquisición de información y sensibilización de las condiciones ambientales que les rodean, con el fin de minimizar los riesgos para tomar las mejores decisiones posibles ante un accidente salvaguardando la seguridad y la salud.

Observación del problema

Las deficiencias en seguridad y cuidado del ambiente en los laboratorios adquieren más relevancia, dado que son espacios dedicados a la enseñanza-aprendizaje, de allí la importancia implementar recursos de hardware y software, así como gestionando los datos y visualizando los resultados del entorno, para crear ambientes escolares positivos, seguros, y fortalecer la cultura de la seguridad en los laboratorios de instituciones académicas. Actualmente, la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) dispone de 290 laboratorios, clínicas y talleres que dan soporte a más de 120 programas educativos que se ofrece, recibiendo a más de 58,803 estudiantes de nivel bachillerato, licenciatura y posgrado (DCS, 2024).

Aunque es cierto que estos laboratorios implementan las normativas y procedimientos correspondientes, la confiabilidad y eficacia de estos métodos pueden ser cuestionadas, ya que no se tienen en cuenta todos los factores negativos relacionados con la seguridad. Esto abarca la identificación de fallos técnicos, factores ambientales y errores humanos que, de manera aislada o en conjunto, pueden conducir a sucesos no deseados. Por esta razón, se propone el desarrollo de herramientas que faciliten el análisis automatizado de las condiciones ambientales en un espacio físico, empleando un prototipo de monitoreo junto con una red de sensores que permita el monitoreo en tiempo real de variables como la temperatura, la humedad, la iluminación y el ruido, generando así los datos necesarios para brindar un entorno laboral más seguro para los usuarios. En este artículo se presenta el diseño y la implementación de un sistema de monitoreo de variables físicas en los laboratorios de la UAEH como; temperatura, humedad y luminosidad.

Este se enlaza a la plataforma de ThingsSpeak la cual nos permitirá visualizar y analizar los datos recolectados desde cualquier lugar con acceso a internet. Este sistema no solo facilitará la gestión de las condiciones del entorno a los laboratorios, sino que también nos proporciona una herramienta valiosa para la investigación y el mantenimiento preventivo, mejorando la precisión y el control de las variables físicas que afectan no solo los resultados de los experimentos, sino también el desempeño de los estudiantes.

Enunciado del problema y solución

En los laboratorios de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), la falta de un sistema automatizado de monitoreo ambiental dificulta la creación de un entorno controlado que garantice condiciones óptimas para el desarrollo de actividades científicas y experimentales. Actualmente, no existe una plataforma o prototipo que permita la retroalimentación continua sobre variables críticas como la temperatura, la humedad y la luminosidad en tiempo real. Esto genera riesgos potenciales para los equipos sensibles y compromete la calidad de los experimentos, además de no permitir una adecuada gestión de los espacios de trabajo en función de los parámetros ambientales. La ausencia de un sistema de retroalimentación también limita la capacidad de respuesta inmediata ante variaciones que puedan impactar negativamente en el ambiente laboral y en la integridad de los ensayos científicos. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un sistema automatizado que permita monitorizar, registrar y analizar de manera remota las variables ambientales clave, a fin

de garantizar un entorno controlado y seguro en los laboratorios.

Estado del arte

En los últimos años, se ha producido un cambio claro e innegable hacia la importancia de la monitorización ambiental en entornos controlados como los laboratorios. Esto se debe a la necesidad de mantener condiciones específicas para garantizar la integridad de los experimentos y la conservación de los equipos. La integración de sistemas IoT ha sido un paso fundamental en el desarrollo de plataformas de monitorización en tiempo real que proporcionan retroalimentación inmediata sobre variables ambientales como la temperatura, la humedad y la luminosidad. En la siguiente sección, presentaremos una revisión de los principales estudios y proyectos similares que han abordado esta cuestión.

(Espitaleta, 2020) Desarrollo de una estación de monitoreo que evalúa las variables de humedad y temperatura del suelo, así como la temperatura y humedad ambiental, y el nivel de radiación solar. Este sistema está diseñado para optimizar la programación de riegos en cultivos agrícolas durante períodos de sequía prolongada.

El sistema permite el almacenamiento, la visualización y el envío remoto de datos a través de la red GSM, y también es capaz de recibir solicitudes de envío de información a dispositivos inteligentes. La estación de monitoreo está diseñada para operar en el campo, en medio de cultivos agrícolas, y funciona con energía fotovoltaica.

(López, 2022) Desarrolla un prototipo de estación meteorológica portátil capaz de medir diversas variables físicas, tales como presión atmosférica, temperatura ambiental, humedad relativa, cantidad de luz solar y humedad del suelo. Este dispositivo tiene como objetivo proporcionar información que contribuya a optimizar las condiciones necesarias para mejorar los cultivos en el rancho San Gabriel. El prototipo está basado en un Arduino Mega, que incorpora un microchip ATmega2560, y utiliza diferentes sensores y módulos transceptores para permitir la comunicación y el envío y recepción de datos en tiempo real, a través de la banda ISM de 2.4 GHz. Los sensores están acoplados a la tarjeta de adquisición de datos, lo que permite su procesamiento mediante un algoritmo específico desarrollado para este propósito.

(Camargo et al., 2022) Presentan un sistema electrónico que emplea el Internet de las Cosas (IoT) para el monitoreo de variables ambientales, incluyendo

temperatura, humedad relativa, temperatura del agua, presión atmosférica y nivel de profundidad de los recursos hídricos. El prototipo se ha desarrollado siguiendo una arquitectura de tres capas: la capa de detección o sensado, la capa de infraestructura o red de comunicación, y la capa de servicio de IoT. Esta estructura permite una integración eficiente de los datos y una gestión efectiva de la información ambiental.

(Hernández et al., 2023) Presentan un sistema para medir parámetros relacionados con la calidad del aire, denominado HZS-GARP-AQ-03, en respuesta al impacto significativo de la contaminación del aire en la salud humana, la agricultura y el clima en general. Este sistema utiliza hardware y software de código abierto, y al combinarlo con sensores, se forma un sistema de medición capaz de ofrecer información valiosa para la toma de decisiones. Con el fin de asegurar la calidad mínima de los datos obtenidos, se han realizado experimentos de calibración en casi todos los sensores integrados en el sistema. El HZS-GARP-AQ-03 es un prototipo conceptual que cuenta con autonomía energética y puede funcionar de manera independiente o estar conectado a una plataforma de IoT.

(Bello et al., 2022) Desarrollan la instrumentación electrónica de un sistema de biofiltración no convencional, que incluye tres biofiltros aerobios de flujo descendente. Este sistema está diseñado para regular el flujo de entrada y salida del agua residual, así como para monitorear las variables de temperatura y color. Los biofiltros se emplean en la remoción de colorantes tipo Azo, que son comúnmente utilizados en el teñido de mezclilla y, debido a su resistencia a la degradación, suelen ser vertidos en los ríos. Cada biofiltro ha sido acondicionado con diferentes materiales, como turba y perlita, inoculados con lodos aclimatados, con el objetivo de eliminar el color y la materia orgánica. Los resultados obtenidos han permitido optimizar el procedimiento de recolección y análisis de muestras en cada uno de los biofiltros, mediante la integración de sensores de color TCS230, sensores de temperatura PT100, electroválvulas que regulan el influente de cada biofiltro, y una interfaz gráfica desarrollada en LabView, que presenta las mediciones de las variables físicas.

La revisión de estos estudios demuestra que el uso de sistemas IoT y plataformas en la nube para el monitoreo de variables ambientales en laboratorios ha tenido un impacto significativo en la mejora de los entornos controlados.

Sin embargo, muchos de estos sistemas se limitan a un conjunto reducido de variables o requieren de intervenciones manuales para ajustar las condiciones. El presente proyecto busca superar estas limitaciones,

ofreciendo una solución integral y automatizada mediante el uso de ThingSpeak, con el objetivo de proporcionar retroalimentación continua y acceso remoto a los datos ambientales en los laboratorios de la UAEH.

Tecnología implementada

Se llevó a cabo un análisis para identificar los componentes de hardware y software indispensables, con el objetivo de garantizar el funcionamiento óptimo del prototipo, tales como la placa de adquisición de datos, el servidor, los sensores destinados a la recolección de datos, el entorno de desarrollo y la plataforma de alojamiento web, entre otros.

Tecnología implementada

El diseño de este sistema iniciara con la selección de la tarjeta de adquisición de datos, cuya función principal es capturar y muestrear los datos generados por los sensores, utilizando para ello una placa de desarrollo ESP32-WROOM-32.

El ESP32-WROOM-32 es una placa de desarrollo con un microcontrolador de 32 bits, fabricada por Espressif Systems. Integra un procesador Xtensa LX6 de dos núcleos, lo que le permite ejecutar 2 procesos a la vez. Esta característica favorece el desarrollo de aplicaciones utilizando diversos lenguajes de programación, bibliotecas y diversos recursos. Su alta versatilidad la hace adecuada para una amplia gama de aplicaciones, desde proyectos de Internet de las Cosas (IoT).

Resumiendo, las especificaciones técnicas encontramos; incluye un procesador de 32 bits con una velocidad máxima de 260 MHz, dispone de 4 comunicaciones SPI, 2 I2C, 2 I2S, 3 UART y un bus CAN 2.0. Además, integra módulos WiFi y Bluetooth, cuenta con 36 pines GPIO, de los cuales 16 pueden usarse como salidas PWM y 18 como entradas analógicas. Para manejar las señales analógicas, incorpora 2 ADC de entrada múltiple, Sus convertidores son de 12 bits, característica que le otorga una mayor resolución para leer las señales analógicas. Es compatible con la tecnología WiFi 802.11 b/g/n/ac, lo que le permite funcionar tanto como punto de acceso como estación inalámbrica. En cuanto al Bluetooth, soporta la versión 5.0 y es compatible con Bluetooth Low Energy (LE), (Cameron, 2023).

Sensor DHT11: Es un sensor digital de temperatura y humedad que incorpora un conversor analógico-digital de 16 bits y utiliza dos elementos sensores resistivos: un termistor NTC para temperatura y un sensor capacitivo para humedad. Viene calibrado de fábrica, con coeficientes de calibración almacenados en memoria OTP, lo que garantiza alta precisión y estabilidad a largo plazo. Emplea comunicación digital mediante protocolo 1-

Wire, permitiendo una integración sencilla con microcontroladores usando solo una línea de datos, ver Tabla 1.

Tabla 1 Características técnicas de Dht11. Fuente: Elaboración propia.

Sensor Dht11

Voltaje de operación:	3V – 5V DC
Consumo de corriente:	0.3 mA
Interfaz digital:	Single-bus (bidireccional)
Rango de medición de temperatura:	0°C a 50°C
Resolución de temperatura:	1°C
Rango de medición de humedad:	20% a 90% RH
Resolución de humedad:	1% RH

Sensor de sonido Ky-037: Es un módulo sensor de sonido que detecta niveles de presión sonora mediante un micrófono eléctrico de alta sensibilidad. Está diseñado para aplicaciones que requieren la detección de eventos acústicos (como golpes, voces, ruidos bruscos) sin necesidad de procesamiento de señal complejo. Potenciómetro ajustable que permite calibrar la sensibilidad del disparo digital, ver Tabla 2.

Tabla 2. Características técnicas de Ky-037. Fuente: Elaboración propia.

Sensor Ky-037

Voltaje de operación:	5V
Salidas:	Analógica y digital
Interruptor digital salida:	(0 / 1)
Temperatura:	-40°C a +85°C
Usa el Micrófono:	Gao Gan grado de alta sensibilidad

Sensor TEMT6000: Módulo que contiene un fototransistor plano epitaxial NPN de silicio en un paquete miniatura 1206 transparente, de montaje superficial, el cual es sensible a la luz visible de forma muy similar a la sensibilidad del ojo humano, la sensibilidad máxima de este fototransistor es de 570nm, ver Tabla 3.

Tabla 3. Características técnicas de Temt6000. Fuente:

Elaboración propia.

Sensor Temt6000

Voltaje de operación:	3V – 5V
Rango de salidas:	0 a VCC
Salida:	Analógica
Rango de medición:	10 a 1000 lux
Rango espectral:	360 a 970 nm
Temperatura de operación	-40°C a 85°C

Sensor MQ-2: Es un detector analógico de gases que permite medir concentraciones de gases inflamables y humo en el aire. Está basado en un sensor de óxido de estaño, cuya conductividad varía en presencia de gases combustibles como GLP, propano, metano, alcohol, hidrógeno y humo, ver Tabla 4.

Tabla 4. Características técnicas de Mq-2. Fuente: Elaboración propia.

Sensor Mq-2

Voltaje de operación:	5V DC
Consumo de corriente:	Menos de 150mA a 5V
Salida:	Analógica y digital
Rango de detección:	300 a 10000 ppm
Resistencia de sensado:	1KΩ a 20KΩ
Tiempo de respuesta:	=10 segundos
Tiempo de recuperación:	=30 segundos
Temperatura de operación:	-20°C a + 50°C

Sensor BMP180: Está diseñado para leer la presión atmosférica y temperatura y de esta forma estimar indirectamente la altura sobre el nivel del mar, al censar la temperatura podemos compensar su influencia en la presión y así determinar con mayor exactitud la altitud. Incluye además del sensor BMP180, un regulador de voltaje (5V a 3.3V), resistencias pull-up y capacitores by-pass, ver Tabla 5.

Tabla 5. Características técnicas de Bmp180. Fuente: Elaboración propia.

Sensor Bmp180

Voltaje de operación:	3.3V – 5V DC
Interfaz de comunicación:	I2C (3.3V)

Rango de presión:	300 a 1100 hPa (03 - 1.1bar)
Resolución:	1 Pa
Presión absoluta:	1 hPa
Frecuencia de muestreo:	1209 Hz (máx)

Plataforma IoT

Existen diversas plataformas IoT que permiten la visualización y gestión de datos en la nube, tales como Blynk, Ubidots y Adafruit IO, cada una con características particulares orientadas a diferentes aplicaciones. Blynk (Blynk.io, 2023), por ejemplo, destaca por su enfoque en el desarrollo rápido de interfaces gráficas móviles, sin embargo, su versión gratuita presenta limitaciones de escalabilidad y almacenamiento. Por su parte, Ubidots (Ubidots, 2024) se orienta a soluciones industriales, ofreciendo dashboards avanzados y opciones de integración con APIs externas, aunque con costos de suscripción más elevados para acceder a sus funcionalidades completas. Adafruit IO (Adafruit, 2022), en cambio, ofrece simplicidad y compatibilidad con hardware abierto, pero restringe el volumen de datos y la capacidad de análisis en tiempo real.

En contraste, ThingSpeak se seleccionó para este proyecto debido a su integración nativa con MATLAB, lo que facilita el análisis avanzado de datos, la generación de modelos predictivos y la implementación de algoritmos de aprendizaje automático. Adicionalmente, ThingSpeak ofrece almacenamiento gratuito suficiente para entornos académicos, acceso remoto desde cualquier dispositivo y una configuración sencilla mediante canales personalizables. Estas ventajas convierten a ThingSpeak en una opción idónea para el monitoreo continuo de variables ambientales en laboratorios educativos, equilibrando facilidad de uso, capacidad analítica y costo.

Construcción e implementación de la plataforma

El diagrama de bloques con su construcción

El diagrama ilustra el sistema encargado para la medición y el registro de parámetros ambientales críticos en un laboratorio, enviando los datos a una plataforma IoT para su almacenamiento, monitoreo y análisis en tiempo real, ver Figura 1.

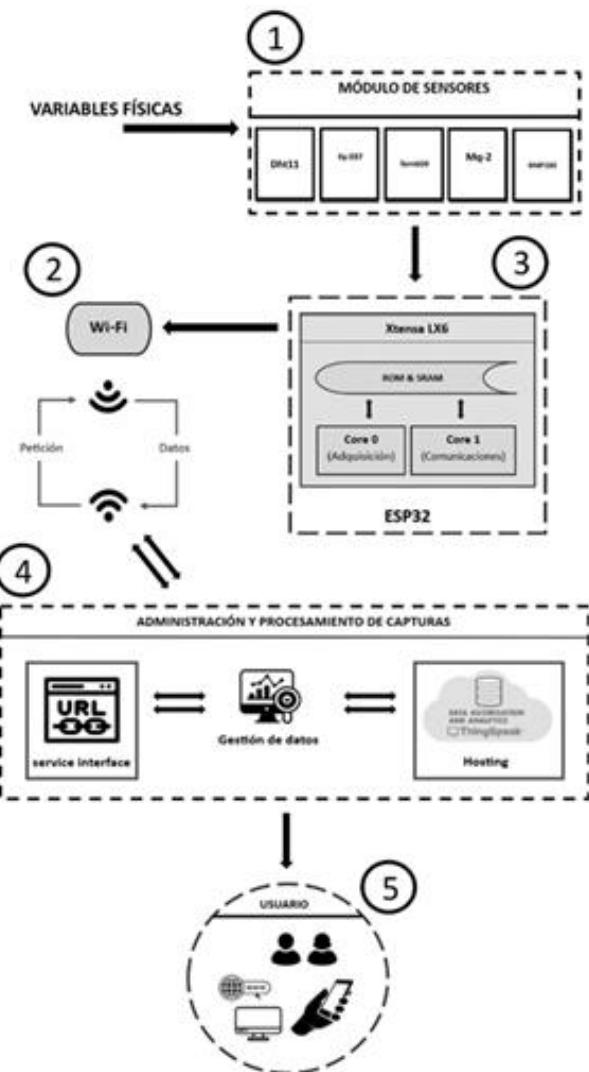


Figura 1. Diagrama de bloques. Fuente: Elaboración propia.

- Bloque 1: Módulo de hardware encargado de las mediciones de las variables estudiadas en el laboratorio, permitiendo una lectura exacta para iniciar el proceso de monitoreo.
- Bloque 2: Unidad encargada de recibir la lectura de los sensores, procesar la información, enviar la información recolectada hacia el módulo de comunicación.
- Bloque 3: Módulo de comunicación que permite la comunicación entre dispositivos mediante el protocolo WLAN.
- Bloque 4: Se resguardarán datos para la toma de decisiones del proceso de monitoreo. Debido a que el objetivo principal es la disponibilidad de la información se optó por (ThingSpeak) ya que se puede consultar el estado de cada una de las variables desde cualquier dispositivo móvil o computador.

- Bloque 5: El usuario visualiza la monitorización de las variables en sitio y revisión de alarmas presentes para mantenimiento correctivo y preventivo.

Diagrama esquemático de conexiones

El diagrama esquemático de conexiones detalla la configuración y la interconexión entre el microcontrolador ESP32 y los sensores del prototipo. Este esquema ilustra cómo el ESP32 gestiona la adquisición de datos ambientales a través de interfaces digitales y analógicas, asegurando una comunicación eficiente y una correcta alimentación de todos los componentes, ver Figura 2.

Las señales provenientes de los sensores fueron conectadas a pines específicos del microcontrolador ESP32, según su tipo de salida y requerimientos de comunicación. En particular, se asignaron los siguientes pines: pin 32 para el sensor de luz TEMT6000, pin 26 para el sensor de sonido KY-037, pin 25 para el sensor de temperatura y humedad DHT11, pin 35 para el sensor de gas MQ-2, y pin 21 para el sensor barométrico BMP180.

Se estableció una línea común de alimentación (+3.3V o +5V, según las especificaciones de cada sensor) y una línea de tierra (GND) compartida, con el fin de garantizar la estabilidad eléctrica del sistema. La transmisión de datos se realizó mediante entradas analógicas para sensores como el MQ-2 y KY-037, mientras que para dispositivos como el DHT11 y el BMP180 se utilizaron interfaces digitales, respectivamente.

Cada sensor genera una señal de salida (analógica o digital) que es capturada por el ESP32, donde se realiza el procesamiento inicial. Posteriormente, los datos son enviados a la plataforma en la nube ThingSpeak, utilizando comunicación Wi-Fi, para su almacenamiento, análisis y visualización remota. Además, se consideraron los pines de control y programación del microcontrolador, asegurando la operatividad y posibilidad de actualización del sistema.

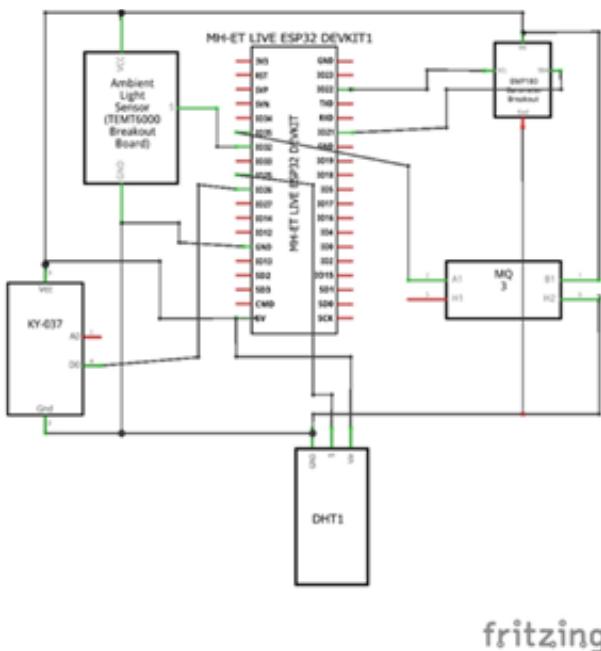


Figura 2. Diagrama esquemático. Fuente: Elaboración propia.

ThingSpeak

Es una plataforma basada en la nube utilizada para la visualización, almacenamiento y análisis de datos en tiempo real provenientes de los sensores instalados en la estación de monitoreo. En el presente proyecto, ThingSpeak se emplea como herramienta fundamental para la gestión de los datos generados por la estación de monitoreo facilitando su acceso y procesamiento remoto.

Configuración e Integración de ThingSpeak en la Estación de Monitoreo

En la presente propuesta, ThingSpeak se implementa como la plataforma IoT encargada de receptionar, almacenar y monitorear en tiempo real las lecturas captadas de los sensores instalados en la estación. La transmisión de datos hacia la nube se realiza mediante el protocolo HTTP, utilizando una tarjeta de desarrollo ESP32 con conectividad a Internet.

Cada lectura capturada por los sensores es enviada a los canales configurados en la plataforma, lo que permite acceder a la información de forma remota desde cualquier ubicación con acceso a la red. Esta funcionalidad facilita el seguimiento continuo de las variables monitoreadas, habilitando un sistema de monitoreo eficiente, accesible y en tiempo real.

La configuración de la plataforma IoT ThingSpeak se realizó siguiendo una secuencia estructurada de pasos, que se describen a continuación:

1. Acceso a la plataforma: Se accedió al portal oficial de ThingSpeak mediante el uso de una cuenta asociada a MathWorks, requisito

- indispensable para la utilización de sus servicios.
2. Creación y configuración de canales: Una vez iniciada la sesión, se procedió a la creación de un canal, al cual se le asignó un nombre identificativo que permite organizar los datos recolectados. Cada canal en ThingSpeak permite el almacenamiento de hasta ocho variables, denominadas Fields o campos. Para el caso de estudio, se configuró el siguiente canal.

Canal 1: Estación de monitoreo, con la siguiente asignación de campos:

(Field 2): Nivel de iluminación,
(Field 3): Gases de instrumentación,
(Field 4): Presión atmosférica,
(Field 5): Ruido.
(Field 6): Temperatura ambiental

3. Asignación de identificadores y claves de acceso: Tras la creación de los canales, la plataforma asigna de manera automática un identificador único (Channel ID) para cada canal, junto con las respectivas API (API Keys), las cuales servirán para lectura y escritura de datos en los canales creados, asegurando la integridad y seguridad del acceso a los datos almacenados.

Diseño y fabricación del prototipo

La carcasa del prototipo fue diseñada para proporcionar protección a los componentes electrónicos del sistema, garantizando simultáneamente una estructura que facilite el montaje y asegure una ventilación eficiente durante su operación. El modelado tridimensional se realizó utilizando el software SolidWorks (Bi, 2023) considerando criterios de ergonomía y accesibilidad para el mantenimiento. Estos criterios permitieron definir parámetros geométricos basados en las dimensiones de los módulos internos, tales como sensores, microcontroladores y unidades de comunicación.

Para la fabricación se utilizó filamento PLA de 1.75 mm de diámetro, seleccionado por su facilidad de impresión, estabilidad dimensional y adecuado comportamiento mecánico. La impresión 3D se llevó a cabo con una impresora Creality K1, empleando parámetros optimizados con el objetivo de maximizar la calidad superficial y minimizar la deformación durante el proceso ver Figura 3.

El diseño contempla perforaciones específicas que permiten el acceso a los puertos de conexión, así como

fijaciones internas destinadas a asegurar los componentes durante el funcionamiento y facilitar la ventilación natural del sistema. Asimismo, se consideraron las tolerancias dimensionales propias del proceso de fabricación aditiva, con el fin de garantizar un ensamble preciso y libre de interferencias.

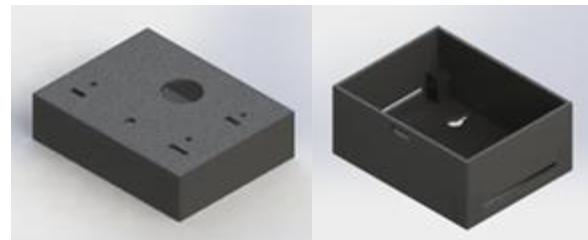


Figura 3. Diseño de carcasa parte superior e inferior.
Fuente: Elaboración propia

Diseño y fabricación de pcb

El diseño de la placa de circuito impreso (PCB) del prototipo se desarrolló con el objetivo de integrar de manera eficiente y ordenada los componentes electrónicos responsables de la adquisición, procesamiento y transmisión de datos ambientales, dentro de un sistema compacto, funcional y fiable. La PCB constituye el núcleo del sistema, permitiendo una interconexión estable entre el microcontrolador principal (ESP32), los sensores periféricos, los módulos de comunicación y la fuente de alimentación ver Figura 4.

El diseño esquemático y el ruteo de la PCB se realizaron utilizando el software de diseño electrónico Fritzing (Fritzing.org, s.f.) que permitió definir las conexiones lógicas y establecer reglas de diseño. Se configuraron parámetros específicos con el fin de garantizar la integridad eléctrica y la compatibilidad electromagnética del sistema.

Asimismo, el diseño consideró restricciones físicas relacionadas con el encapsulado de la carcasa, los conectores externos y la orientación de los componentes, priorizando una disposición lógica y funcional que facilite el montaje, la depuración y el mantenimiento.

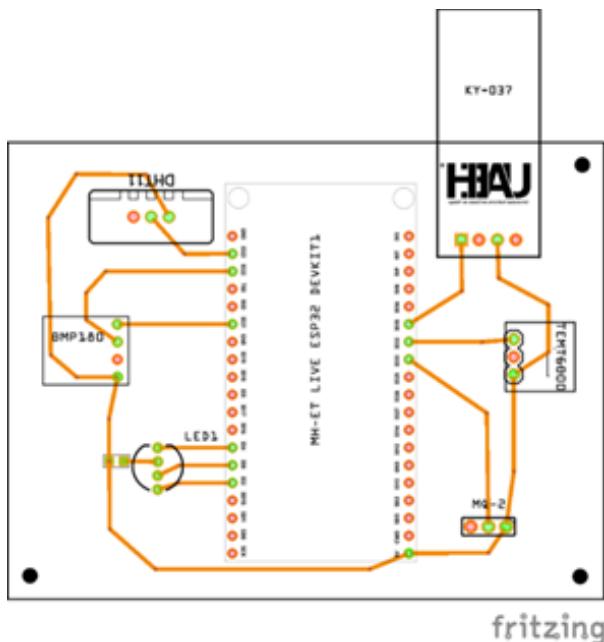


Figura 4. Diseño de PCB en Fritzing. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se generaron los archivos Gerber necesarios para la fabricación de la PCB, los cuales fueron verificados mediante simulación visual y revisión de integridad.

La placa fue dimensionada conforme a las limitaciones impuestas por el diseño mecánico de la carcasa y la ubicación de los conectores físicos de los sensores, asegurando la correcta integración del conjunto funcional.

En la Figura 5 se muestra la distribución de la PCB, la cuales explicada brevemente a continuación:

Cuadro A: Conexión de modulo DHT11 (sensor de temperatura),

Cuadro B: Conexiones de entradas y salidas de la tarjeta ESP32,

Cuadro C: Conexión de modulo Ky-037 (sensor de ruido),

Cuadro D: Conexión de modulo BMP180 (sensor de presión),

Cuadro F: Conexión de modulo TEMT6000 (sensor de luz),

Cuadro G: Salida al led RGB y conexión a resistencia 330Ω,

Cuadro H: Conexión de modulo MQ-2 (sensor de gases).

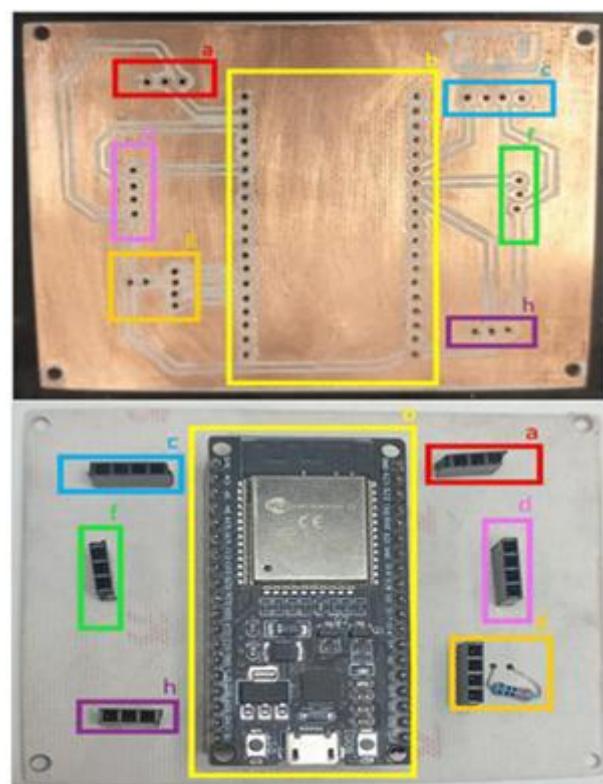


Figura 5. Conexiones de PCB. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la conexión de los sensores a la PCB tomando en cuenta la distribución necesaria para que los sensores puedan detectar de manera correcta los parámetros sin ninguna interferencia, asimismo la carcasa se realizó con las medidas y orificios necesarios para lograr esto, como se puede observar en la Figura 6.



Figura 6. Ensamble del prototipo. Fuente: Elaboración propia.

Al ensamblar la PCB con la carcasa podemos observar que no existe ninguna interferencia ya que el diseño de nos brinda la oportunidad de colocar la estación de monitoreo en lugares pequeños, sin intervenir con las actividades o el equipo de los laboratorios y permitiendo que los

sensores puedan detectar las variables sin ninguna complicación

Resultados y pruebas del sistema

Con el objetivo de verificar la eficacia de la estación de monitoreo y garantizar que los datos se obtuvieran, transmitieran y visualizaran correctamente en la plataforma IoT seleccionada, se realizó una prueba controlada de 100 horas en un laboratorio de análisis de muestras. Durante el periodo de prueba, el sistema operó de forma estable y logró el propósito de capturar en tiempo real los parámetros requeridos.

A continuación, se describe el comportamiento observado en cada parámetro, resaltando las variaciones significativas y las posibles causas asociadas con la dinámica del laboratorio.

En la Figura 7 muestra la variación de la temperatura ambiental. Se identificó una tendencia descendente durante la noche y primeras horas de la mañana del 15 de septiembre, alcanzando un valor mínimo cercano a los 20 °C. Posteriormente, se registró un incremento progresivo hasta valores aproximados de 23–24 °C en el transcurso del día. Este patrón corresponde al ciclo térmico esperado en espacios semicontrolados, donde las condiciones externas influyen directamente en la temperatura interna del laboratorio.

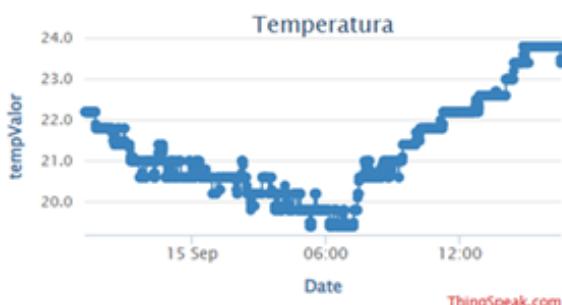


Figura 7. Grafica de temperatura. Fuente: ThingSpeak

En la Figura 8 se observa que el nivel de ruido se mantuvo en un rango estable con valores promedio a 3.14 k unidades analógicas (45–50 dB), mientras que los picos más altos alcanzan 3.18K (60 dB) y las caídas más pronunciadas llegan a 3.08 k (40 dB). Estos niveles registrados se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible de 85 dB establecido en la NOM-011-STPS-2001, lo que significa que las condiciones del laboratorio no representan un riesgo auditivo para los usuarios.



Figura 8. Grafica de temperatura. Fuente: ThingSpeak.

El nivel de luminosidad ver Figura 9, mostró variaciones relacionadas a la intensidad de luz natural y artificial en el horario laboral. En los periodos de actividad máxima el nivel osciló entre 60 y 80 lux, mientras que en ausencia de iluminación artificial descendió a niveles cercanos de 0–10 lux. Por lo tanto, los resultados indican que el área monitoreada cuenta con niveles inferiores de lo sugerido por la NOM-025-STPS-2008, que es entre 300 y 500 lux para actividades generales en laboratorios.

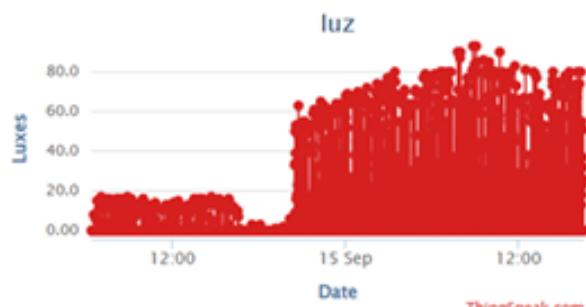


Figura 9. Grafica de temperatura. Fuente: ThingSpeak.

En la Figura 10, podemos observar la evolución de la concentración de gas en el laboratorio. Durante la mayor parte del tiempo de muestreo los valores se mantuvieron relativamente estables dentro de un rango de 400 a 450 ppm, reflejando el hecho de que no hubo actividades dentro del laboratorio en ese intervalo de tiempo. Sin embargo, hacia el final del periodo se mostró un incremento abrupto alcanzando valores cercanos a 550 ppm, esto nos indica una variación significativa en la calidad del aire posiblemente asociada a actividades específicas desarrolladas en el laboratorio por la acumulación de compuestos volátiles.

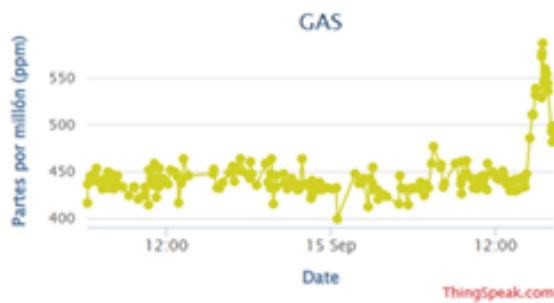


Figura 10. Grafica de gas. Fuente: ThingSpeak.

Análisis de costos y escalabilidad

Con el fin de valorar la viabilidad de implementar la estación de monitoreo en diferentes laboratorios de la UAEH, se realizó una estimación de costos considerando los principales componentes empleados. La tabla 6 resume los costos aproximados en moneda nacional, incluyendo sensores, microcontrolador y elementos de comunicación.

Componente	Cantidad	Costo unitario (MXN)
ESP32	1	\$200
DHT11	1	\$70
Ky-037	1	\$60
Temt6000	1	\$90
Mq-2	1	\$60
Bmp180	1	\$50
Fuente de alimentación	1	\$100
Material adicional	-	\$200
Total estimado		\$830

Tabla 1. Costos estimados de estación de monitoreo. Fuente: Elaboración propia.

El costo unitario de aproximadamente \$830 MXN por estación resulta accesible para entornos académicos, permitiendo la posibilidad de replicar el sistema en distintos espacios con una inversión relativamente baja. Respecto a la escalabilidad, el uso de una plataforma IoT basada en la nube como ThingSpeak facilita la integración de múltiples estaciones de monitoreo sin necesidad de modificar la infraestructura base. Esto permite que cada laboratorio pueda contar con su propia estación y centralizar la información en un mismo canal de análisis, optimizando la gestión de datos ambientales.

No obstante, debe considerarse que la expansión a varios laboratorios implica mayores exigencias en la red de comunicación, así como en la gestión de almacenamiento y seguridad de datos. Por ello, se recomienda planificar una arquitectura escalable que contemple la administración de usuarios, la capacidad de visualización simultánea y la posibilidad de migrar a servidores privados en caso de requerir mayor independencia o confidencialidad en los proyectos de investigación.

Conclusiones

El desarrollo de la estación de monitoreo permitió obtener una representación más precisa de las condiciones ambientales presentes en el laboratorio donde los estudiantes de la UAEH realizan sus actividades académicas, las cuales se almacenaron en la nube y se pueden consultar en tiempo real. A partir de estos datos fue posible identificar variaciones significativas que pueden influir en el rendimiento y la seguridad de los usuarios, esto constituye una base sólida para la implementación de estrategias orientadas a optimizar el ambiente de trabajo, basado en las normas y recomendaciones para el control de variables ambientales en espacios educativos. Asimismo, la implementación de sistemas de monitoreo como el propuesto ofrece una herramienta para salvaguardar la integridad de los estudiantes y mejorar las condiciones de estancia en áreas que pudieran representar un riesgo potencial.

Referencias

- Adafruit Industries. (2022). Adafruit IO: Plataforma IoT para hardware abierto con visualización y control en la nube. Recuperado de <https://learn.adafruit.com/adafruit-io-basics-dashboards/overview>
- Banchs, R., González, P., & Llacuna, J. (2008). La iluminación en el puesto de trabajo. ERGA Formación Profesional, (58).
- Bello, M. C., Díaz, E. V., Vega, C. M., Ramírez, E. H., & Morales, C. M. (2022). Sistema de monitoreo de reactores empacados para el tratamiento de aguas residuales con colorantes. Revista de la Universidad del Zulia, 13(37), 65-75.
- Bi, S. (2023). Solidworks-qué es y para qué sirve. Solid BI,[En línea]. Recuperado de: <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Blancas-Vergara, F., & García-Reyes, F. L.-E. J. R. (2019). Accidentes por sustancias peligrosas en los laboratorios escolares: ¿prevención obligatoria o descuido laboral? Prevención Integral & ORP Conference.
- Blynk.io. (2023). Plataforma de software IoT de bajo código para desarrollo rápido de aplicaciones móviles. Recuperado de <https://blynk.io>

- Camargo, L., Medina, B., & Gómez, J. (2022). Prototipo electrónico IoT para el seguimiento de variables ambientales. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 13(2), 1-9. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22896>
- Cameron, N. (2023). ESP32 Microcontroller. In: *ESP32 Formats and Communication*. Maker Innovations Series. Apress, Berkeley, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-9376-8_1
- Dirección de Comunicación Social. (2024, 4 de agosto). Boletín informativo UAEH No. 362: Este lunes comienza en UAEH el semestre Julio-Diciembre 2024. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de: <https://www.uaeh.edu.mx/noticias/8765/>
- Espitaleta Burgos, R. (2020). Diseño e implementación de una estación de monitoreo de variables agroclimáticas para cultivos durante temporadas de sequías prolongadas en la región Caribe colombiana [PDF]. Recuperado de <https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/93854941/2020RonalEspitaletaBurgos-libre.pdf>
- Fritzing.org. (s.f.). PCB design with Fritzing. Fritzing. Recuperado de: <https://fritzing.org/learning/tutorials/designing-pcb/>
- García, G. (2007). Clima Organizacional: Hacia un nuevo modelo. *Porik An*, 9(12), 151-177.
- González-Zamar, M. D., & Abad-Segura, E. (2020). Diseño del espacio educativo universitario y su impacto en el proceso académico: análisis de tendencias. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 13(25), 1-13.
- Hernández Rodríguez, E., Martínez, A., Schalm, O., González Rivero, R. A., & Hernández Santana, L. (2023). Diseño de un sistema de medición y monitoreo de variables asociadas a calidad del aire. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 44(2), 35-44. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59282023000200035&script=sci_arttext&tlang=en
- López Llerena, M. J. (2022). Diseño e implementación de un prototipo de estación meteorológica portátil para el monitoreo de variables ambientales en el rancho San Gabriel utilizando tecnología RFID [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Digital UPS. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22896>
- Pérez, S., & Hesiquio, H. (2024). Efectos del ruido de tráfico rodado sobre procesos cognitivos en estudiantes universitarios. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Tlaxcala. Repositorio Institucional. http://repositorio.uatx.mx:8443/handle/DSyTI_UATx/1074
- Rodríguez Vite, H. (2014). Ambientes de aprendizaje. *Ciencia Huasteca Boletín Científico De La Escuela Superior De Huejutla*, 2(4). Recuperado de: <https://doi.org/10.29057/esh.v2i4.1069>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001: Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de: <https://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-011.pdf>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001: Condiciones térmicas elevadas o abatidas - Condiciones de seguridad e higiene. Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/680156/NOM-015-STPS-2001.pdf>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2008). Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008: Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Diario Oficial de la
- Federación. <https://asinom.stps.gob.mx/upload/noms/Nom-025.pdf>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-2014: Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral - Reconocimiento, evaluación y control. Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/680155/NOM-010-STPS-2014.pdf>
- Ubidots. (2024). Plataforma IoT industrial con dashboards avanzados y opciones de integración API. Recuperado de <https://es.ubidots.com>
- Walters, A. U., Lawrence, W., & Jalsa, N. K. (2017). Chemical laboratory safety awareness, attitudes and practices of tertiary students. *Safety Science*, 96, 161-171