

# Prototipo de un sistema embebido para monitoreo en tiempo real de variables ambientales de un ecosistema forestal.

## Prototype of an embedded system for real-time monitoring of environmental variables of a forest ecosystem.

Cesar Primero Huerta (1).

Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.  
[cesar.ph@vbravo.tecnm.mx](mailto:cesar.ph@vbravo.tecnm.mx).

Mariana Carolyn Cruz Mendoza\* (2). TecNM, T.E.S. de Valle de Bravo, [mariana.cm@vbravo.tecnm.mx](mailto:mariana.cm@vbravo.tecnm.mx).

Ulises Porcayo Carbajal (3). Estudiante TecNM, T.E.S. de Valle de Bravo, [L201807021@vbravo.tecnm.mx](mailto:L201807021@vbravo.tecnm.mx).

René García Martínez (4). TecNM, T.E.S. de Valle de Bravo, [rene.gm@vbravo.tecnm.mx](mailto:rene.gm@vbravo.tecnm.mx).

\*corresponding author.

Artículo recibido en diciembre 20, 2022; aceptado en enero 16, 2023.

### Resumen.

*El proyecto consiste en el diseño y construcción de un prototipo para el monitoreo de variables ambientales aplicado a un ecosistema forestal por medio de una red de sensores conectados a un sistema embebido el cual se encarga de obtener datos del entorno mejorando así la eficiencia de los procesos gracias a la inmediatez de la información ahorrando costes y optimizando procesos. El actual proyecto está enfocado en ofrecer una solución novedosa a todas las industrias que requieran de un corto tiempo de respuesta. Actualmente los sistemas embebidos más simples se han democratizado y cualquiera puede trabajar con ellos. Algunas herramientas de este tipo son Arduino o Raspberry Pi los cuales permiten crear sistemas de control lumínicos, sensores de apertura automática de puertas o incluso videoconsolas todo esto de manera sencilla y a costes extremadamente bajos.*

**Palabras claves:** Arduino, gráfica web, monitoreo web, sistema de adquisición de datos, sistemas en tiempo real.

### Abstract.

*The project consists of the design and construction of a prototype for the monitoring of variables applied to a forest ecosystem through a network of sensors connected to an embedded system which is responsible for obtaining data from the environment, thus improving the efficiency of the processes thanks to the immediacy of the information, saving costs, and optimizing processes. The current project is focused on offering a novel solution to all industries that require a short response time. Currently the simplest embedded systems have been democratized and anyone can work with them. Some tools of this type are Arduino or Raspberry Pi which allow to create lighting control systems, automatic door opening sensors or even video game consoles all this in a simple way and at extremely low costs.*

**Keywords:** Arduino, data acquisition system, real-time systems, web graphics, web monitoring.

## 1. Introducción.

Los bosques son una fuente de recursos naturales como madera, alimentos, fauna, plantas de uso medicinal, suelo y servicios ambientales. En México, la extracción de dichos recursos está regulado legalmente para asegurar su continuidad. En el manejo de los bosques se requiere del monitoreo constante de variables ambientales, suelo, fauna y flora. Sin embargo, a nivel operativo la obtención de datos resulta tardado y costoso porque la evaluación se realiza en campo por personas capacitadas para tal fin. La evaluación se realiza periódicamente a gran escala, y no aporta información detallada a nivel de sitio específico y en caso de algún incidente, como un incendio forestal, no se cuantifican adecuadamente los cambios en la vegetación, fauna y flora. Por otro, los ecosistemas forestales están perdiendo superficie y se están degradando por el crecimiento de la población humana, crecimiento del área agrícola, la contaminación y sobreexplotación. El Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo (TESVB) cuenta con predio forestal de 15 ha, aproximadamente. Es un área de conservación de flora y fauna. Se han realizado estudios de flora, fauna, caracterización de suelo, sin embargo, esta información no está sistematizada en una base de datos de referencia, que permita fácilmente su consulta. Con respecto a las variables de clima a nivel predio, no se tienen estaciones meteorológicas instaladas que aporten información representativa para la toma de datos que ayuden a planificar el manejo. El predio colinda con carreteras y áreas residenciales, esto implica que haya acceso ilegal para la extracción de recursos forestales y se hayan suscitado eventos de incendios forestales ocasionados intencionalmente.

En el estudio de los ecosistemas forestales se requiere de la medición de variables ambientales como la temperatura, precipitación, velocidad y dirección del viento (Molales-Hernández, Carrillo-Morales, Cornejo-López, Tellez-López, & Farfán-Molina, 2013). Con el desarrollo tecnológico, la recolección automatizada de datos y su análisis facilita la toma de decisiones en estos ambientes naturales para implementar práctica de manejo silvícola, manejo de fauna y control de incendios forestales.

Un sistema embebido posee hardware de computador junto con software embebido como uno de sus componentes más importantes. Es un sistema computacional dedicado para aplicaciones o productos. Puede ser un sistema independiente o parte de un sistema mayor, y dado que usualmente su software está embebido en ROM (Read Only Memory) no necesita memoria secundaria como un computador. Actualmente los sistemas son utilizados en distintas áreas tales como medicina, geolocalización, automatización, monitoreo, vigilancia, etc. Por tal motivo es muy importante su estudio ya que permite obtener variables sin la necesidad de tener que dedicar recursos humanos en una tarea en específica (Guerrero Aguirre & Ramos Giraldo, 2014)

Internet de las cosas es un sistema tecnológico que permite que los objetos se conecten a Internet y entre sí. Consiste en sistemas ciber físicos, computación integrada que usan la infraestructura de Internet y las aplicaciones y servicios que la utilizan. Se trata de una nueva tecnología que conecta casi todo lo que hacemos. Facilita un ecosistema interconectado de dispositivos y máquinas, lo que permite a los usuarios controlar sus dispositivos desde cualquier lugar. Hay muchos beneficios de esta nueva tecnología, como mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental. IOT (Internet of Things) es un término amplio que se utiliza para la interconexión de objetos cotidianos con Internet o entre sí, contemplado en los estudios en informática. Estos dispositivos incluyen teléfonos inteligentes, automóviles, televisores, relojes, electrodomésticos y mucho más (Universidad Carlemany, 2022).

En Quiñones, se diseñó un sistema de monitoreo de variables medioambientales. Los nodos están formados por módulos de sensores, procesamiento y comunicación. Para el procesamiento se usan placas Arduino Uno a la que se acoplan los sensores. Para la comunicación se propone el uso de Wifi (2.4 GHz) en ambientes urbanos y DigiMesh (900 MHz) para el intercambio de información a grandes distancias. El abastecimiento de energía está conformado por paneles solares de 5.2 W, baterías LiPo de 3.7V y 6600mAh y cargadores solares de 450mA. El prototipo diseñado se evaluó en tres plataformas de IoT: Ubidots, Phant y ThingSpeak (Santana, 2020, pág. 55).

El sistema de monitoreo para variables agronómicas basado en una red de sensores inalámbricas presentado en Caicedo emplea Zolertias Z1 como nodos sensores y Gateway. Estos dispositivos implementan el sistema operativo de código abierto Contiki, diseñado para sistemas de baja capacidad de procesamiento y consumo energético. Se emplea el Protocolo de Ruteo para Redes de bajo consumo (RPL), que tiene en cuenta la eficiencia energética, se adapta a TCP/IP y facilita la implementación de sensores independientemente la posición de los nodos. Los nodos se colocaron

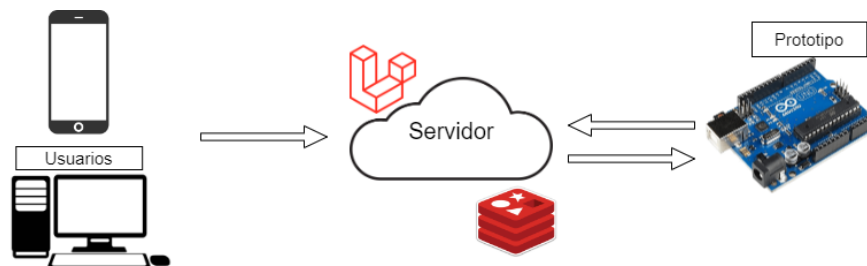
equidistantes unos de otros, para lograr homogeneidad en la comunicación. Los datos se almacenan en un servidor MySQL, que emplea PHP para proveer una interfaz gráfica. La aplicación Web tiene control de acceso y visualiza los datos de temperatura y la humedad del suelo (Santana, 2020, pág. 55).

El método utilizado para obtener variables ambientales del predio forestal del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo será mediante el protocolo de red TCP web socket conectado a un servidor local en donde estará alojada nuestra página web mediante la aplicación web se despliegan datos en tiempo real para su visualización estos datos se obtienen directamente de una base de datos llenada por nuestro prototipo que será colocado en el sitio deseado.

## 2. Métodos.

En la presente investigación se implementó un modelo evolutivo para dar al usuario una vista preliminar del prototipo, esta es una vista rápida de las características principales del desarrollo. La elaboración de un prototipo sirve para obtener una retroalimentación rápida de los elementos necesarios para la elaboración del prototipo, por lo tanto, una vez obtenidos los primeros requerimientos de la estación meteorológica se inicia con la elaboración de un modelo operativo del producto esperado antes de construirlo realmente en donde se establece qué aspecto tendrá, cómo funcionará y la cantidad de materiales necesarios. Para ello los modelos pueden resultar tan simples como unos dibujos con lápiz y papel o tan complejo como el propio código operativo final. Para interfaces de hardware o estaciones de trabajo, el modelo puede consistir en maquetas de espuma, caucho, cartón o cartulina cuanto más próximo se encuentre el prototipo al producto real, mejor será el resultado obtenido. El prototipo debe ser construido en el menor tiempo posible, para ello se utilizaron diferentes softwares de diseño 3d así como aplicaciones de diseño electrónico, ya que un prototipo también puede ser modelado de manera virtual, el uso de estos programas resulta útil ya que se pueden determinar aspectos de tamaño, posicionamiento, componentes empleados y cantidad de material requerido todo esto sin la necesidad de tenerlo de manera física por otro lado también permite al desarrollador observar el comportamiento del modelo en distintas situaciones. En cuanto al dinero que se debe destinar a la creación de prototipo este debe ser el mínimo posible pues a partir de que el modelo virtual se encuentre funcionando en la primera etapa de modelado. Esto asegura que el prototipo sea de una mejor calidad, además de que se podrán resolver los problemas de diseño encontrados hasta ahora. Unas de las principales ventajas de utilizar el modelo evolutivo son las siguientes.

- Reduce el riesgo de construir productos que no satisfagan las necesidades del proyecto.
- Reduce costo y aumenta la probabilidad de éxito.
- Exige disponer de las herramientas adecuadas.
- Ofrece un mejor enfoque cuando el responsable del desarrollo está inseguro de la funcionalidad del prototipo.



**Figura 1.** Diagrama utilizado para el diseño del sistema. (Elaboración propia).

### 3. Desarrollo.

#### Definición de requisitos y variables.

A continuación, se muestra la información que puede recolectar la estación meteorológica de manera directa a través de sus sensores, estos datos son tomados en tiempo real directamente del entorno en donde se coloca el prototipo esta información posteriormente es enviada a la página por medio de un api. Toda la información que se recolecte podrá ser consultada a través de gráficas en tiempo real o si se prefiere mediante un reporte en Excel este se generará automáticamente mediante la aplicación web, para crear el documento el usuario únicamente deberá especificar una fecha de inicio y una fecha final una vez que la página web obtenga estos rangos ya puede crear el archivo Excel, dentro de este archivo podemos encontrar información como: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura promedio, precipitación diaria, precipitación mensual, precipitación anual y en general toda la información que recolecta la estación meteorológica. La finalidad de estos reportes es que el usuario final pueda llevar un control más organizado de los datos ya que cuando se trabaja con prototipos IoT en tiempo real la cantidad de información que se genera suele ser bastante amplia lo que hace que la base de datos a simple vista pueda parecer saturada y desorganizada.

**Tabla 1.** Variables que medirá el prototipo.

Número	Variable	Tipo de dato
1	Velocidad del viento	m/s
2	Dirección del viento	norte, sur, este, oeste
3	Temperatura	°C
4	Humedad relativa	%
5	Radiación Solar	$\mu\text{m}^2/\text{s}$
6	Precipitación	mm/día

#### Diseño del prototipo.

Tal y como se menciona en el apartado de métodos uno de los primeros pasos para la construcción de un prototipo es el modelaje de este, para ello se debe comprender que es un modelo. Un modelo se puede definir como el establecimiento de relaciones semánticas entre la teoría y los objetos en pocas palabras es la simplificación de la realidad, un modelo ayuda principalmente a simular estructuras o sistemas, muchos modelos permiten realizar simulaciones bastantes precisas. Tal es el caso de los modelos de simulación de circuitos electrónicos o la simulación de estructuras mecánicas en movimiento. En cuanto a la creación de prototipos este permite al programador entender las necesidades de código que tiene el arquetipo, así como orientarlo en las conexiones electrónicas y los requerimientos físicos del proyecto, así mismo un maquetado del proyecto ayuda a determinar las dimensiones que ocupara dentro del campo de investigación, por último, un modelado de prototipo favorece a la comprensión de su funcionamiento. Para lograr el diseño de prototipo se utilizó tinkercad este software Cad se basa en una geometría sólida constructiva (CSG), esto quiere decir que los modelos son creados a partir de la combinación de formas geométricas básicas dando como resultados maquetas complejas y correctamente diseñadas otro de los aspectos positivos de este programa es la disposición de recursos preo modelados que ya existen dentro de su librería.

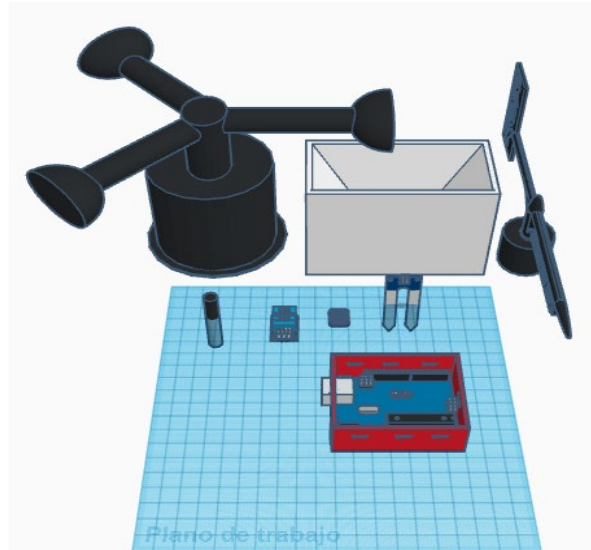


Figura 2. Diseño físico del prototipo a nivel escala. (Elaboración propia).

Una vez terminado el diseño 3d, se recurrió al software de simulación de electrónico Proteus la razón principal por la que se utilizó este software se debe a su capacidad de simular en tiempo real circuitos eléctricos basados en micro controladores haciendo uso de los diferentes componentes electrónicos que contiene dentro de sus diferentes librerías también ofrece la facilidad de agregar más elementos si así se requiere, dicho lo anterior, por otra parte Proteus también pueda simular diseños que incorporen PLDs y/o memorias ROM o RAM, y que para ello, utilice como entrada los ficheros JEDEC, BIN o HEX generados por cualquier herramienta software estos archivos son los que posteriormente son cargados a las placas de desarrollo por medio de un IDE. En cuanto a la creación de un circuito Proteus apoya al programador a conocer los requerimientos de cada uno de los elementos y muestra el funcionamiento de los sensores mediante una simulación, una vez que el programa se ha ejecuta de manera exitosa se puede tomar el esquema eléctrico generado como base para hacer las conexiones en el prototipo real sin dañar los componentes físicos a causa de una incorrecta fluctuación energética o un cableado erróneo. El principal beneficio de simular un proyecto en este software es que los resultados obtenidos son los mismo que se generarían del prototipo una vez funcionando, otro de los beneficios se encuentra en el código utilizado para las pruebas ya que su misma estructura y lógica pueden ser incluidas en el prototipo final.

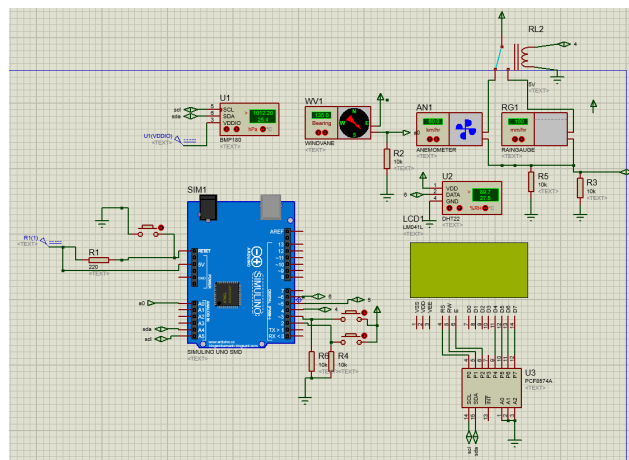


Figura 3. Simulación del circuito eléctrico. (Elaboración propia).

### Modelaje y desarrollo del código.

En la figura 3 se presenta el código que se utilizó para comunicar el prototipo y la página web, la herramienta que permite la interconexión entre estos dos elementos lleva por nombre web api, utilizar este tipo de programación resulta útil cuando se quiere lograr la conexión entre dos sistemas cuyos lenguajes, arquitecturas, estructuras, impiden una comunicación directa, El API funge como una interfaz entre los diversos sistemas, ya que básicamente no importa el lenguaje o tipo de programa que lo consulte, por lo general, la función del api, es enviar y recibir información, en ocasiones con algunos procesos de por medio. En este caso el web api se invoca a través de un protocolo HTTP, una de las ventajas de usar este protocolo consiste en que es posible hacer peticiones desde cualquier lenguaje de programación, lo que hace a la web un medio ideal para conectar aplicaciones. Un api funciona de la siguiente manera: cuando ingresas una dirección web o sea una url desde un navegador el navegador envía una petición HTTP al servidor, que responde con código HTML entonces una Web API funciona muy parecido. Se hace una petición HTTP (generalmente desde algún lenguaje de programación), pero en vez de retornar una página HTML, el servidor retorna la información en una representación fácil de manipular en un lenguaje de programación (A. Giuliano , Martin-Lopez, Segura, Valencia-Cabrer, & Ruiz-Cortés, 2022). Las peticiones que fueron mencionadas anteriormente se realizan desde el propio programa de Arduino utilizando la librería wifi client la cual viene incluida por defecto dentro del ide de programación.

```
Serial.println("connected to server");

//Make a HTTP request:
client.println("GET /api/test_arduino?temperatura=150&humedad=150&humedad_suelo_porcentaje=150 HTTP/1.1");
client.println("Host: 192.168.1.64");
client.println("Connetion: close");
client.println();
```

**Figura 4.** Conexión a servidor local. Elaboración propia.

Una parte importante del prototipo es el funcionamiento de los sensores que tienen como tarea recopilar los datos climatológicos, la forma en que se configuran es diferente para cada uno de los componentes esto esté sujeto a diferentes factores tales como si el sensor es analógico, digital o de comunicación serial, así como la cantidad de energía eléctrica que se le esté suministrando , existen ocasiones en donde se debe usar una librería en específico para garantizar el funcionamiento del sensor. La mayoría de nuestro código se encuentra dentro del método Loop, en el ide de Arduino el Loop se encarga de repetir el código de manera indefinida todo esto ocurre al encenderse el Arduino para después ejecutar el método setup en el cual se encuentran las variables para que funcione nuestro segundo método, por lo tanto, la única manera de detener el método Loop es apagando o reiniciando el microcontrolador.

```
//TEMPERATURA//
DHT.read11(DHT11_PIN);
Serial.print("Temperatura = ");
int temperatura = (DHT.temperature);
Serial.print(temperatura);
Serial.println(" C");

//HUMEDAD RELATIVA//
int humedad = (DHT.humidity);
Serial.print("Humedad = ");
Serial.print(humedad);
Serial.println(" %");

//HUMEDAD DEL SUELO//
double humedad_suelo=analogRead(pin_humedadS);
double humedad_suelo_porcentaje= (((humedad_suelo * 100)/730) - 100) * -1 ;
Serial.print("Humedad en el suelo = ");
Serial.print(humedad_suelo_porcentaje);
Serial.println(" %");

//Radiacion solar//
int uvLevel = averageAnalogRead(UVOUT);
int refLevel = averageAnalogRead(REF_3V3);
//Use the 3.3V power pin as a reference to get a very accurate output value from sensor
float outputVoltage = 3.3 / refLevel * uvLevel;
```

**Figura 5.** Código de Arduino para los sensores. (Elaboración propia).

Una vez que los sensores estén recibiendo información es momento de mandar todos estos datos hacia nuestro framework de trabajo esto se consigue mediante la implementación del método get tal y como se observa en la figura 5 en donde a través de una ruta se hace referencia al método store del controlador principal. El método get se puede definir como la forma que tiene el navegador para comunicarse con el servidor mediante la dirección url, en este esquema los valores pares se unen con un signo de igual y se separan las variables con un signo de interrogación, cuando utilizamos este protocolo de comunicación es importante mencionar dos cosas: la primera es que las peticiones url se encuentran limitadas a un máximo de 2048 caracteres y por último el método get no puede ser utilizado para enviar datos binarios es decir imágenes, documentos, archivos de música, entre otros en caso de necesitar de estas funciones se debe recurrir al método post.

```

7 Route::middleware('auth:sanctum')->get('/user', function (Request $request) {
8     return $request->user();
9 });
0 Route::get("/test_arduino", [SensorController::class, 'store']);
1

```

**Figura 6.** Implementación del método get por PHP. (Elaboración propia).

Ahora que los datos de la estación meteorológica pueden ser recibidos por la aplicación web de manera correcta, la información se almacena en la base de datos mediante la implementación de código php dentro del controlador en el método store así mismo es necesario el uso de Laravel eloquent el cual es un localizador de objetos relaciones mismo que nos permite mapear la estructura de una base de datos relacional y vincularlas a entidades lógicas esto permite que se realicen acciones sobre la base de datos tales como almacenar, editar, consultar y eliminar todo esto sin la necesidad de utilizar código SQL. Una de las principales ventajas de utilizar eloquent es que facilita el contacto del proyecto con una base de datos relacional donde solo se tiene que hacer un llamado al modelo de la entidad que se necesita y empezar a operar sobre ella desde el controlador.

```

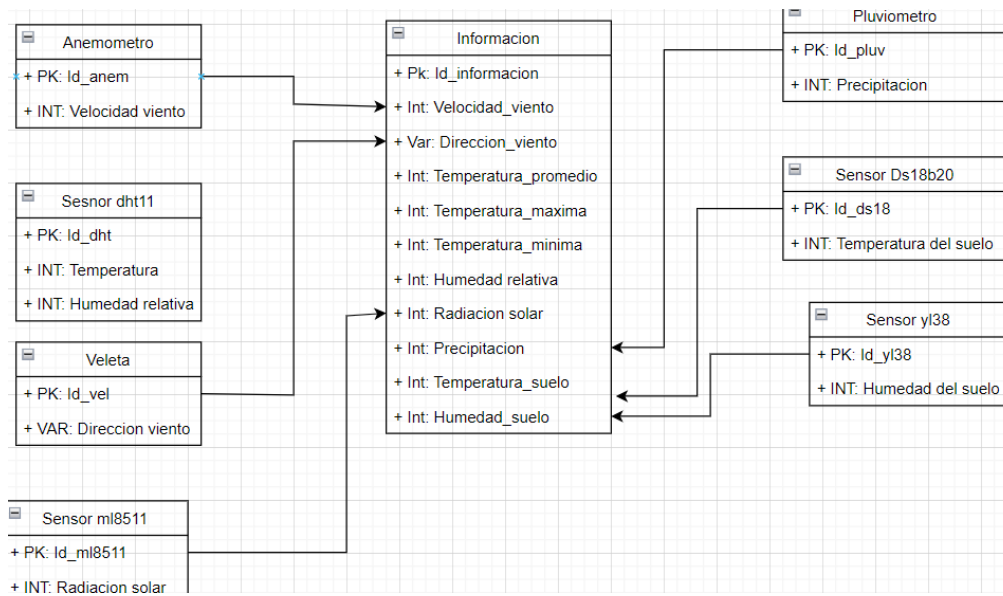
public function store(Request $request)
{
    $temperatura = $request->temperatura;
    $humedad = $request->humedad;
    $humedad_suelo = $request->humedad_suelo_porcentaje;

    $sensores = Sensor::create([
        'temperatura' => $temperatura,
        'humedad' => $humedad,
        'humedad_suelo' => $humedad_suelo,
    ]);
}

```

**Figura 7.** Código para la inserción de información de la base de datos. (Elaboración propia).

La base de datos que se utilizó para almacenar toda la información dentro de la página web está basada en un modelo entidad relación la cual es una herramienta para modelo de datos que facilita la representación de una base de datos que en este caso consta de siete entidades débiles y una tabla fuerte. Los diagramas ER se usan comúnmente para diseñar o depurar bases de datos relacionales en ingeniería de software, sistemas de información comercial, educación e investigación. En ingeniería, el diagrama ER suele ser el primer paso para determinar los requisitos de un proyecto de sistemas de información (Yujra Cama, 2021). El diseño de la base de datos se llevó a cabo con el software draw.io debido a su fácil uso y versatilidad, las tablas se definieron en base a los sensores que se quieren utilizar en donde cada uno de ellos se utiliza para llenar un campo de nuestra tabla principal, algunos campos no necesariamente se llenan en tiempo real ya que se utilizarán consultas PHP para llenar la información restante, una base de datos correctamente diseñada nos permite obtener acceso a información actualizada y precisa. En este caso la base de datos es útil para conservar un registro histórico de todas las variables ambientales al paso del tiempo y observar los cambios que estas lleguen a tener.



**Figura 8.** Propuesta de base de datos para la estación meteorológica. (Elaboración propia).

En el pasado, las páginas web eran estáticas, como las páginas de un libro. Las páginas estáticas muestran principalmente información en un diseño fijo y no muestran toda la información que esperarías de un sitio web moderno. JavaScript surgió como una tecnología del lado del navegador para hacer que las aplicaciones web sean más dinámicas. JavaScript permite que los navegadores respondan a las acciones del usuario y cambien el diseño del contenido en las páginas web. JavaScript es un lenguaje de programación del lado del cliente. Esto significa que las acciones se pueden realizar más rápido porque se ejecutan en el navegador en lugar del servidor. JavaScript se utiliza para hacer que la web sea más dinámica como parte del proceso de desarrollo de la interfaz de usuario. (aws, 2022) Con este lenguaje se puede lograr hacer interacciones, animaciones y peticiones al servidor sin necesidad de recargar la página. JavaScript del lado del servidor puede acceder a la base de datos, realizar diferentes operaciones lógicas y responder a varios eventos desencadenados por el sistema operativo del servidor. La ventaja principal del scripting del lado del servidor es que admite un alto nivel de personalización de la respuesta del sitio web según sus requisitos, sus derechos de acceso y las solicitudes de información provenientes del sitio web.

Por lo tanto, para modelar nuestra gráfica se implementó la biblioteca de software Highcharts la cual es una librería escrita en JavaScript que permite la creación de gráficas. La librería ofrece un método rápido e interactivo para insertar gráficas al sitio web, sus principales ventajas son flexibilidad en el código y facilidad de personalización. JavaScript es uno de los lenguajes de programación que más se utilizan en el desarrollo de aplicaciones web, ya que nos permite darle “movimiento” y dinamismo a la web.

```

<script src="{asset("js/all.min.js")}" crossorigin="anonymous"></script>
<script src="{asset("js/bootstrap.bundle.min.js")}" crossorigin="anonymous"></script>
<script src="{asset("js/scripts.js")}" crossorigin="anonymous"></script>
<script src="{asset("js/highcharts.js")}"></script>
<script src="{asset("js/data.js")}"></script>

<script type="text/javascript">
  //valores de los sensores
  var temperatura = {{json_encode($temperatura)}};
  var humedad = {{json_encode($humedad)}};
  var humedad_suelo = {{json_encode($humedad_suelo)}};

```

**Figura 9.** Creación de la gráfica mediante java script. (Elaboración propia).



La forma principal que se utilizó para representar la información fue a través de graficas en tiempo real ya que esto hace ver a la página mucha más dinámica y visual caso contrario de que si se hubiera optado por mostrar los datos de manera estáticos y sin estilo, los aspectos mencionados anteriormente son importantes ya que se espera que el sitio sea consultado por diferentes usuarios de manera simultánea en donde podrán interactuar con las diferentes opciones y ventanas que tiene para ofrecer el sitio web . Por otro lado, la gráfica nos muestra diferentes tipos de datos, en el eje x encontramos la cantidad de registros que se han procesado hasta el momento Algunas de las funciones que se pueden realizar mediante la aplicación es la generación de reportes en Excel para ello se implementó un modal el cual es un contenedor que se despliega por encima del contenido de la página que se está visualizando sin la necesidad de cambiar de vista o de ruta la forma en que un modal es creado se puede observar en la figura 9 en donde dentro del mismo modal se colocaron dos campos input de tipo date esto para que el usuario pueda establecer una fecha de inicio y otra de término.

```

<div class="modal fade" id="miModal" tabindex="-1" aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-hidden="true">
  <div class="modal-dialog">
    <div class="modal-content">
      <div class="modal-header">
        <h5 class="modal-title" id="exampleModalLabel">Modal title</h5>
        <button type="button" class="btn-close" data-bs-dismiss="modal" aria-label="Close"></button>
      </div>
      <form method="post" action="{url('/prueba_fecha')}}" role="form" enctype="multipart/form-data">
        @csrf
        <div class="modal-body">
          <label>Seleccione una fecha de inicio</label>
          <input type="date" id="fecha_inicio" name="fecha_inicio"></input>
          <label>Seleccione una fecha de termino</label>
          <input type="date" id="fecha_termino" name="fecha_termino"></input>
        </div>
        <div class="modal-footer">
          <button type="button" class="btn btn-secondary" data-bs-dismiss="modal">Close</button>
          <button type="submit" class="btn btn-primary">Save changes</button>
        </div>
      </form>
    </div>
  </div>
</div>

```

Figura 10. Creación del modal de reportes. (Elaboración propia).

El periodo que el usuario establece es la información más importante para la creación del reporte ya que a través de los campos fecha se envía la información al controlador y de ahí mediante un constructor se inserta al método dentro del método lo único que queda por hacer es realizar una consulta a la base de datos con las condiciones establecidas y este nos descargará de manera automática un archivo .csv al ordenador todo esto es gracias a la función Excel download que viene incluida dentro de la dependencia Laravel-Excel dicho servicio es el que permite enviar las colecciones de una vista a un documento de tipo .csv.

```

public function fecha(Request $request)
{
    $fecha_inicio=$request->fecha_inicio;
    $fecha_termino=$request->fecha_termino;
    return Excel::download(new DatosExport($fecha_inicio,$fecha_termino),'prueba.xlsx');
}

```

Figura 11. Controlador utilizado para la creación de archivos Excel. (Elaboración propia).

## Resultados.

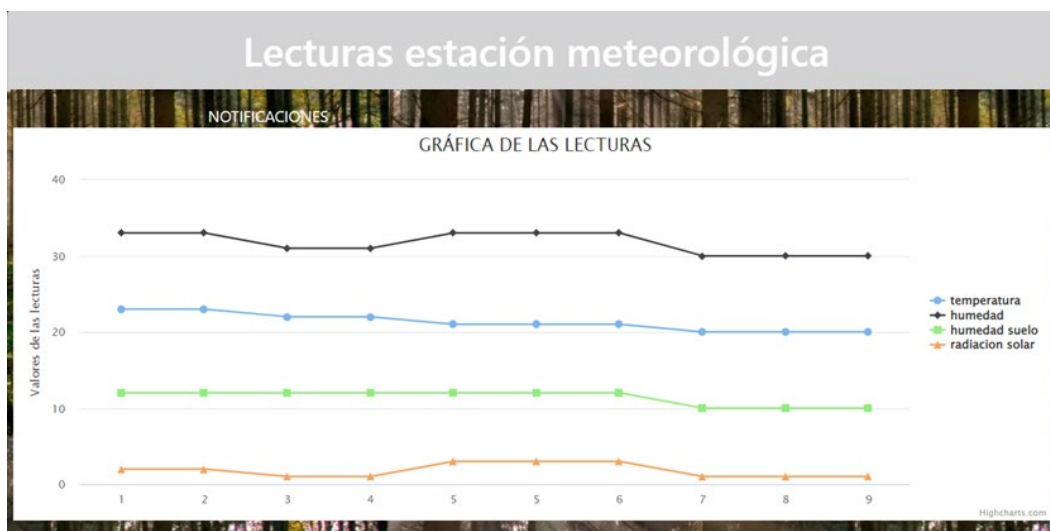
Como resultado de la metodología se obtiene un prototipo funcional el cual está basado principalmente en dos placas de desarrollo las cuales son Arduino uno y Arduino wifi shield dichos microcontroladores pueden considerarse como el cerebro del proyecto ya que es a través de ellos que se puede controlar a los distintos sensores que tienen conectados a sus puertos, además el conjunto de estos dos componentes hace posible el envío de información climatológica hacia la página web. El prototipo está construido principalmente de acrílico y tubos de PVC debido a su resistencia dentro de diferentes tipos de clima así mismo el prototipo fue sellado mediante silicón para evitar el ingreso del agua el cual

posteriormente crea humedad y que en caso de llegar al cableado puede producir cortocircuitos, fallos en las conexiones eléctricas que pueden estropear los elementos electrónicos y provocar que el Arduino se quemara, los daños pueden incluso requerir la sustitución de toda la conexión eléctrica, suponiendo esto un gran desembolso económico.



**Figura 12.** Implementación del prototipo. (Elaboración propia).

Otro producto obtenido a partir de la investigación es la creación de una plataforma digital para visualizar la información de una estación meteorológica, actualmente esta página solo puede ser consultada de manera local ya que aún no se encuentra en un servidor conectado a internet sin embargo su compatibilidad la hace ideal para que cualquier usuario pueda consultar la información que requiera. Otra función con la que cuenta la plataforma es que en caso de que se necesite conocer datos de días pasados se puede recurrir a la función de reporte en donde se proporcionará un archivo Excel con la información solicitada ya que esta aplicación se encuentra totalmente comunicada con la base de datos la cual almacena de manera constante todos los hechos que se producen cerca del prototipo.



**Figura 13.** Página principal. (Elaboración propia).

De acuerdo con la investigación que se realizó, los resultados que obtuvimos de la ejecución de esta etapa son las siguientes.

- El prototipo realiza sus lecturas en el entorno de manera continua por lo que cuando no hay cambios significativos la información que se recibe puede considerarse repetitiva y tediosa, aunque esto se puede solucionar modificando el tiempo de respuesta al prototipo.
- El prototipo se encuentra limitado por la cantidad de pines que posee, así como la capacidad que tiene para energizar los componentes en caso de requerir sensores más robustos.
- En su mayoría las meteorológicas, se dedican mayormente a la obtención de la información sin preocuparse por como guardar o visualizar estos datos.

### Conclusión.

Al llevar a cabo la investigación podemos concluir que es un dispositivo factible el cual tiene bastantes áreas de oportunidad en cuanto a autonomía y diseño pero a pesar de estar deficiencias puede igualar los resultados de un estación meteorológica comercial por un bajo presupuesto dicho producto puede interesar tanto a estudiantes como pequeñas empresas que deseen conocer las variables abióticas de un área en específico contando con la ventaja de poder consultar esta información de manera remota.

El implementar este tipo de proyectos impulsa al TESVB y a la comunidad estudiantil a abrir sus puertas hacia la industria 4.0 la cual ha traído consigo muchos beneficios el más importante de ellos es la automatización de procesos de manera remota lo que se traduce directamente como una reducción de costes ya que se disminuye la utilización de recursos humanos para realizar una tarea. Así mismo el internet de las cosas permite intercambiar información de forma rápida y en tiempo real esto conlleva a un mejor uso de los recursos económicos por lo que se llega a apreciar una mayor sostenibilidad ya que se utilizan solo los recursos que son realmente necesarios.

En caso de colocar el prototipo dentro las instalaciones del tecnológico ayudaran a sistematizar la información de los recursos naturales con que se cuenta en el predio forestal, dicha sistematización permitirá generar estrategias de manejo para conservar y recuperar áreas degradadas en base a toda la información histórica que quedará registrada en el banco de datos, la información recaudada podría ser revisada en un futuro por un analista de datos y de esta manera ayudar en la toma de decisiones oportunas para la conservación de flora y fauna, así como la restauración de áreas degradadas dentro del predio. Por otro lado, al encontrarse todos estos datos dentro de una plataforma digital puede ser consultada por los mismos estudiantes compartiendo así toda la comunidad universitaria para generar consciencia del cuidado del bosque y los servicios ambientales que nos brinda agua, aire limpio, amortiguamiento de la temperatura, captura y almacén de carbono. Este proyecto al irse ampliando con el paso del tiempo puede ser de utilidad dentro del ámbito científico en donde se podrá utilizar esta información para la generación de estadísticas, artículos científicos y seguimiento de los cambios en las variables ambientales que presente el predio al pasar del tiempo.

### Referencias bibliográficas.

- A. Giuliano, M., Martin-Lopez, A., Segura, S., Valencia-Cabrer, L., & Ruiz-Cortés, A. (17 de septiembre de 2022).** *Pruebas de APIs REST guiadas por Aprendizaje Activo.* biblioteca.sistedes.es, 1-14.
- aws. (15 de diciembre de 2022).** aws. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/what-is/javascript/>.
- Guerrero Aguirre, Á., & Ramos Giraldo, P. J. (2014).** *Sistema embebido de bajo costo para visión.* redalyc.org, 163-173.
- Molales-Hernández, J. C., Carrillo-Morales, F. M., Cornejo-López, V.-M. V., Tellez-López, J., & Farfán-Molina, L. M. (2013).** *Campo de viento y temperatura en Bahía de Banderas (México): análisis espacial y temporal.* Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía(81), 7-17.
- Santana Ching, I., Cárdenas Rivero, A. J., Sosa López, R., & Portal Díaz, J. A. (2020).** Monitoreo de parámetros ambientales en casas de cultivo a través de aplicación IoT. Revista Cubana de Transformación digital, 53-62.

**Universidad Carlemany. (2022).** *Internet de las cosas: definición y ejemplos.* Obtenido de <https://www.universitatarlemany.com/actualidad/internet-de-las-cosas-definicion-y-ejemplos>.

**Yujra Cama, Z. (2021).** *Desarrollo de una Herramienta CASE para el Diseño de Diagramas Entidad-Relación Extendido y su mapeo al Modelo Relacional Orientado a Estudiantes en el contexto.* Revista PGI, 11-30.

### Información de los autores.



**César Primero Huerta** es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Estado de México, cuenta con Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Tiene la distinción de Perfil Deseable ante PRODEP y es Líder del Cuerpo Académico en Formación “Procesamiento de datos con industria 4.0” del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.



**Mariana Carolyn Cruz Mendoza** es Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Estado de México, cuenta con Maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales por el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Tiene la distinción de Perfil Deseable ante PRODEP y es miembro del cuerpo académico en formación “procesamiento de datos con industria 4.0” del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.



**Ulises Porcayo Carbajal** es estudiante del programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo.



**René García Martínez** es Ingeniero Agroindustrial por la Universidad Autónoma Chapingo (2009), Maestro en Ciencias Agrícolas (2013) y Doctor en Ciencias Agrícolas por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Texcoco, Edo. Méx. (2021). Actualmente labora como docente en la División de Ingeniería Forestal del Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo. Forma parte de la Red Temática del Programa Mexicano del Carbono del CONACyT, Red Mexicana de Fisiología Vegetal y Red Mexicana para la Enseñanza de la Ciencia del Suelo. Es autor y revisor de artículos científicos de revistas indexadas en el CONACyT. Su trabajo se desarrolla en torno a la producción agrícola, agroindustrial y manejo de los recursos naturales.