

# Prototipo de un Sistema Automatizado para la Gestión de Estacionamientos

## Prototype of an Automated Parking Management System

Jeisson Paredes<sup>1</sup>, Dilan Sobenis<sup>1</sup>, Edwar Gonzalez<sup>1</sup>, Yarisol Castillo<sup>1</sup>

Jeisson.paredes@utp.ac.pa<sup>1</sup>, Dilan.sobenis@utp.ac.pa<sup>1</sup>, Edwar.gonzalez@utp.ac.pa<sup>1</sup>, yarisol.castillo@utp.ac.pa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales  
Universidad Tecnológica de Panamá

**Resumen.** Actualmente, encontrar donde estacionarse se ha vuelto algo difícil, con el crecimiento de la población y la cantidad escasa de estacionamientos, esto ocasiona que las personas circulen largos periodos de tiempo buscando donde estacionarse o esperando que alguno se desocupe.

Para abordar esta problemática, se utilizaron componentes de IoT como el Arduino Uno, Arduino Mega, Sensores ultrasónicos y un módulo wifi, dividiendo el proyecto en 2 partes, la estación física conformada por una red de Arduino comunicados por el protocolo I2C junto con sensores ultrasónicos, dicho sistema retornará información al Arduino maestro el cual mostrará en un display LCD la cantidad de estacionamientos disponibles, la otra parte del proyecto consiste en una PWA que permitirá al usuario visualizar los estacionamientos disponibles a través de una interfaz. El Arduino maestro almacenará los datos en una base de datos distribuida, estos datos indican cuando un estacionamiento está disponible o no. Permitiéndole al usuario visualizar mediante una aplicación el estado de cada estacionamiento.

**Palabras clave** Arduino, Circuito inter-integrado (I2C), Estacionamiento, PWA, Sensores ultrasónicos.

**Abstract** Currently, finding parking has become a challenging task due to population growth and a limited number of parking spaces. This leads people to spend long periods of time searching for parking or waiting for a spot to become available.

To address this issue, IoT components such as Arduino Uno, Arduino Mega, ultrasonic sensors, and a Wi-Fi module were used. The project was divided into two parts: the physical station comprised of a network of Arduinos communicating via the I2C protocol along with ultrasonic sensors. This system will send information to the master Arduino, which will display the available parking spaces on an LCD screen. The other part of the project involves a Progressive Web App (PWA) that allows users to visualize the available parking spaces through an interface.

The master Arduino will store the data in a distributed database, indicating whether a parking space is available or not. This allows users to view the status of each parking space through an application.

**Keywords** Arduino, Inter-Integrated Circuit (I2C), Parking, PWA, Ultrasonic sensors.

Jeisson.paredes@utp.ac.pa

### 1. Introducción

Cada viaje realizado en un vehículo, en la mayoría de los casos, conduce a una situación en la que se requiere estacionar. Esta es una de las primeras experiencias que suelen generar problemas y pérdida de tiempo.

Los lugares como parques, hospitales, centros comerciales, universidades u oficinas, donde la problemática de estacionamiento es evidente, tienen la necesidad u obligación de ofrecer soluciones diseñadas para mejorar la accesibilidad y la eficiencia. Esto facilita el acceso al destino al proporcionar

espacios de estacionamiento de manera automatizada y práctica. [1]

Al evaluar estas soluciones, debemos comenzar por analizar el diseño del estacionamiento y los factores que pueden ayudar a establecer una política eficiente de gestión de estacionamientos. Veamos algunos de estos factores clave:

Oferta Actual: Conocer la disponibilidad de espacios de estacionamiento y su regulación es fundamental para iniciar las etapas de planificación, adquisición de equipos, operación y mantenimiento del programa. [2]

**Infraestructura Tecnológica:** La utilización de sensores desempeña un papel fundamental al recopilar información sobre la oferta y la demanda en tiempo real, lo que permite ajustar las tarifas para lograr los niveles de ocupación deseados. Para los usuarios, obtener esta información de manera clara y oportuna es crucial para encontrar estacionamiento rápidamente o tomar decisiones informadas sobre el uso de un vehículo. Diversas aplicaciones móviles facilitan la búsqueda y el pago de estacionamientos al proporcionar información en tiempo real e histórica. Existen grandes oportunidades de colaboración entre las autoridades y los desarrolladores en este ámbito.

La última consideración es la que tomamos como base y se presenta como una solución inteligente: la automatización de todo el proceso de estacionamiento y la facilitación de la movilidad dentro de los espacios. La disponibilidad de datos en tiempo real nos permite conocer la disponibilidad de espacios por filas. [3]

Uno de los principales beneficios de un sistema automatizado es la eficiencia en el uso del tiempo. El problema no se limita únicamente a la escasez general de espacios de estacionamiento, sino también a la falta de información en tiempo real sobre los espacios vacantes. Durante las horas pico, los conductores de las grandes ciudades suelen dar vueltas durante unos 30 minutos en busca de un lugar para estacionar. Aquellos que se quedan sin tiempo a menudo optan por estacionar de manera ilegal. Entonces, ¿cómo podemos abordar los problemas de estacionamiento en las ciudades? Hoy en día, la respuesta más viable a este problema radica en la tecnología de estacionamiento inteligente y la reducción del tráfico a través de servicios de movilidad y el uso compartido de automóviles.

### 1.1 Limitaciones del prototipo

Es importante recalcar algunas limitaciones que tiene nuestro proyecto:

- **Costo:** este proyecto a nivel de implementación real contaría con un gran presupuesto ya que se tendrían que usar una buena cantidad de sensores y módulos para su funcionamiento.
- **Limitaciones de los sensores:** los sensores no son precisos del todo y además es común que algunos vengas defectuosos de fábrica, de hecho, fue uno de los problemas que se tuvo a la hora de implementar este proyecto ya que la mayoría de los sensores reconocían datos basura, por lo que se tuvo que agregar un control extra para esta situación. Otra limitación de los sensores son algunas condiciones ambientales, como lluvia intensa.
- **Dependencia de disponibilidad de una red wifi.**
- **Distancia:** en la realidad no se encuentran a escasos centímetros, por lo que implementar esta propuesta

al pie de la letra puede no ser eficiente, ya que la distancias serían más grandes, en ese caso se tendría que tomar la consideración de quizás crear un dispositivo para cada espacio de estacionamiento utilizando un ESP32 y el sensor ultrasónico, pero como se mencionó en la primera limitación eso implicaría más y más gastos.

### 1.2 Soluciones existentes

Los estudiantes de la universidad tecnológica de Panamá sede regional de Coclé, desarrollaron una aplicación para localizar baños y estacionamientos para personas discapacitadas, dando la opción de poder adaptarlo a personas que no sufrieran de una discapacidad, realizando consultas APIs de Google desde la aplicación Android en el teléfono y demostrando que con la implementación de un prototipo con un sensor ultrasónico, módulo WIFI y con una batería como fuente de poder, se pueden detectar si se encuentra ocupado o no el estacionamiento. [4]

En el 2022 Estudiantes Jeisson Grajales, Edwar Gonzalez de la Universidad Tecnológica de Panamá del Centro Regional de Chiriquí desarrollaron un proyecto que consistía en sistema para mapeo de las rutas internas de la UTP Centro Regional de Chiriquí, utilizando *HTML*, *JavaScript*, *CSS*, *P5.js*, *Dijkstra* diseñaron un sistema Web que permitía a los usuarios visualizar la ruta a recorrer hasta su destino, dicho destino era seleccionado por el usuario en la estación física del sistema, esta estación estaba conformada principalmente por Arduino *UNO R3* y una pantalla *LCD SPI TFT ST7735* que permitía elegir los diferentes destinos preestablecido, una vez el usuario seleccionaba, se generaba un código QR que podía ser escaneado para ser redireccionado al sitio web donde se dibujaba el recorrido.

Estudiantes de la Institución Universitaria Antonio Jose Camacho, buscan solucionar el problema de la disponibilidad de estacionamiento, utilizando un módulo GSM SIM800L el cual permite comunicarse con el teléfono y la transmisión de datos y SMS, un sensor ultrasónico para validar la disponibilidad del estacionamiento, tarjeta NODEMCU la cual contiene un procesador ESP3266, permitiéndoles trabajar con el Arduino IDE y trabajar con WIFI y un regulador de voltaje, para la interfaz desarrollaron una aplicación móvil la cual utiliza un sistema de Login y muestra el estado de los estacionamientos. [5]

Íñiguez Félix estudiante de la Universidad de Guayaquil planteo un estacionamiento automatizado con varios sensores ultrasónicos y magnéticos, utilizando una raspberry pi modelo 2B en el cual almacena el servidor local, permitiéndole visualizar la disponibilidad de los estacionamientos, con la ayuda de un Arduino nano conecta los nodos sensores, mostrando en Python si el estacionamiento está disponible o no. [6]

### 1.3 Propuesta

Nuestra propuesta consiste en un sistema que permitirá monitorear los espacios de estacionamientos en tiempo real. Para lograr este objetivo se utilizarán sensores ultrasónicos *HC-S404* que junto con un Arduino MEGA permitirán detectar si dentro del estacionamiento se encuentra un automóvil.

El Arduino MEGA (Maestro) estará interconectado con los

### DIAGRAMA DE FUNCIONALIDAD



distintos módulos a través del protocolo de comunicación I2C.

Esto permitirá compartir información entre el ESP32-WROVER y de esta manera a través de solicitudes POST al servidor se enviarán los datos correspondientes a los estacionamientos que se almacenarán en la base de datos MySQL.

Los datos serán procesados con JavaScript y mostrados en una interfaz Web en donde el usuario podrá observar que estacionamiento están vacíos (blanco) y ocupados (rojo).

En este caso se creará una maqueta representativa de un estacionamiento basado en la zona de aparcamiento ubicados al lado del edificio M en la UTP centro Regional de Chiriquí.

Dicha representación contará con una pantalla LCD ubicada en la entrada de los estacionamientos, su función es sencilla mostrará la cantidad de estacionamientos disponibles y será controlada por un Arduino UNO (esclavo) que al igual que el ESP32 estará recibiendo información del Arduino Mega (maestro) a través del I2C.

**Figura 1.** Diagrama de funcionalidad

El Arduino UNO también controlará un servo motor que permitirá o no el flujo del tránsito, esto para evitar que los autos entren a la zona de estacionamiento cuando ya no queden espacios disponibles, logrando impedir problemas de bloqueos irresponsables por parte de los usuarios.

### 1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema automatizado que muestre en una App la disponibilidad de los estacionamientos con sensores ultrasónicos.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar y seleccionar componentes teniendo en cuenta su accesibilidad, precio y características.
- Crear la conexión entre el Arduino y la aplicación.
- Desarrollar un código en Arduino para manejar los sensores ultrasónicos, el display y por último la aplicación.
- Crear un diseño digital del estacionamiento e implementarlo mediante canvas en la APP.
- Definir las ubicaciones de los estacionamientos.
- Crear una página web optimizada que permita ver el contenido rápidamente.
- Crear una página web para que se puedan visualizar los estacionamientos disponibles.

Al agregar este control será necesario también tener la opción de abrir la entrada manualmente ya que algunas veces departamentos como cafetería reciben suministros de los proveedores, por lo que para solucionar esto, el sistema web permitirá al personal con rol de administrador controlar la entrada con un botón para abrir y cerrar.

## 2. Diseño y metodología

### 2.1 Diseño y materiales

La implementación de este proyecto, se requerirá una combinación de software y hardware específicos. A continuación, se detallan los materiales necesarios:

#### Software

- *PHP*
- *HTML, JavaScript, CSS*
- *P5.js*
- *MySQL y phpMyAdmin*
- *GitHub*
- *000WebHost*
- *Visual Studio Code y Arduino IDE*

#### Hardware y dispositivos

- *Arduino UNO, Arduino MEGA*
- *×1 ESP32-WROVER*

- ×1 LCD SPI TFT ST7735
- ×1 Servo Motor
- ×11 Sensores Ultrasónicos *HC-S404*
- ×11 Leds rojos

## 2.2 Metodología empleada

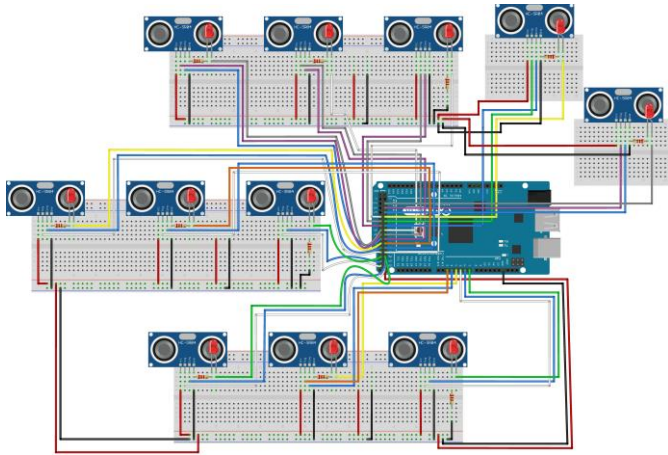
El proceso de desarrollo se dividirá en distintas fases, cada una de ellas diseñada para abordar aspectos específicos del proyecto. Estas fases incluirán desde la evaluación de módulos, dispositivos y librerías disponibles en el mercado, hasta el diseño de la interfaz gráfica y la implementación de la base de datos.

### 2.2.1 Fase de evaluación de plataformas existentes

En esta fase se comenzó a evaluar que módulos se podrían utilizar teniendo en cuenta factores como precio, accesibilidad y compatibilidad. Por otra parte, se investigó y se seleccionó las librerías que se utilizaron para realizar las funciones especiales que requeriría el proyecto.

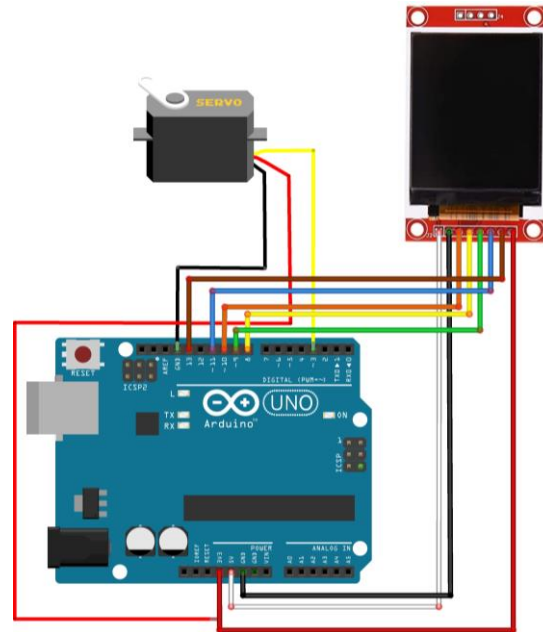
### 2.2.2 Fase: Diseño de sistema físico

Durante esta fase se realizaron todas las conexiones electrónicas en general, es decir se conectaron los sensores ultrasónicos y diodos Leds al Arduino MEGA (maestro) como se observa en la figura 2.



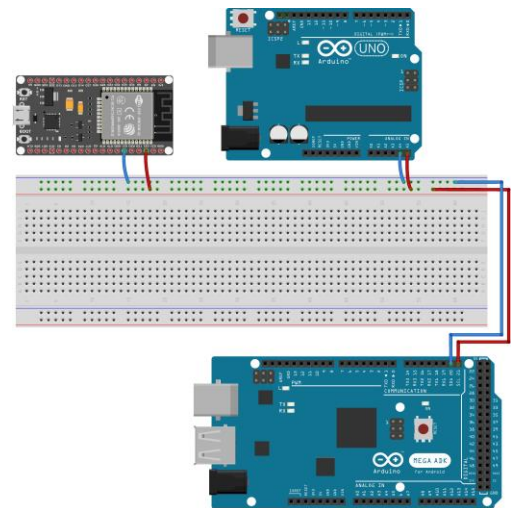
**Figura 2.** Diagrama pictórico conexiones Arduino Mega (maestro) y sensores ultrasónicos

La pantalla LCD fue conectada al Arduino UNO R3 al igual que el servo motor como se puede observar en la figura 3.



**Figura 3.** Diagrama pictórico conexiones Arduino UNO (esclavo), servo motor y pantalla LCD.

Por último, se hicieron las conexiones necesarias para lograr la conexión I2C, para esto el módulo ESP32-WROVER (esclavo) y el Arduino UNO R3 (esclavo), fueron conectados a los puertos SDA y SCL del Arduino MEGA (maestro), estas conexiones se pueden apreciar en la figura 4.



**Figura 4.** Diagrama pictórico conexiones I2C entre los dispositivos

En la figura 5 se puede observar cómo se montó un banco de sensores ultrasónicos esto para mantenerlo alineados y estables a la hora de conectarlo con la base.

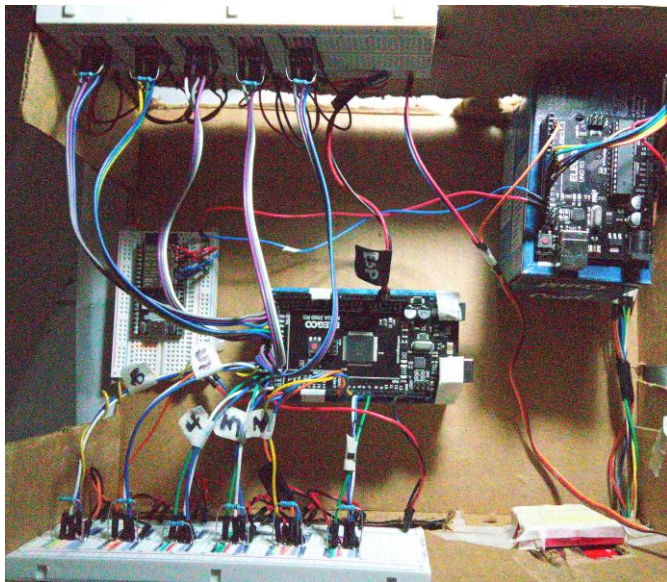




**Figura 5.** Banco de sensores ultrasónicos

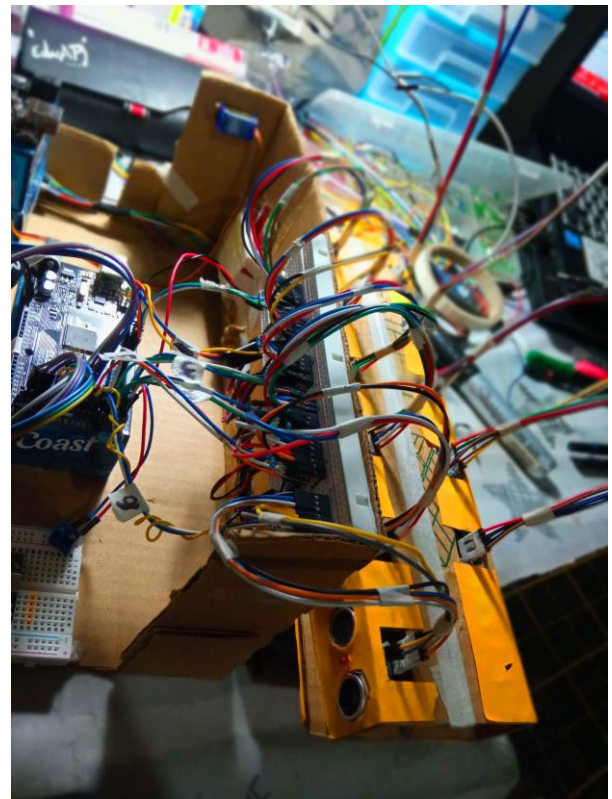
La base como tal, es donde están interconectados los módulos utilizados y se realizaron las conexiones necesarias para simplemente ensamblar los sensores al Arduino MEGA (maestro), esto se puede observar en la figura 6.

Se hizo de esta manera para facilitar el montaje de la maqueta a la hora de representar el estacionamiento



**Figura 6.** Base de conexiones electrónicas

En la figura 7 se observa la forma en la que conectan los 6 primeros sensores del banco al protoboard que hace de medio entre los sensores y el Arduino MEGA.

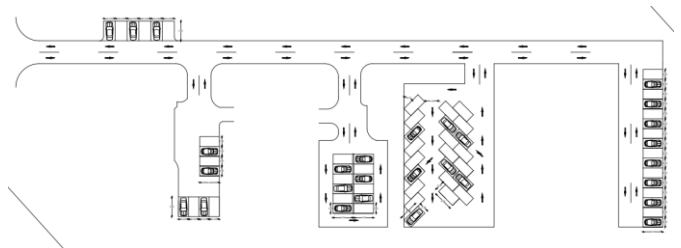


**Figura 7.** Unión banco de sensores y base

Luego de tener todo el sistema conectado se pasó a la fase de programación en donde con Arduino IDE se cargaron los distintos códigos a cada módulo para el manejo de los dispositivos que cada uno de contenía.

### 2.2.3 Fase: Diseño del mapa del estacionamiento

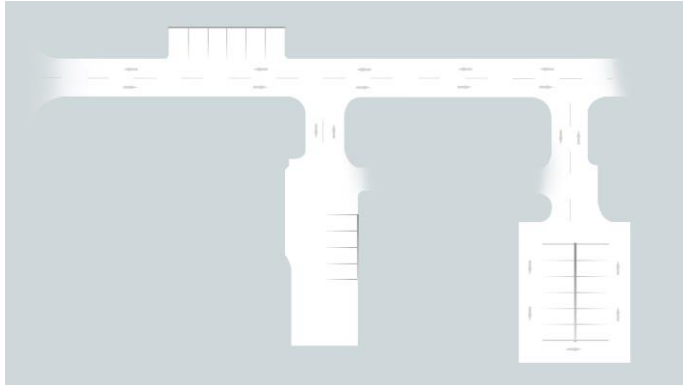
En esta fase se midieron los estacionamientos correspondientes a los edificios C, M y E de la UTP Centro regional de Chiriquí, esto con el fin de hacer una reorganización de la zona, el resultado de este proceso se plasma en la figura 8.



**Figura 8.** Plano estacionamientos edificios C, M y E, UTP Centro Regional de Chiriquí.

Las medidas que se utilizaron para reestructurar los estacionamientos fueron las recomendadas por la Resolución 155 dictada por el Ministerio de vivienda las cuales son 2.50m  $\times$  5.00m.

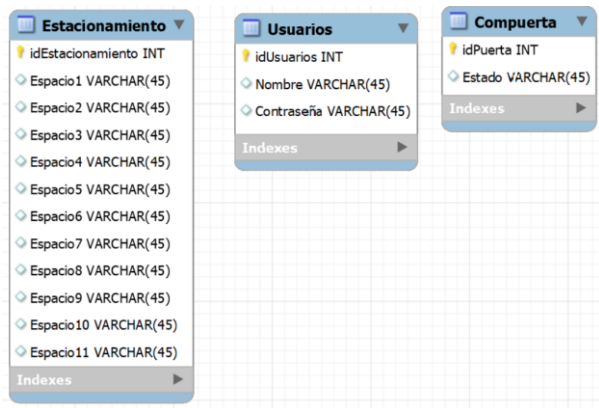
A nivel de maqueta no se van a representar todos los estacionamientos sin embargo en el diseño que utilizó para el Canvas fue basado en él, En la figura 9 se puede apreciar.



**Figura 9.** Plano utilizado en el Canvas P5.js para representar los estacionamientos que visualizará el usuario

#### 2.2.4 Fase: Diseño de base de datos

Se Confeccionó el modelo relacional, en el cual se planteó las tablas y relaciones que se implementaron a nivel de la base de datos, alojada en el 000WebHost.



**Figura 10.** Modelo relacional de la base de datos.

#### 2.2.5 Fase: Diseño del sistema Web

En esta fase a nivel de Backend se utilizó PHP para recibir las solicitudes POST provenientes del ESP32-WROVER,

también fue utilizado para el manejo de la información de la base de datos.

El enlace entre Backend y Frontend se utilizó JavaScript, para recibir la información de la base de datos manejada con PHP.

Las interfaces desarrolladas en esta fase fueron el Login y el index en donde el usuario puede visualizar el mapa, iniciar sesión para habilitar el control de la entrada al estacionamiento.

## 3. Resultados

### 3.1 Maqueta

Una vez se concluyeron todas las fases de la metodología, se construyó una maqueta representativa de una de las zonas de estacionamientos mostradas en el plano.

El banco de sensores fue montado superficialmente como se puede observar en la figura 11.

La funcionalidad de cada sensor consiste en una verificación de 5 segundos una vez se detecta un objeto en el rango, una vez pase la verificación el Arduino maestro manda información al Arduino Uno para representar el conteo en la pantalla y verificar si es necesario cerrar la barrera

El ESP32 recibe la misma información y se encarga de enviar la data al servidor para que sea representada en el Canvas, otra función que cumple el ESP32 es enviar un POST constantemente para verificar si algún usuario quiere abrir la barrera manualmente.



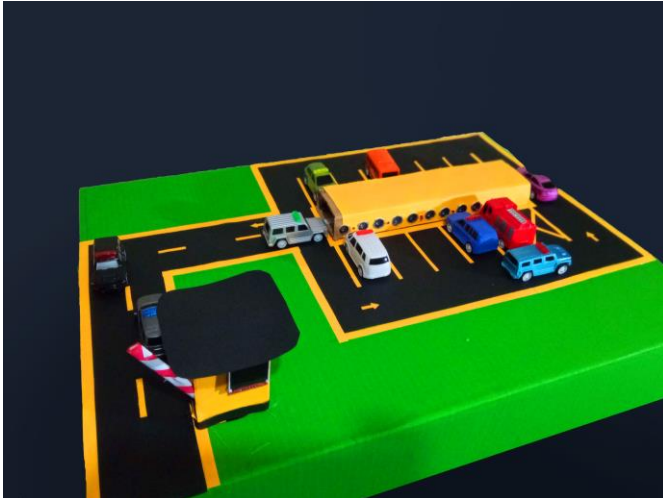
**Figura 11.** Montaje Superficial del banco de sensores

En la figura 12 ya se puede observar completamente la maqueta, en ella vemos en la entrada como una representación de una garita, dentro de ella se encuentra el servo motor de 9g con giro de 180° el cual tiene como función girar la barrera vehicular para impedir el paso en caso de que el

estacionamiento no cuente con espacios disponibles y abrir cuando hay espacios disponibles.

Como se mencionó anteriormente, existe la posibilidad para aquellas personas que cuenten con usuario de administrador controlen la apertura de la barrera manualmente desde la plataforma.

Dentro de la garita también está integrada la pantalla LCD la cual muestra la cantidad de estacionamientos disponibles en la zona.

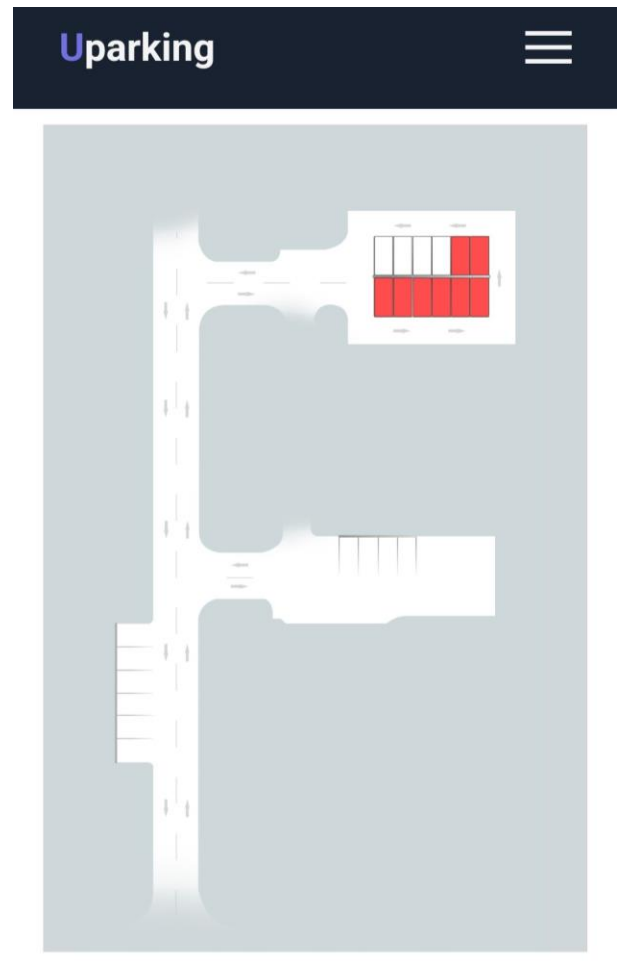


**Figura 12.** Maqueta representativa

### 3.2 Plataforma Web

La plataforma web cuenta con un Index en el que inicialmente se observa el Canvas en donde está representado el plano de los estacionamientos, el cual se irá actualizando constantemente para mostrar el estado del estacionamiento lo más actualizada posible esto se puede observar en la figura 13.

El usuario puede escalar y trasladar el mapa como el desee desde su smartphone al igual que podrá hacerlo desde un ordenador.



**Figura 13.** Index de la plataforma Web

En la parte inferior de la interfaz principal se observa footer (figura 14) en el cual hay alguna información de los desarrolladores y un botón que te redirecciona directamente al repositorio de GitHub del proyecto.

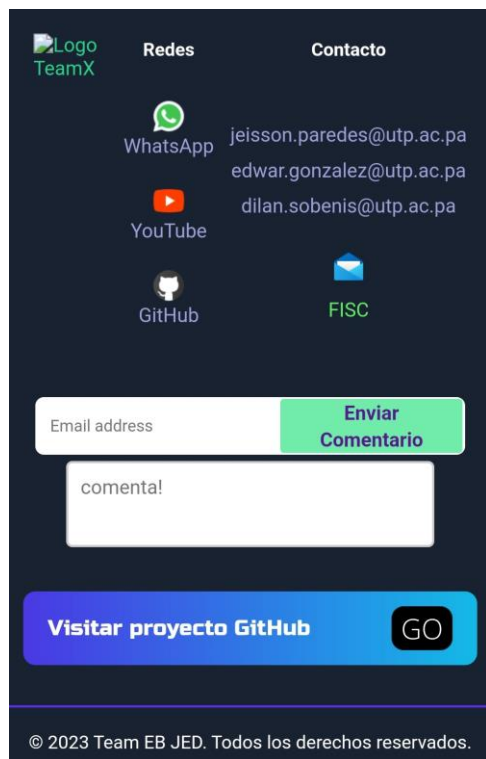


Figura 14. Index de la plataforma Web

El Login que se observa en la figura 15, sólo es para Administradores, ya que la única funcionalidad que proporciona una autenticación es el control de la barrera vehicular.

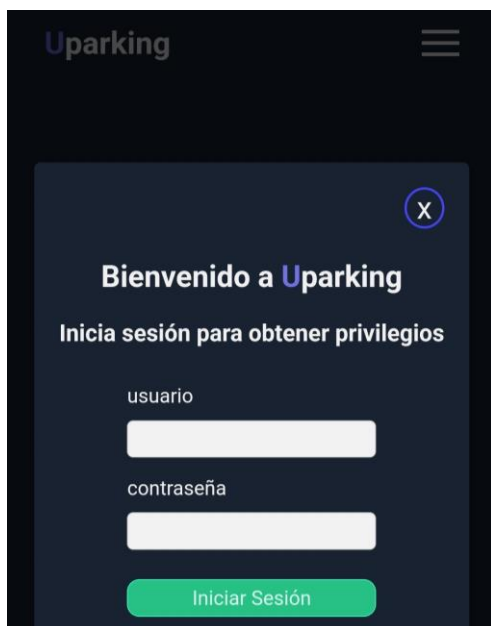


Figura 15. Login

Una vez se ha iniciado sesión se puede acceder a través del header al control de la barrera vehicular, esta interfaz aparecerá como una ventana flotante (figura 16) y permitirá al usuario desbloquear la barrera de entrada en caso de alguna emergencia.



Figura 16. Interfaz de control

## 4. Conclusiones

En resumen, el prototipo ha demostrado ser una solución efectiva para la problemática que surge a raíz de la búsqueda de estacionamientos, la cual consiste en demorar horas buscando un estacionamiento disponible, ocasionado el gasto innecesario de combustible y la generación de gases contaminantes, además de la pérdida de tiempo al no encontrar ninguno estacionamiento disponible.

Al estar diseñado en una maqueta no se tomó en cuenta la distancia entre sensores o cada sección de estacionamiento, por lo cual se utilizaron cables al ser un espacio reducido, pero al momento de escalarlo a tamaño real se tendría que utilizar un Arduino y una modulo ESP o un Arduino que disponga de un módulo wifi.

En conclusión, con el maquetado del proyecto queda comprobada la funcionalidad y efectividad del prototipo, con una pagina WEB que muestra los estacionamientos disponibles y/o ocupados, además de incorporar una función de login el cual permite al administrador abrir y cerrar el portal de manera independiente a los espacios disponibles del estacionamiento, incorporando también un contador digital colocado a un costado del portón el cual muestra la cantidad de estacionamientos disponibles para los que no dispongan de la aplicación.



## AGRADECIMIENTOS

Se le agradece a Alberto Valdés Cortez por la ayuda con la diseño y distribución del plano del estacionamiento observado en la figura 6.

## REFERENCIAS

- [1] L. M. J. J. S. Luis F. Macea, «Elasticidad de la demanda de estacionamiento ante variaciones sistemáticas del ingreso en Montería, Colombia,» redalyc, 6 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/852/85252030014/html/>. [Último acceso: 29 Septiembre 2023].
- [2] N. L. Sánchez, «Estudio de-estacionamiento,» slideshare, 13 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/palacioslw/estudio-deestacionamiento-1>. [Último acceso: 29 Octubre 2023].
- [3] CAME Solution, «Problemas que resuelven los estacionamientos,» CAME Solution, 18 Septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://comesoluciones.com/blog/problemas-que-resuelven-los-estacionamientos/>. [Último acceso: 29 Octubre 2023].
- [4] S. S. G. C. Pablo Domínguez, «PARBATH: Aplicación móvil para localizar baños y estacionamientos,» Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2879/3603>. [Último acceso: 27 Octubre 2023].
- [5] E. A. B. C. D. B. F. Martínez Tenorio, «Prototipo basado en IoT y Arduino para valida la disponibilidad de estacionamientos en la sede norte de la UNIAJC,» 27 Agosto 2022. [En línea]. Available: <https://revistas.uniajc.edu.co/index.php/sapientia/article/view/119/84>. [Último acceso: 2 Agosto 2023].
- [6] I. P. F. Danilo, «Diseño y Modelado de una red inalámbrica,» Septiembre 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/64127/1/I%C3%91IGUEZ%20PONCE%20FELIX%20DANILO.pdf>. [Último acceso: 2 Agosto 2023].
- [7] A. C. Edgardo Sara, «La pesadilla de buscar estacionamiento, sobre la mesa,» moviliblog, 13 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://blogs.iadb.org/transporte/es/la-pesadilla-de-buscar-estacionamiento-sobre-la-mesa/>. [Último acceso: 29 Septiembre 2023].