Web prototype for parking control on a university campus

Juan Pablo Francisco Posadas-Duran[1]; Miguel Sanchez-Meraz[2]; Federico Felipe-Duran[3]
[1,2,3]Instituto Politécnico Nacional, México, *ffelipe@ipn.mx*

Abstract–This paper presents the design of a prototype parking control system with Web Programming for the Smart Campus Zacatenco of the National Polytechnic Institute of Mexico. The Campus has approximately four thousand parking spaces for cars, bicycles and motorcycles, but there is only one access control, without registering who enters driving, nor vehicle data, nor the parking lot, nor the space in which it is parked. The system aims to carry out this control and also provide extra services such as alarms and generate occupancy statistics during different periods of the Institute's school calendar.

Keywords– Urban mobility, Parking control, Web programming, Databases, Prototype.

Prototipo Web para el control de estacionamientos en un campus universitario

Juan Pablo Francisco Posadas-Duran[1]; Miguel Sanchez-Meraz[2]; Federico Felipe-Duran[3]
[1,2,3]Instituto Politécnico Nacional, México, *ffelipe@ipn.mx*

En este trabajo se presenta el diseño de un prototipo de sistema de control de estacionamientos con Programación Web. Para el Smart Campus Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional de México. El Campus cuenta con aproximadamente cuatro mil cajones de estacionamiento tanto para automóviles, bicicletas y motocicletas, pero sólo existe un control para el acceso, No se registran los datos del conductor, el automóvil, el cajón, en que se queda estacionado el vehículo. El sistema pretende llevar ese control y además proporcionar servicios extras como alarmas y generará estadísticas de ocupación y durante diferentes épocas del calendario escolar del Instituto

.

Palabras clave– Movilidad urbana, Control de estacionamientos, programación Web, Bases de datos.

I. Introducción

Los campus universitarios modernos son visitados cada día por miles de estudiantes, profesores, personal administrativo y visitantes. Para transportarse al campus universitario utilizan varios medios de transporte, ya sean públicos o privados. En este último caso es frecuente que demanden un cajón de estacionamiento para su medio de transporte, ya sea automóvil, bicicleta, motocicleta y más recientemente patines eléctricos. Por lo general se cuenta con estacionamientos para automóviles y en menor medida para bicicletas y motocicletas, sin embargo, no se cuenta con sistemas de control de utilización de cajones, ni con medio de vigilancia, se suele considerar a todos los estacionamientos como públicos y prácticamente sin responsabilidad para las autoridades de los campus universitarios, en la Figura 1 se muestra una vista de un estacionamiento de automóviles.

Figura 1. Estacionamiento Smart Campus Zacatenco

Por otra parte, se debe considerar que el robo de vehículos es un problema en todo el mundo, la Ciudad de México tiene una de las tasas de robo se automóviles más grandes de este país y los Campus universitarios no están exentos de este problema, aunque cabe aclarar que el robo de vehículos o de partes de éstas, es un problema menor en estos ámbitos estudiantiles, aunque no deja de estar presente.

Otras situación que se presenta en los estacionamientos es la búsqueda de cajones libres, existen épocas durante los ciclos escolares que la ocupación de estacionamientos se lleva a su máximo y las personas no encuentran cajones libres de forma inmediata, deben realizar la búsqueda de un espacio disponible durante algunos minutos, esto genera más contaminación y la pérdida de algún tiempo mientras se localiza un cajón disponible, si existiera un sistema informático que brindará información sobre la disponibilidad de lugares de estacionamiento se tendría un mejor servicio al evitar búsqueda de cajones disponibles desplazándose en el vehículo hasta encontrarlo.

Las autoridades responsables de los estacionamientos de los Campus universitarios sólo cuentan, por lo general, con un control de unidades que entran, pero no tienen información sobre cajones disponibles, no tienen medios para reportar incidentes sucedidos a los vehículos, desde robo de unidades y autopartes hasta casos como olvido de cerrar puertas o

ventanas de las unidades, si bien ya existen sistemas comerciales de control de estacionamientos, las particularidades de los campus universitarios y la cantidad de cajones instalados, en varios campus universitarios llegar a ser miles de cajones disponibles, hacen que estos sistemas no sean los más adecuados para esta necesidad. El presente prototipo de sistema está diseñado para cumplir necesidades de este tipo de estacionamientos.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

La American University of the Middle East de Kuwait desarrolló un Proyecto para monitorear automóviles que entran a un estacionamiento, medir el tiempo de ocupación y realizar el cobro de forma automatizada. La arquitectura desarrollada consiste de tres grandes bloques o módulos, el primero consta de un sensor de radio frecuencia que se activa cuando el automóvil llega al estacionamiento, el segundo está integrado por un sensor de movimiento para detectar cuando el automóvil se estaciona y cuando se mueve para salir del estacionamiento, el tercer módulo es un sistema de posicionamiento global (GNSS). Cada vehículo debe contar con un nodo IoT construido alrededor de un microcontrolador. El sistema funciona de la siguiente manera: Cuando el automóvil llega al estacionamiento un transmisor RF envía señales al nodo IoT para que se active, éste a su vez activa los sensores de movimiento y de posicionamiento global para registrar el cajón donde queda estacionado el vehículo y a partir de ese momento se inicia el tiempo de estancia. El software de una computadora de control se encarga de registrar los datos del automóvil durante toda su estancia y la información se guarda en un servidor en la nube [1].

Otro proyecto, desarrollado en la Universidad Chulalongkorn de Bangkok en Tailandia se centra en resolver los problemas que se presentan en tres edificios de estacionamientos de la Universidad, el manejo es manual en donde personal registra de manera manual los ingresos al estacionamiento y del cobro por el uso, otros empleados realizan la función de guardias de seguridad. Uno de los problemas presentados es que una vez que se ingresa se llegan a ocupar hasta quince minutos en encontrar un cajón disponible. El sistema está formado por un nodo de sensado ultrasónico modelo NodeMCU instalado en el techo interior del estacionamiento para cada cajón. Para registrar la entrada y salida del estacionamiento se utiliza la cámara de una laptop que lee un código QR asignado a cada usuario. El sistema se complementa con aplicación Web muy sencilla para contabilizar el tiempo de estancia y el costo de la misma [2].

También se han esfuerzo para implementar estacionamientos para bicicletas, cada día mas gente se decide por desplazarse por este medio y esto implica que se destinen espacios con ese fin, sin embargo, en Campus universitarios antiguos no se considero construir estacionamientos para bicicletas y motocicletas, por lo que se han hecho adecuaciones, no siempre funcionales. En China la Universidad de Sichuan si cuentan con estacionamientos especialmente construido para tal fin y ahí se desarrolló un proyecto IoT para manejar tal estacionamiento, el proyecto consta de tres subsistemas, el primero es el estacionamiento techado en si, el segundo de control y manejo de información y el tercero es un sistema de seguridad. Las bicicletas son colocadas en un cajón que cuenta con una cerradura eléctrica y una máquina de consulta conectadas a un nodo ethernet, que a su vez se conecta a un conmutador TCP/IP para llevar el control y registro de cada cajón ocupado. Un centro control recibe la información y en casos de apertura no autorizada de los candados eléctricos envía mensaje SMS a los dueños de las bicicletas. El servidor de información también maneja y despliega información sobre cajones ocupados y disponibles entre otras cosas [3].

En México, en el Instituto Politécnico Nacional se desarrolló un prototipo a escala para manejar bicicletas en espacios reducidos, se puede observar la estructura en la Figura 2.

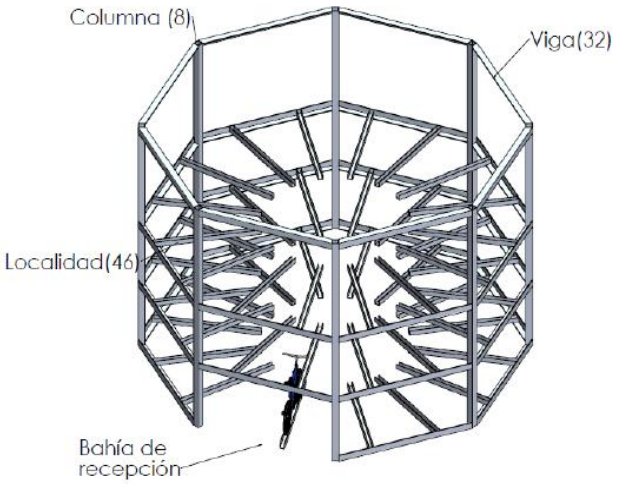

Figura 2 Prototipo de estacionamiento

Cuenta con varios niveles, una estación de recepción y mecanismos para subir de nivel las bicicletas o bien para girar el sistema y colocar la bicicleta, de esa forma se logra optimizar el espacio y recibir más bicicletas. El sistema utiliza dos microcontroladores PIC, una base rotativa y un elevador para los niveles superiores [4].

También existen sistemas comerciales para manejo de estacionamientos, estos sistemas están enfocados en el cobro por el uso de los mismos, por lo general, cuentan con plumas automatizadas que expiden un ticket para permitir el acceso y que sirve como referencia para el cobro, principalmente en cajeros automáticos, algunos proporcionan sistemas de cámaras de seguridad para el monitoreo de las unidades. Otro

servicio que proporcionan son indicadores de disponibilidad por medio de contadores de espacios vacíos por secciones y luces que indican la ocupación de cajón o disponibilidad. Si el estacionamiento es privado proporcionan servicios para el acceso por medio de códigos QR, tarjetas RFID, códigos de barras y en algunos casos con inteligencia artificial para el reconocimiento biométrico de los usuarios ya sea por reconocimiento facial o bien por medio de las huellas dactilares de los usuarios del estacionamiento.

III. Marco teórico

En esta sección se presentan los conceptos teóricos que permitieron desarrollar el presente trabajo.

Bases de Datos: Una base de datos es un conjunto de archivos que guardan información relacionada de alguna manera y que están almacenados en una o varias computadoras, hoy en día el almacenamiento se puede considerar en una nube. Existe un software llamado Sistema Manejador de Base de Datos (DBMS por sus siglas en inglés) que permite realizar varias operaciones sobre los archivos y la información que guardan, algunos ejemplos de esas operaciones son la búsqueda de un dato específico, la actualización de información almacenada en la base de dato. Otras operaciones frecuentes con la creación y definición de archivos o tablas donde se va a guardar la información, así como la definición que va a existir entre las diferentes tablas. Los DBMS cuentan con lenguajes de programación simples que permiten la manipulación de las operaciones antes mencionadas [5][6].

Los DBMS han evolucionado en los últimos diez años y han surgido manejadores llamados no relacionales o no SQL, que fue el modelo predominante en la última parte del siglo XX. Los DBMS, como MongoDB, están orientados a manejo de documentos y tienen la característica de ser flexibles en el manejo de sus Tablas, a diferencia del modelo relacional que es más estricto en su manejo, cada diseñador de base de datos deberá elegir el DBMS más adecuado a las necesidades que deba cumplir [][].

Programación Web: Se conoce como programación Web al diseño y creación de páginas Web y las tareas que realizan. Una página Web puede sólo mostrar información, imágenes y multimedia, pero tales tareas se van sofisticando y se pueden volver muy complejas. Por ejemplo, un usuario puede buscar en internet, por medio de páginas web algún producto o servicio que le interese, una vez que lo localiza hace un pedido del mismo y utilizando la página Web de un banco realizar el pago de su mercancía y servicio, por medio del sistema de pedidos puede rastrear su pedido y saber en que momento va a llegar al lugar que el determinó o si es un servicio, empezar a utilizarlo, desde el momento que hizo el pago bancario en línea [7][8].

Lenguajes de Internet: Para desarrollar la programación Web se utilizan diferentes herramientas de programación y se conocen como Lenguajes de Internet, los más importantes son HTML, Javascript, Hojas de Estilo en Cascada y PHP. El Lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML por sus siglas en inglés) fue definido por Tim Berners-Lee en 1991 y describía 18 elementos, 13 de ellos siguen utilizándose actualmente. HTML permite definir la estructura y el contenido de una página Web. Esta estructura básica permite definir enlaces a otras páginas Web, de forma que una página no necesita contener toda la información que presenta y permite compartir esa tarea con otras páginas web. HTML permite definir la página web, con su título, tablas, enlaces, encabezados entre otros componentes. El consorcio W3C o World Wide Consortium es una organización que administra HTML y se dedica a la estandarización de las tecnologías Web [9].

Javascript es un lenguaje interpretado, fue creado por Brendan Eich de la empresa Netscape, es orientado a objetos y está basado en prototipos. Permite la interacción del usuario de una página Web y permite que la página sea dinámica. Tiene varias características especializadas, pero su principal cualidad es trabajar del lado del cliente para que su interacción con la página sea mas sencilla y productiva [10].

PHP es otro lenguaje de internet que trabaja del lado de un servidor Web, aunque tiene otras aplicaciones. PHP fue creado por Rasmus Lerdorf en 1994, posteriormente fue enriquecido por otros desarrolladores. Las principales acciones que puede efectuar del lado del servidor son la interacción con manejadores de bases de datos, MySQL por ejemplo, soporte a XML y SQLite, proporciona iteradores de datos y manejo de excepciones [11].

Movilidad urbana y Ciudades Inteligentes: El concepto de Ciudades Inteligentes (Smart Cities) ha tenido un auge en los últimos años muy importante y acelerado. No existe una definición universalmente aceptada, pero se pude afirmar que una Ciudad Inteligente es aquella que busca la mejor calidad de vida de sus habitantes utilizando sobre todo tecnologías de la ingeniería moderna, en especial las Tecnologías de la Información y Comunicaciones. Existen diferentes entes interesados en las Ciudades Inteligentes, Gobiernos Nacionales y de Ciudades, la Unión Internacional de Telecomunicaciones, la Organización Internacional de Estándares, el Instituto de Ingenieros Electrónicos y Electricistas e infinidad de Universidades de todo el mundo. Así como no existe un concepto común de Ciudad Inteligente, tampoco existe un consenso universal de las características que debe de cumplir, pero también se puede afirmar que el manejo de energía inteligente y sustentable, medio ambiente considerando manejo de agua, ruido y calidad del aire y prácticamente todos coinciden en que la movilidad urbana es de alto impacto para que los habitantes de una Ciudad Inteligente tengan mejor calidad de vida [12] [13].

Una movilidad urbana eficiente significa para las personas una mayor cantidad de tiempo para sus actividades laborales, de estudio, de descanso o bien de esparcimiento lo que implica una mayor tranquilidad en su vida diaria, también mejora la calidad del aire al haber desplazamientos innecesarios y la cantidad de ruido en la ciudad disminuye por el mismo motivo.

El sistema de administración de estacionamientos de este trabajo tiene entre sus objetivos mejorar la movilidad urbana en el Smart Campus Zacatenco, mejorar la seguridad de los bienes de las personas que confluyen en él y tener un mejor control de los vehículos que utilicen los estacionamientos en el Campus, de esta forma la calidad de vida de la comunidad politécnica se ve beneficiada.

IV. Análisis y desarrollo

La metodología utilizada en este proyecto fue similar a la metodología de la cascada. EL ciclo de vida del software desarrollado fue el siguiente:

Los requerimientos del prototipo se determinaron con entrevistas a usuarios de los estacionamientos y autoridades del Instituto, también se revisaron trabajos previos sobre automatización de estacionamientos en el campus universitario. Las etapas de análisis y diseño se realizaron entre los autores de este trabajo y alumnos que desarrollaron el prototipo como parte de su proceso de titulación. La etapa de implementación del prototipo fue llevada en micro etapas y éste se montó en un servidor de pruebas. La verificación del prototipo se efectuó con datos simulados, pero no se realizaron pruebas de stress. La etapa de mantenimiento, al ser un prototipo ya no fue posible realizarla.

La etapa de mantenimiento, de la metodología de la cascada no se llevó a cabo ya que al ser un prototipo no se ha puesto en producción el sistema desarrollado.

El Campus Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional de México se encuentra al norte de la Ciudad de México. Cada día alrededor de cuarenta mil personas realizan actividades académicas, de investigación, administrativas y de gobierno e incluso de diversión. El Campus Zacatenco fue construido, en una primera etapa afines de los años cincuenta del siglo pasado. Desde entonces se construyeron en sus instalaciones estacionamientos para automóviles, actualmente son cerca de cuatro mil cajones. Sin embargo, no fueron considerados estacionamientos para bicicletas y motocicletas, aunque en los últimos años se han adaptado sobre todo para bicicletas como se puede ver en la Figura 3, estos no son los más adecuados para estacionar estos vehículos, aunque ya se hacen esfuerzos para construirlos con un diseño más adecuado para ellos.

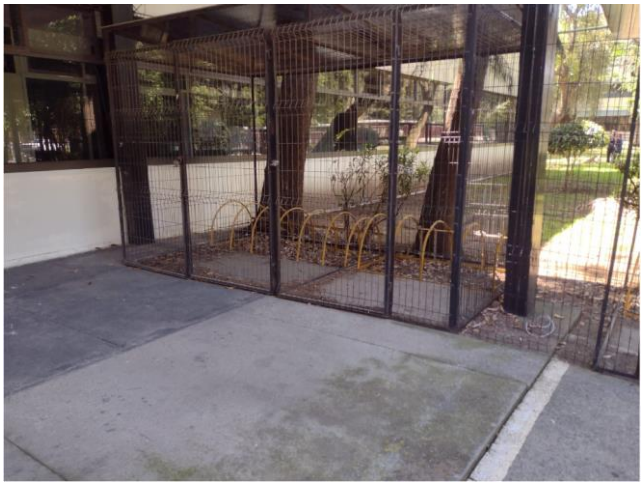

Figura 3 Estacionamiento de bicicletas

Cada estacionamiento dentro del Campus es responsabilidad de alguna Escuela, Centro de Investigación o bien Unidad académica o administrativa (Son llamadas de forma genérica ECU), en caso de algún incidente como robo, delito o daño en el vehículo se debe reportar a la Subdirección Administrativa de cada ECU que se encargará del manejo legal de cada evento y de las medidas a tomar en ese momento con la unidad que presentó el problema, con el sistema propuesto se pretende agilizar estas tareas.

Por otra parte, los profesores, estudiantes y personal de apoyo a la educación cuentan tanto con una credencial como con un identificador personal, en el caso de los alumnos se le conoce como número de boleta y en caso de profesores y administrativos como número de empleado. Por lo general cada alumno, profesor o administrativo sólo utiliza un vehículo, ya sea automóvil, bicicleta o motocicleta y se siguió esa premisa para diseñar el sistema.

En la parte del ciclo escolar que se imparten clases los estacionamientos tienden a estar ocupados cerca de un ochenta por ciento, pero durante varias semanas se saturan, sobre todo los de automóviles, lo que obliga al usuario a deambular algunos minutos hasta encontrar un cajón libre. Otra situación que se presenta es cuando surge un incidente con alguna unidad, no existe forma de comunicarse con el dueño de forma inmediata, se debe investigar a quien pertenece la unidad o bien esperar a que regrese al cajón que está utilizando.

Para este proyecto se consideraron los nueve estacionamientos construidos en la etapa inicial del Campus Zacatenco, se les conoce por el número de edificio al que dan servicio, esto es estacionamiento 1 para el edificio 1 y así consecutivamente. Cinco de los estacionamientos están bajo la responsabilidad de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, otros tres a cargo de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas y el último a cargo

de la Escuela Superior de Física y Matemáticas. También se considera que ya se tienen instaladas plumas que reportan el acceso cada vez que algún vehículo ingresa a un estacionamiento y además identifica al propietario del mismo, esto es que el sistema propuesto no se encarga de la operación de los estacionamientos, para ese fin se han desarrollado otros prototipos que cumplen con tal tarea y el sistema aquí propuesto sólo considerada que la ocupación de estacionamientos y cajones se realiza de forma independiente y sólo toma la información respectiva.

Con el análisis anterior se procedió a definir las Tablas que integraran el sistema:

- Tabla 1. Estacionamientos, con los datos: claveEstacionamiento, posicionGPS, capacidadCajones, cajonesEspeciales, claveResponsable
- Tabla 2. Profesores, con los datos: nombreprofesor, claveProfesor, emailProfesor, celularprofesor, correoInstitucional, cubiculoprofesor, extensionTelefonicaProfesor
- Tabla 3. Alumnos, con los datos: nombreAlumno, boletaAlumno, emailAlumno, celularAlumno, correoInstitucionalAlumno, carreraAlumno
- Tabla 4. Administrativo, con los datos: nombreAdministrativo, claveAdministrativo, emailAdministrativ, oficinaAdministrativo, correoInstitucional, extensionTelefonicaAdmvo
- Tabla 5. Responables, con los datos: nombreResponsable, claveResponsable, emailResponsable, unidadResponsable, celularResponsable, correoInstitucional, cubiculoprofesor, extensionTelefonicaResponsable
- Tabla 6. Automóviles con los datos: modeloAutomovil, placaAutomovil, marcaAutomovil, añoAutomovil.
- Tabla 7. Bicicletas con los datos: propietarioBicicleta, modeloBicicleta.
- Tabal 8: Unidad Académica con los siguientes datos: nombreUnidad, responsableUnidad, extensionUnidad.

Todas las Tablas o entidades de una base de datos son importantes y todas son necesarias e indispensables para que el sistema de base de datos funcione, en este sistema casi todas las operaciones giran o se relación con la Tabla de estacionamientos, al Figura 4 muestra la definición en UML de tal Tabla.

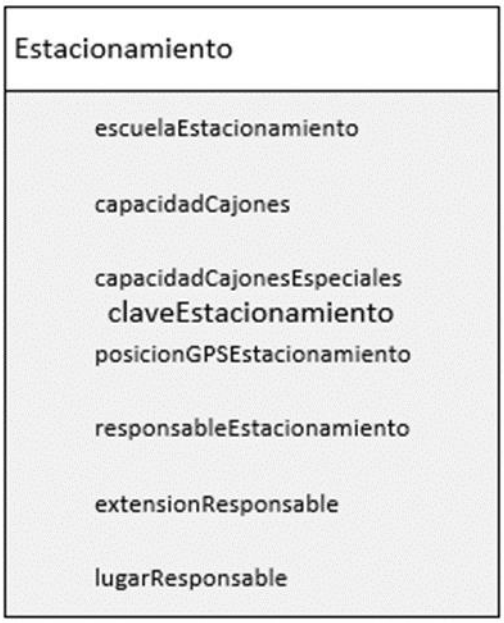

Figura 4 Tabla Estacionamientos

Los casos de uso para el sistema propuesto son los siguientes:

- Caso 1. Alta de usuario: Alumnos, Profesores y personal administrativo se dan de alta en el sistema.
- •Caso 2. Alta de vehículo: Los datos de los vehículos, ya se sean autos, bicicletas o motocicletas se dan de alta en el sistema.
- Caso 3. Reserva de cajón de estacionamiento. El usuario reserva un cajón de estacionamiento con una ventana de tiempo preestablecida.
- Caso 4. Ingreso a estacionamiento. El usuario entra a un estacionamiento y registra los datos de su vehículo, del estacionamiento que va a utilizar y el cajón donde queda asignado.
- Caso 5. Salida del estacionamiento. Se registran fecha y hora de salida.
- Caso 6. Alerta. Se reporta una alerta, por ejemplo, por robo de autoparte y se avisa al responsable del estacionamiento y al usuario afectado.
- Caso 7. Consulta de ocupación. El usuario del sistema puede visualizar la cantidad de cajones disponibles en un estacionamiento específico.

A diferencia de las Tablas que conforman una base de datos, los casos de uso pueden incrementarse con el tiempo por necesidades que van surgiendo, utilizando la misma información o bien pueden dejar de ser necesarios y eliminarse del sistema. Un caso de uso de los más importantes es el Alta la Figura 5 se puede ver tal caso de uso respectivo.

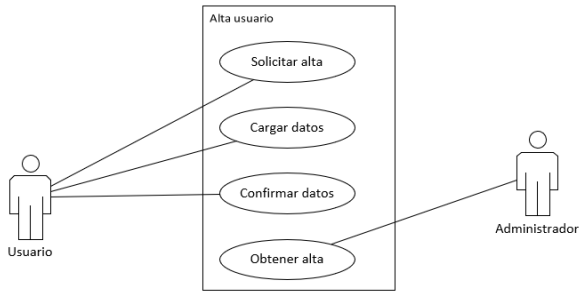

Figura 5 Caso de uso Alta de Usuario

El esquema de la base de datos no se presenta por razones de espacio, sería poco legible, pero los campos llave de las Tablas, las que permiten la navegación entre Tablas, la indexación de la información y otras operaciones son las siguientes: para el caso de los alumnos su número de boleta, para el caso de empleados del Instituto su número de empleado, los vehículos por su placa, para la Tabla de estacionamientos su número consecutivo, para la Tabla de responsables se diseño un campo llave considerando la Escuela de adscripción. Varios casos de uso ya se han implementado, el alta de usuarios, la reserva de cajones, el despliegue de ocupación de los mismos, entrada y salida del estacionamiento que son las más importantes, ya se tiene el diseño de las alertas y está en proceso de desarrollo. La Figura 6 muestra una de las pantallas para el registro de usuarios del sistema.

Figura 6 Pantalla de registro

La comunicación del sistema se realizó con tecnología LORA, de los sensores a un servidor y de ahí vía WiFi a los usuarios del Sistema, de esta manera se tiene acceso a Internet. La figura 7 lo muestra

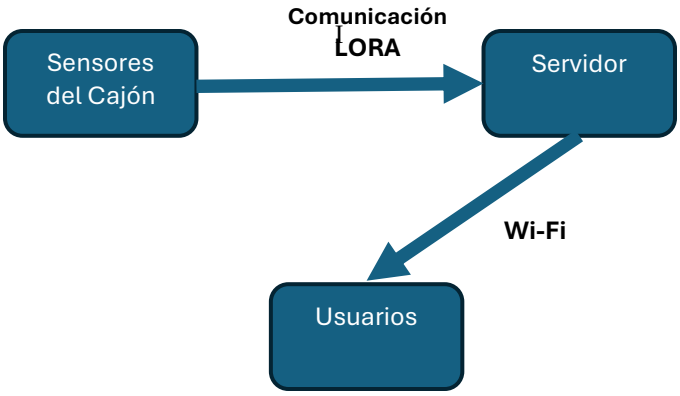

Figura 7 Alta de usuario

El sistema de Internet del Instituto Politécnico Nacional proporciona herramientas de seguridad para el manejo de información del prototipo en su etapa de pruebas

V. Pruebas y Resultados

El sistema fue diseñado para nueve estacionamientos de Escuelas del Instituto, cada estacionamiento cuenta con ciento veinticinco cajones, la ocupación de los cajones fue simulada para el sistema, esto es manualmente se señalaban los cajones ocupados o liberados. Los módulos del sistema que ya se han probado son los de reporte de ocupación, reserva de cajones, control de entrada y salida de los estacionamientos. Quedan pendientes las alertas de movimientos y localización de responsable de los estacionamientos, para el caso que sea necesario que las autoridades deban intervenir en alguna situación de emergencia.

Agradecimientos

Los autores expresan en esta sección su agradecimiento a los Sistemas de Becas por Exclusividad de la Comisión Organizadora de Fomento a las Actividades Académicas, al Sistema de Estímulo al Desempeño Docente de la Secretaría Académica y al Sistema de Estímulos a la Investigación de la

Secretaría de Investigación y Postgrado, ambos Sistemas soportados por el Instituto Politécnico Nacional de México. También a la Secretaría de Investigación y Postgrado porque este trabajo se deriva de las actividades del proyecto de investigación “Micro movilidad urbana en el Smart Campus Zacatenco”, clave 20240757. Los autores agradecen la dedicación de los alumnos Cesar Hernán García Cruz y Leonel Pérez Martínez quienes desarrollaron el software como parte de su proyecto de titulación curricular en el Instituto Politécnico Nacional.

REFERENCIAS

[1] R. Kanan and H. Arbess, "An IoT-Based Intelligent System for Real-Time Parking Monitoring and Automatic Billing," 2020 IEEE International Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies (ICIoT), Doha, Qatar, 2020, pp. 622-626, doi: 10.1109/ICIoT48696.2020.9089589

[2] C. Ajchariyavanich et al., "Park King: An IoT-based Smart Parking System," 2019 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Casablanca, Morocco, 2019, pp. 729-734, doi: 10.1109/ISC246665.2019.9071721.

[3] Y. Huang, Z. Yang and S. Xiong, "The research on the control algorithm of IOT based bicycle parking system," 2012 IEEE 2nd International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems, Hangzhou, China, 2012, pp. 1221-1225, doi: 10.1109/CCIS.2012.6664578

[4] T. A. Castro, H. Duran, "Prototipo de estacionamiento automatizado para bicicletas", Trabajo Terminal UPIITA del Instituto Politecnico Nacional de México, 2018.

[5] P. Lake, P. Crowther, "Concise Guide to Databases", Springer – Verlag, London, England, 2013.

[6] H. Garcia-Molina, J. D. Ullman, J. Widom, "DATABASE SYSTEMS The Complete Book", Pearson Prentice Hall, USA, 2009.

[7] Internet DoubleClick, "Nuestra Historia", https://www.mongodb.com/es/company, Consultado 04/04/2024.

[8] L. Valencia, V. Ramos, "Introducción a MongoDB", Universidad de Sevilla, España, 2022

[9] C. Parraga, M. J. Boné Andrade, A. P. Mora Olivero, "Programación Web del Frontend al Backend", Editorial AEA 1era Edición, Santo Domingo, Ecuador, 2024.

[10] C. R. Jaimez González, "Programación del Web Dinámico", Editorial UAM Cuajimalpa, Ciudad de México, México, 2015.

[11] T. A. Powell, "HTML & CSS The Complete Reference", McGraw-Hill, USA, 2010.

[12] A. Rauschmayer, "JavaScript for impatient programmers", 2022 Edition. USA, 2022

[13] Web Code Geeks, "PHP programming Cookbook", Exelixis Media P.C., USA 2016.

[14] Institute of Electrical an Electronics Engineers, "IEEE Smart Cities Initiative Global Municipalities Engagement Application

[15] https://smartcities.ieee.org/images/files/pdf/ieee_smart_cities_initiative_application.pdf Consultado 04/04/2024.

[16] Unión Internacional de Telecomunicaciones, "Ciudades inteligentes y sostenibles", https://www.itu.int/web/pp-18/es/backgrounder/smart-sustainable-cities, Consultado 04/04/2024.

[17] Unión Internacional de Telecomunicaciones, "SG15 - Networks, technologies and infrastructures for transport, access and home", https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2022-2024/15/Pages/default.aspx, Consultado 04/04/2024.

[18] The International Association of Public Transport, "What we do", https://www.uitp.org/about/, Consultado 04/04/2024.