

**Diseño del centro de control y monitoreo, de parqueaderos automatizados que atiende la  
empresa ECOPARKING.**

Jesús Andrés Oquendo Cano

Asesor

Paulita Flor Salazar

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería  
Ingeniería de Telecomunicaciones

2026

## Presentación

Ecoparking es una empresa Antioqueña con más de una década en el mercado, líder en la venta y mantenimiento de parqueaderos automatizados, una solución innovadora y eficiente que transforma la gestión de espacios de parking. Nuestra tecnología está completamente relacionada con la Internet de las Cosas (IoT), lo que permite ofrecer sistemas inteligentes, conectados y de fácil administración, optimizando la experiencia de nuestros clientes y la seguridad de sus instalaciones.

Nuestra estructura organizacional está dividida en varias áreas claves que garantizan la excelencia en cada uno de nuestros servicios:

- **Área Administrativa:** Encargada de la gestión financiera, recursos humanos y planificación estratégica, asegurando la sostenibilidad y crecimiento de la empresa.
- **Área Comercial:** Responsable de la atención a clientes, ventas y desarrollo de nuevas oportunidades de negocio, promoviendo soluciones a medida.
- **Área Operativa:** Supervisan la instalación y operación diaria de los sistemas, garantizando su correcto funcionamiento.
- **Área de Mantenimiento:** Se dedica a la reparación, actualización y soporte técnico de los parqueaderos, asegurando la continuidad del servicio.
- **Área de Proyectos:** Diseña e implementa soluciones personalizadas, gestionando desde la planificación hasta la ejecución de cada proyecto.
- **Área de Desarrollo:** Innovación y desarrollo de nuevas tecnologías y mejoras en nuestros sistemas, integrando IoT y otras tendencias digitales.

ECOPARKING, se encuentra comprometida con ofrecer soluciones inteligentes, confiables y adaptadas a las necesidades del mercado actual, todo ello respaldado por un equipo profesional y dedicado.

Con la implementación del proyecto se iniciará el proceso de desarrollar una plataforma de monitoreo centralizada que permitirá la detección y solución de fallas en tiempo real. Esto no solo optimiza la operación de los parqueaderos, sino que también minimiza la necesidad de desplazamientos largos del personal de mantenimiento, lo que se traduce en una respuesta más rápida ante problemas y una mayor satisfacción del cliente.

La seguridad de nuestras operaciones es primordial, por lo que se desea implementar una red VPN para garantizar una comunicación segura entre los PLC instalados en cada sede y la plataforma de monitoreo. A través de un enfoque mixto que incluye diseño experimental y técnicas de recolección de datos, se espera lograr una significativa reducción en los tiempos de respuesta ante fallas, integrando tecnologías IoT y ciberseguridad en nuestras operaciones.

ECOPARKING no solo se enfoca en la eficiencia operativa, sino que también busca contribuir al desarrollo económico y social del país, mejorando la infraestructura tecnológica y promoviendo la innovación en servicios. Con el crecimiento del parque automotor y la necesidad de maximizar el uso del espacio, nuestros sistemas automatizados permiten una gestión segura y eficiente de los parqueaderos, beneficiando tanto a los propietarios como a los usuarios.

## Estado Actual de los Sistemas de Parqueadero

En la actualidad, es posible considerar de manera crítica el método utilizado para atender las fallas en los sistemas de parqueaderos, ya que no se lleva un registro claro ni sistemático de los problemas. A pesar de contar con tecnología de punta en la industria, incluyendo PLCs de alta calidad y sistemas sofisticados, las fallas pueden surgir debido a la forma en que se gestionan los inconvenientes. Las reparaciones se realizan de manera manual y presencial, lo que implica que un técnico debe desplazarse físicamente al parqueadero, a veces desde otra ciudad, para llevar a cabo tareas tan simples como reiniciar un sistema, verificar en la pantalla del parqueadero que sensor presenta fallas, posicionar una bandeja o alinear un módulo óptico. Esto genera:

- Tiempos de inactividad prolongados mientras se espera al personal.
- Costos operativos altos por desplazamientos frecuentes e innecesarios.
- Falta de visibilidad centralizada: no se sabe con precisión qué componente falló hasta que alguien llegue físicamente.
- Frustración en los clientes que no pueden retirar ni ingresar su vehículo mientras dura la falla.
- Riesgo operativo, ya que algunas fallas (como el corte de guaya o bandejas fuera de posición) pueden agravarse si no se atienden a tiempo.

## **Beneficios del Proyecto**

Con la puesta en marcha del proyecto y si se logra llevar a cabo, se obtendrían beneficios concretos y en diferentes frentes:

Se analizará primero desde el punto de vista de la empresa prestadora del servicio de mantenimiento ECOPARKING. Donde se lograría una reducción significativa en el desplazamiento de los técnicos, se podría diagnosticar y en muchos casos resolver fallas de forma remota desde la central de monitoreo, sin moverse de Medellín. Se ahorraría en costos de viáticos, tiquetes y tiempo del personal. El personal se centraría en resolver fallas que sí requieran presencia física y no en todas.

Desde el punto de vista de los dueños de los parqueaderos, se minora el tiempo de inactividad del sistema, lo que se traduce en menos pérdidas económicas por parqueaderos fuera de servicio y generaría una mayor confianza en el servicio de mantenimiento.

Ahora se analizarán los beneficios para los usuarios finales, donde se mejorará la experiencia al experimentar un servicio más ágil y sin interrupciones largas, con una mayor comunicación con los operadores y conocimiento del estado actual de su vehículo.

A nivel tecnológico, la combinación de VPN, SCADA e IoT permitirá no solo corregir fallas sino también tener claridad y anticiparlas a través de mantenimientos predictivos, algo que es indispensable aplicar en la actualidad, también se centraría el histórico de fallas, lo cual ayudara a tomar decisiones concretas con respecto a fallas recurrentes.

## Resumen

En la actualidad, la implementación de sistemas de parqueos innovadores, como los automatizados presenta desafíos significativos en la detección y solución de fallas y errores. Con este estudio se desea desarrollar una plataforma de monitoreo centralizada que permita identificar y resolver problemas en tiempo real, minimizando la necesidad de desplazamientos del personal de mantenimiento largas distancias. Se utilizará una red VPN para garantizar la seguridad de la comunicación entre los PLC y la plataforma de monitoreo. La metodología incluye un enfoque mixto, con un diseño experimental y técnicas de recolección de datos. Los resultados esperados incluyen una reducción significativa en los tiempos de respuesta ante fallas. Se analizarán los beneficios de la integración de tecnologías IoT, la ciberseguridad y estrategias de mantenimiento, destacando su impacto en la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. En conclusión, la plataforma propuesta no solo optimiza la operación de los parqueaderos, sino que también minimizara los tiempos de inactividad y un aumentara la satisfacción de los clientes.

**Palabras clave:** Parqueaderos automatizados; monitoreo en tiempo real; IoT (Internet de las cosas); ciberseguridad; redes VPN; eficiencia operativa.

## Abstract

Currently, the implementation of innovative parking systems, such as automated ones, presents significant challenges in detecting and resolving faults and errors. This study aims to develop a centralized monitoring platform that allows for the real-time identification and resolution of problems, minimizing the need for maintenance personnel to travel long distances. A VPN network will be used to ensure secure communication between the PLCs and the monitoring platform. The methodology includes a mixed-methods approach, with an experimental design and data collection techniques. Expected results include a significant reduction in response times to faults. The benefits of integrating IoT technologies, cybersecurity, and maintenance strategies will be analyzed, highlighting their impact on operational efficiency and customer satisfaction. In conclusion, the proposed platform not only optimizes parking facility operations but also minimizes downtime and increases customer satisfaction.

**Keywords:** Automated parking lots; real-time monitoring; IoT (Internet of Things); cybersecurity; VPN networks; operational efficiency.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	17
Plan de Trabajo .....	18
Recopilación de la Información.....	18
Diseño de la Infraestructura.....	18
Cronograma .....	19
Planteamiento del Problema .....	20
Justificación .....	22
Objetivos.....	24
Objetivo General.....	24
Objetivos Específicos .....	24
Metodología .....	25
Enfoque.....	25
Diseño de Estudio .....	25
Método de Estadística.....	25
Descriptivos .....	25
Inferenciales.....	26
Tipo de Análisis .....	27
Cuantitativo .....	27
Cualitativo .....	27
Caracterización de la Empresa ECOPARKING .....	28
Controladores Lógicos Programables (PLC).....	28
PLC Referencia XGK-CPUS.....	28

PLC Referencia XGK-CPUH .....	29
PLC Referencia XGK-CPUE .....	30
Módulo LS XGL-CH2A .....	31
Módulo LS XGL-EIMT .....	31
Módulo TOYO SOT-NS502A .....	32
Sensores Usados en el Sistema de Parqueaderos.....	33
Sensor SICK WL250-S132.....	33
Sensor SICK WE280-S132.....	34
Sensor SICK WS100-D1032 .....	35
Sensor WL250-2R1531 .....	36
Sensor WE280-2H1531 .....	37
Sensor IM18-05BNS-ZW1 .....	39
Sensor de Área Tipo Barrera Referencia Autonics BW20-08 .....	40
Sensor Tipo Herradura BUP-50.....	40
Sensor de Final de Carrera KLCA12.....	42
Bandeja .....	43
TTcar.....	43
Análisis de Casos de Fallas del Sistema .....	45
Bloqueo o Pausa del Transfer .....	45
Pérdida del Sensor de Herradura .....	45
Bandeja Salida .....	46
Error en Posicionamiento del Shifter.....	46
Error de Comunicación de Modem Óptico.....	47

	10
Nivel del Elevador .....	47
Parqueaderos Multinivel .....	47
Un Caso Especial .....	47
Demora en Desplazamiento .....	48
Error de PIT Sensor .....	48
Error de Palet Par o Impar .....	48
Error de Conteo de Celdas .....	49
Error de Corte de Guaya .....	49
Error en Tornamesa.....	49
Requerimientos Para los Usuario y Operarios .....	50
Feedback Para Usuarios.....	50
Feedback Para Operadores .....	50
Marco Conceptual.....	52
Estructura General de un PLC .....	52
Unidad Central de Procesamiento .....	52
Almacenamiento de Información .....	53
Circuito de Interfaz de Entrada/Salida.....	53
El circuito de Interfaz de Entrada .....	53
El Circuito de Interfaz de Salida.....	53
Tipos de PLC .....	54
Programación de un PLC.....	54
Tipos de Señales Utilizadas en los PLC .....	55
Señales Binarias.....	55

Señales Digitales.....	55
Señales Analógicas .....	55
Sensores (Definición) .....	56
Resistivos.....	56
Capacitivos .....	57
Inductivos .....	57
Ópticos.....	57
Piezoeléctricos .....	57
Magnéticos.....	57
Ultrasonido .....	57
Red.....	58
Esquema de Red .....	59
Red General del Proyecto .....	60
Redes de Medellín .....	60
Red de Bogotá.....	62
Red de Cali .....	63
Red Privada Virtual.....	63
¿Por Qué se Debe Usar una VPN? .....	64
Tipos de VPN.....	65
VPN de Acceso Remoto .....	66
VPN de Sitio a Sitio.....	66
VPN de Cliente a Servidor .....	66
Operación de IPSec VPN.....	66

	12
Componentes de IPSec .....	66
Operación con OpenVPN .....	67
Componentes de OpenVPN.....	67
Red de Túneles VPN del Proyecto .....	68
Sistema SCADA .....	69
Funciones de un Sistema SCADA .....	70
Arquitectura Básica de SCADA .....	71
Interfaz Hombre – Máquina (HMI). .....	71
Ventajas de un HMI .....	72
SCADA Plataforma IGNITION .....	72
Sistemas de Parquaderos Automatizados.....	73
El internet de las Cosas (IoT) .....	74
Monitoreo y Control .....	74
Ciberseguridad.....	75
Marco Teórico .....	76
Fases del Proyecto (Modelo CDIO).....	79
Presupuesto .....	80
Diseño de la Solución .....	82
Especificaciones Técnicas de la Solución .....	82
Caracterización de los Dispositivos.....	82
Visualización .....	82
Control.....	82
Instrumentos .....	82

Comunicación y Protocolos.....	82
Seguridad en las Comunicaciones .....	83
Evaluación, Operación, Mantenimiento e Innovación.....	83
Plan de Mejoras .....	83
Plan de Mejoras a Corto Plazo .....	84
Plan de Mejoras a Mediano Plazo .....	84
Plan de Mantenimiento .....	84
Plan de Mantenimiento Correctivo.....	85
Plan de Mantenimiento Predictivo.....	85
Plan de Mantenimiento Preventivo.....	86
Resultados .....	88
Conclusiones .....	91
Recomendaciones .....	93
Referencias Bibliográficas .....	94
Apéndices.....	98

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Cronograma de actividades</i> .....	19
<b>Tabla 2.</b> <i>Distribución de la red de Medellín sede LCH</i> .....	60
<b>Tabla 3.</b> <i>Distribución de la red de Medellín sede Oviedo</i> .....	60
<b>Tabla 4.</b> <i>Distribución de la red de Medellín sede UVA</i> .....	61
<b>Tabla 5.</b> <i>Distribución de la red de Medellín sede Armónico</i> .....	61
<b>Tabla 6.</b> <i>Distribución de la red de Bogotá</i> .....	62
<b>Tabla 7.</b> <i>Distribución de la red de Cali</i> .....	63
<b>Tabla 8.</b> <i>Arquitectura de túneles VPN</i> .....	68
<b>Tabla 9.</b> <i>Presupuesto total del proyecto</i> .....	80

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Fotografía del PLC XGK-CPUS</i> .....	28
<b>Figura 2.</b> <i>Fotografía del PLC XGK-CPUH</i> .....	29
<b>Figura 3.</b> <i>Fotografía del PLC XGK-CPUE</i> .....	30
<b>Figura 4.</b> <i>Fotografía del módulo comunicación LS XGL-CH2A</i> .....	31
<b>Figura 5.</b> <i>Fotografía del módulo LS XGL-EIMT</i> .....	31
<b>Figura 6.</b> <i>Fotografía de módulo Toyo referencia SOT-NS502A</i> .....	32
<b>Figura 7.</b> <i>Fotografía de varias perspectivas del sensor SICK WL250-S132</i> .....	33
<b>Figura 8.</b> <i>Características del sensor SICK WL250-S132</i> .....	33
<b>Figura 9.</b> <i>Fotografía del sensor SICK WE280-S132</i> .....	34
<b>Figura 10.</b> <i>Características del sensor SICK WE280-S132</i> .....	34
<b>Figura 11.</b> <i>Fotografía del sensor SICK WS100-D1032</i> .....	35
<b>Figura 12.</b> <i>Características del sensor SICK WS100-D1032</i> .....	35
<b>Figura 13.</b> <i>Fotografía del sensor WL250-2R1531</i> .....	36
<b>Figura 14.</b> <i>Características del sensor WL250-2R1531</i> .....	37
<b>Figura 15.</b> <i>Fotografía del sensor WE280-2H1531</i> .....	37
<b>Figura 16.</b> <i>Características del sensor WE280-2H1531</i> .....	38
<b>Figura 17.</b> <i>Fotografía del sensor inductivo IM18-05BNS-ZW1</i> .....	39
<b>Figura 18.</b> <i>Fotografía del sensor Autonics referencia BW20-08</i> .....	40
<b>Figura 19.</b> <i>Fotografía del sensor de tipo herradura BUP-50</i> .....	40
<b>Figura 20.</b> <i>Fotografía del sensor KLCA12</i> .....	42
<b>Figura 21.</b> <i>Fotografía del soporte para vehículos tipo bandeja</i> .....	43
<b>Figura 22.</b> <i>Fotografía del sistema de desplazamiento horizontal con tornamesa incluido</i> .....	43

<b>Figura 23.</b> <i>Esquema de la estructura de un PLC</i> .....	54
<b>Figura 24.</b> <i>Esquema de red del proyecto</i> .....	59
<b>Figura 25.</b> <i>Esquema de una red VPN</i> .....	64
<b>Figura 26.</b> <i>Esquema de un sistema SCADA</i> .....	70
<b>Figura 27.</b> <i>Fotografía de módulo HMI</i> .....	72

## **Introducción**

Este proyecto propone el diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo centralizado para parqueaderos automatizados, gestionados por la empresa y con sedes en varias ciudades de Colombia. La solución se apoyará en una red segura (VPN) que conectará la central de monitoreo con los PLCs instalados en cada sede, con el objetivo de detectar, diagnosticar y gestionar fallas en tiempo real. Al consolidar la información operativa, se facilitará la programación de mantenimientos y la optimización de la operación, reduciendo desplazamientos innecesarios y aumentando la precisión en la toma de decisiones ante incidencias.

La propuesta abarca la definición de los requerimientos técnicos y funcionales de la plataforma, la arquitectura del sistema y la red de comunicación, así como el diseño e implementación de una VPN que permita una comunicación continua y fiable entre la sede central y los PLCs. Además, se contempla la implementación de un sistema de supervisión y control compatible con plataformas modernas de SCADA, como Ignition, Wonderware o equivalentes, para gestionar datos, alarmas y configuraciones de manera centralizada.

## **Plan de Trabajo**

### **Recopilación de la Información:**

- Identificación de los elementos existentes: Recopilar información sobre los tipos de sensores, actuadores y PLC actualmente utilizados en los parqueaderos mencionados.
- Estudio de casos: Analizar cómo se gestionan actualmente los problemas en cada parqueadero y documentar los tiempos de respuesta y los recursos empleados.
- Requerimientos de usuario: Recoger feedback de los usuarios y operadores del sistema para entender mejor sus necesidades y expectativas.

### **Diseño de la Infraestructura:**

- Arquitectura de red: Diseñar la red de comunicación que incluirá la VPN para asegurar la transmisión de datos.
- Especificaciones de dispositivos: Definir las configuraciones necesarias para los PLC, asegurando que se cuente con IP fija y que puedan enviar datos en tiempo real.
- Selección de software: Evaluar y seleccionar el sistema de supervisión y control (SCADA, Ignition, Wonderware) que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.

**Cronograma:****Tabla 1.***Cronograma de actividades*

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO																	
N <sup>o</sup>	Actividades / Tareas	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
		S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4
1	Identificación de los elementos existentes																
2	Estudio de casos																
3	Requerimientos de usuario																
4	Diseño de la infraestructura																
5	Especificaciones de dispositivos																
6	Selección de software																

LEYENDA	
	1. Identificación de los elementos existentes
	2. Estudio de casos
	3. Requerimientos de usuario
	4. Diseño de la infraestructura
	5. Especificaciones de dispositivos
	6. Selección de software

*Nota.* En esta tabla se describen las actividades que se van a desarrollar durante el proyecto, en ella también se relaciona el tiempo de duración de la actividad.

## Planteamiento del Problema

A raíz de los avances que se están dando a nivel global, se están implementando nuevos sistemas y tecnologías, entre estos, los sistemas de parqueaderos robotizados (inteligentes), donde la persona solo ingresa el vehículo a una celda o plataforma y este automáticamente lo guarda, es un sistema que tiene una gran relevancia social, ya que ayuda a optimizar espacios en zonas urbanas donde el sistema de parqueo es muy congestionada, concurrida o presenta muchas dificultades. Estos sistemas van conectados directamente a la tecnología IoT, se utilizan sensores, actuadores, PLC y sistemas electrónicos, que sirven para gestionar el acceso y control en el parqueo de los vehículos, sin embargo en este caso, la detección, control y solución de las fallas en los sistemas se deben realizar en gran medida de una forma manual y presencial, lo que implica una serie de desplazamientos constantes a veces hasta por fuera de la ciudad donde reside la persona encargada de dar solución, esto también genera retrasos, demasiado tiempo de inactividad y posibles riesgos operativos. La implementación de una plataforma que se encargue de realizar un monitoreo e identificar fallas y darle una solución en tiempo real, genera más eficiencia en el servicio, mejora los tiempos de solución a fallas y esto genera satisfacción y tranquilidad a los clientes.

Por lo tanto, surge la gran necesidad de desarrollar una plataforma de control y monitoreo basada en redes seguras de telecomunicaciones, que permita la integración efectiva de los componentes electrónicos y de comunicación, garantizando la confiabilidad, seguridad y eficiencia en la solución de las fallas que se presentan en los sistemas de parqueaderos automatizados.

Este proyecto se relaciona directamente con las líneas de investigación en electrónica, automatización y robótica con la implementación de sensores, actuadores y PLC, esto requiere

algunos conocimientos en electrónica y automatización para integrar los componentes del sistema, la robótica y automatización nos permitirá realizar una gestión eficiente en el manejo de los parqueaderos.

Por otro lado, con respecto a la ciberseguridad, debemos crear una red segura y protegida con el fin de garantizar la transmisión de datos en la red, así como la integración y configuración adecuada de los PLC y los demás dispositivos, que también deben ser protegidos ya que de ellos depende que el proceso se desarrolle normalmente y al haber una violación en la seguridad puede verse afectado o suspendido el proceso.

Con respecto a la macro línea de desarrollo económico y social, este proyecto realiza una contribución importante en la mejora de la infraestructura tecnológica, promoviendo la eficiencia operativa, optimización de espacios, reducción de costos, reduciendo tiempos y realizando un aporte en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas y promoviendo la innovación en servicios.

## Justificación

El siguiente proyecto de investigación aplicado a la ingeniería, centralizada especialmente en ingeniería de telecomunicaciones y electrónica, se realiza con el fin de proponer un método más eficaz de brindar soluciones a la problemática que se identificó en el área de mantenimiento y control de fallas en los parqueaderos automatizados, en nuestro caso en varias ciudades en Colombia. Diariamente se presentan fallas en los sistemas y no se tiene una precisión o claridad de qué componente es el que está presentando el problema. Esto presenta retrasos en la operación y prestación del servicio; con la implementación de la central de monitoreo, se podrá detectar, diagnosticar y tal vez resolver fallas en tiempo real, sin necesidad de realizar desplazamientos innecesarios. En conclusión, con este proyecto se logra beneficiar tanto al cliente dueño del parqueadero, ya que se reducen los tiempos de solución a los problemas que se presenten, y sería un beneficio mayor a la empresa prestadora de los servicios de mantenimiento por dar una solución en tiempo real y evitar desplazamientos innecesarios de su personal.

Desde el punto de vista académico, el proyecto se fundamenta en conceptos avanzados de ingeniería en telecomunicaciones y electrónica, donde se integran las tecnologías IoT, redes seguras mediante VPN, sistemas de monitoreo en tiempo real como SCADA. La implementación de esta infraestructura de comunicación y control fomentará el desarrollo de competencias en diseño de redes, integración de sistemas de ciberseguridad y diferentes áreas de la ingeniería.

Según Guevara y Tibanquiza (2021):

Los sistemas SCADA modernos permiten el acceso a datos de plantas en tiempo real desde cualquier parte del mundo. Este acceso a información en tiempo real permite a los gobiernos, las empresas y las personas tomar decisiones basadas en datos sobre cómo

mejorar los procesos. Sin el software SCADA, sería muy difícil, si no imposible, recopilar suficientes datos para tomar decisiones consistentes e informadas. En comparación con el software SCADA obsoleto, el software SCADA que utiliza la función de base de datos SQL tiene una gran ventaja (p. 17).

Con el crecimiento del parque automotor y la necesidad de maximizar el uso del espacio, un sistema automatizado permite una gestión eficiente y segura. Los sistemas de parqueaderos automatizados se componen de hardware y software que trabajan en conjunto para controlar el acceso, monitorear la ocupación y en algunos casos facilitan la gestión del pago.

## Objetivos

### Objetivo General:

Desarrollar el diseño de un sistema de control y monitoreo centralizado para controlar y programar, si es necesario, los parqueaderos automatizados que requieren mantenimiento por parte de la empresa encargada. Esto se implementará mediante una red segura (VPN) a partir de la integración que se debe realizar en los PLC de cada sede, donde se pueda detectar, diagnosticar o gestionar una falla que se presente en tiempo real. Así, se logrará optimizar la operación, reduciendo los desplazamientos y siendo más asertivos a la hora de que se presente un problema o dificultad.

### Objetivos Específicos:

Definir los requerimientos técnicos y funcionales de la plataforma.

Establecer la arquitectura del sistema, incluyendo la red de comunicación y la integración de dispositivos.

Diseñar una red segura VPN mediante la cual se pueda establecer una comunicación constante y confiable desde la central donde se realizará el monitoreo hasta los PLC, permitiendo enviar datos o realizar configuraciones sin inconvenientes.

Definir un sistema de supervisión y control adecuado que cumpla con los requerimientos necesarios, utilizando sistemas como SCADA, Ignition o Wonderware.

## **Metodología**

Teniendo en cuenta la problemática que se planteó desde un principio y que se desea solucionar con la aplicación del proyecto que se ha venido investigando, la metodología a implementar es a siguiente:

### **Enfoque**

Enfoque cuantitativo y cualitativo, dado que en el proyecto busca desarrollar una solución tecnológica y efectiva, es importante utilizar un enfoque cuantitativo para medir la efectividad del sistema de monitoreo y control propuesto, así como un enfoque cualitativo para entender las necesidades y experiencias de los usuarios, técnicos de mantenimiento y propietarios de los parqueaderos.

### **Diseño de Estudio**

Se puede optar por un diseño experimental, donde se implementará el sistema en una o varias sedes específicas y se realizarán pruebas controladas para evaluar su efectividad. Esto permitirá comparar el desempeño del sistema de monitoreo antes y después de su implementación.

### **Método de Estadística**

#### **Descriptivos**

Estos se utilizarán para resumir y describir los datos recolectados, como el tiempo de respuesta ante fallas, la cantidad de fallas reportadas antes y después de la implementación, el tiempo en el que se da la solución a la falla.

**Inferenciales**

Se pueden aplicar pruebas estadísticas y de control, para determinar si las diferencias en el rendimiento del sistema antes y después de la implementación son estadísticamente significativas.

### **Tipo de Análisis**

Los análisis de datos que se van a utilizar son los cuantitativos y cualitativos:

#### **Cuantitativo**

Se analizarán métricas como el tiempo de respuesta a fallas, la reducción de desplazamientos y costos, y la satisfacción del cliente. Se pueden utilizar gráficos y tablas para visualizar los resultados.

#### **Cualitativo**

Se realizarán entrevistas o encuestas a los usuarios y técnicos para recoger información sobre su experiencia con el sistema, lo que permitirá obtener información valiosa sobre áreas de mejora y efectividad del sistema.

## Caracterización de la Empresa ECOPARKING

A continuación, se llevará a cabo una inspección y una breve descripción de los equipos y sensores que actualmente forman parte de los sistemas de parqueaderos a los cuales la empresa ECOPARKING brinda servicios de mantenimiento.

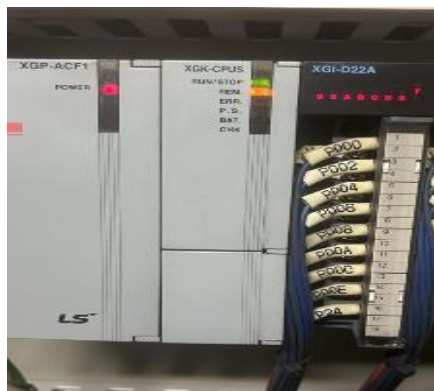
### Controladores Lógicos Programables (PLC)

En los sistemas de parqueaderos que se vienen estudiando, se usan los PLC de marca LS de la serie XG, estos proporcionan varios sistemas de red para una fácil configuración del sistema. “Esto ofrece Ethernet (FEnet, FDEnet) y Cnet para la comunicación entre PLC y el sistema superior o entre PLCs, y proporciona un Ethernet dedicado (FDEnet), Profibus-DP, DeviceNet, Rnet, etc. como sistema de red de control inferior” (manual p2-14).

### PLC Referencia XGK-CPUS

#### Figura 1.

*Fotografía del PLC XGK-CPUS*



*Nota.* La imagen fue tomada en la sede LCH de Medellín, corresponde a uno de los vehículos encargados del desplazamiento vertical, allí se alcanzan a evidenciar los módulos de entrada de energía a la izquierda y a la derecha el módulo de entrada de señales de los diferentes sensores.

Características: Procesador de alto rendimiento, múltiples E/S.

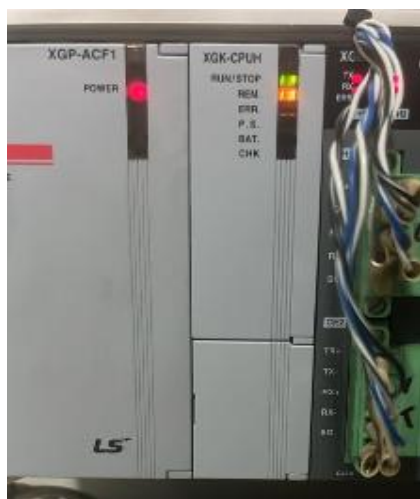
Funciones: Control centralizado del sistema, gestión de sensores y actuadores.

Uso: Ideal para la automatización de procesos complejos en parqueaderos. En el sistema de parqueaderos, estos PLC son los encargados de controlar los movimientos de los transfers o vehículos de transporte vertical; realizan órdenes relativamente más simples, movimientos laterales del transfer y recogida y entrega de las bandejas.

### PLC Referencia XGK-CPUH

#### Figura 2.

*Fotografía del PLC XGK-CPUH*



*Nota.* La imagen corresponde al PLC principal o main del parqueadero de la ciudad de Cali, este es el encargado de recibir la información de los diferentes PLCs del parqueadero y ejecutar armónicamente las diferentes órdenes.

Características: Mayor capacidad de memoria y conectividad.

Funciones: Soporta tareas avanzadas, integración con otros sistemas.

Uso: Aplicaciones que requieren un control más robusto y flexible. El sistema de parqueaderos automatizados se usa para control general del parqueadero; es el encargado de recibir las órdenes de los demás PLC y coordinar armónicamente todos los movimientos del

sistema. Con la falla o ausencia de este se determina el paro total del sistema de parqueaderos.

Cumple función de main en el parqueadero multinivel de Cali.

### PLC Referencia XGK-CPUE

#### Figura 3.

*Fotografía del PLC XGK-CPUE*



*Nota.* La imagen corresponde al PLC que controla el sistema de parqueadero tipo torre del centro comercial Oviedo, los parqueaderos de armónico y universidad también cuentan con este mismo dispositivo.

Características: Diseño compacto, adecuado para aplicaciones más simples.

Funciones: Control básico de sistemas.

Uso: Sistemas de parqueaderos pequeños o menos complejos; es usado tanto en parqueaderos tipo multinivel como en sistemas de parqueaderos tipo torre. Este sistema se usa en los parqueaderos tipo torre, encargado de controlar los movimientos verticales, ordenar paradas en cada nivel, recogida y entrega de bandejas con un grado más de complejidad, ya que los movimientos se realizan de lado izquierdo y derecho de acuerdo a la orden efectuada. Este PLC cumple la función de main en parqueadero multinivel de Medellín.

## Módulo LS XGL-CH2A

### Figura 4.

*Fotografía del módulo comunicación LS XGL-CH2A*



*Nota.* Imagen tomada en el parqueadero LCH Medellín, dispositivo encargado de integrar las comunicaciones del PLC con diferentes dispositivos del sistema.

Características: Módulo de comunicación.

Funciones: Facilita la conexión entre PLC y otros dispositivos.

Uso: Integración del sistema de parqueaderos con el centro de control.

## Módulo LS XGL-EIMT

### Figura 5.

*Fotografía del módulo LS XGL-EIMT*



*Nota.* Imagen tomada del parqueadero LCH Medellín, módulo encargado de recibir más cantidad de señales para cuando se requiere.

Características: Módulo de entrada/salida expandida.

Funciones: Aumenta la capacidad del sistema de E/S.

Uso: Ideal para sistemas que requieren más conexiones.

### **Módulo TOYO SOT-NS502A**

#### **Figura 6.**

*Fotografía de módulo Toyo referencia SOT-NS502A*



*Nota.* Imagen corresponde al modem óptico, que es el que se encarga de emitir y recibir las señales u ordenes que requiere el sistema, es usado principalmente cuando hay dispositivos en movimiento y es algo complejo el cablearlo, es usado principalmente en los vehículos transfer, encargados de los desplazamientos horizontales de vehículos. Se usan en los parqueaderos de LCH Medellín, Bogotá y Cali.

Características: Módulo de comunicación

Funciones: Permite la comunicación entre diferentes dispositivos.

Uso: Permite la comunicación y transmisión de datos e información entre el PLC de los tranfers (vehículos de desplazamiento vertical) y el PLC principal (main).

## Sensores Usados en el Sistema de Parquaderos

### Sensor SICK WL250-S132

#### Figura 7.

Fotografía de varias perspectivas del sensor SICK WL250-S132



*Nota.* Imagen tomada en el sistema de parquaderos de LCH Medellín, estos sensores son los encargados de alertar cuando algún vehículo que va a ingresar al sistema de parquaderos, se usa tanto en parquaderos multinivel, como son LCH Medellín, Bogotá y Cali, al igual que en los parquaderos tipo torre.

Características: Sensor fotoeléctrico, alta precisión.

#### Figura 8.

Características del sensor SICK WL250-S132

Especificaciones Técnicas — Sensor Barrera Fotoeléctrica Réflex	
Parámetro	Valor
<b>Principio funcional / Dimensiones</b>	Barrera fotoeléctrica réflex
<b>(An × Al × Pr)</b>	20 mm × 60 mm × 43 mm
<b>Forma de la carcasa (salida de luz)</b>	Rectangular
<b>Alcance de detección máx.</b>	0,01 m ... 13,5 m <sup>1)</sup>
<b>Distancia de conmutación</b>	0,01 m ... 8 m <sup>2)</sup> 0,01 m ... 11 m <sup>3)</sup>
<b>Escáner lineal</b>	2,5°
<b>Tipo de luz</b>	Luz roja visible
<b>Fuente de luz</b>	LED <sup>3)</sup>
<b>Tamaño del spot (separación)</b>	∅ 400 mm (8 m)
<b>Ángulo de dispersión</b>	2,5°
<b>Ajuste</b>	Potenciómetro, 2 revoluciones <sup>4)</sup>

*Notas:* <sup>1)</sup> Modo con reflexión total <sup>2)</sup> Modo estándar <sup>3)</sup> Clase de láser 1 <sup>4)</sup> Ajuste manual

*Nota.* Imagen tomada de la página web oficial de la empresa SICK, en ella se muestran las características principales del sensor.

Funciones: Detección de presencia de vehículos.

Uso: Detección de tipos de vehículos (sedán-camioneta), puertas abiertas, posición del vehículo en el espacio asignado (bómpers trasero y delantero).

### Sensor SICK WE280-S132

#### Figura 9.

Fotografía del sensor SICK WE280-S132



*Nota.* Imagen tomada de un transfer de la sede LCH Medellín, son los sensores encargados de indicar el momento en el que una de las bandejas se encuentra por fuera del nivel permitido.

Características: Sensor de detección de objetos.

#### Figura 10.

Características del sensor SICK WE280-S132

Especificaciones Técnicas — Sensor Barrera Emisor-Receptor	
Parámetro	Valor
<b>Principio funcional / Dimensiones</b>	Barrera emisor-receptor
<b>(An × Al × Pr)</b>	23,5 mm × 74,5 mm × 63 mm Rectangular
<b>Forma de la carcasa (salida de luz) / Alcance de detección máx.</b>	0 m ... 45 m
<b>Distancia de conmutación</b>	0 m ... 40 m
<b>Escáner lineal</b>	1,4°
<b>Tipo de luz</b>	Luz roja visible
<b>Fuente de luz</b>	LED <sup>1)</sup>
<b>Tamaño del spot (separación)</b>	1 m (40 m)
<b>Ángulo de dispersión</b>	1,4°
<b>Ajuste</b>	Potenciómetro

*Notas:* <sup>1)</sup> Clase de láser 1 — Ajuste manual mediante potenciómetro integrado

*Nota.* Imagen tomada de la página web oficial de la empresa SICK, en ella se muestran las características principales del sensor.

Funciones: Monitoreo de zonas específicas.

Uso: Son instalados en el sistema de desplazamiento horizontal de vehículos (transfer); nos ayudan a determinar cuando la bandeja encargada del transporte del vehículo o algún objeto se encuentra por fuera de los límites permitidos.

### **Sensor SICK WS100-D1032**

#### **Figura 11.**

*Fotografía del sensor SICK WS100-D1032*



*Nota.* Imagen tomada en la sede LCH Medellín, sensor activo que detecta constantemente el paso de la cadena de tracción del elevador de vehículos, en caso de que la cadena se corte el automáticamente se apaga, emitiendo la señal de alerta en el sistema.

Características: Sensor de distancia con alta precisión.

#### **Figura 12.**

*Características del sensor SICK WS100-D1032*

Especificaciones Técnicas — Sensor Barrera Emisor-Receptor Compacto	
Parámetro	Valor
Principio funcional / Dimensiones	Barrera emisor-receptor
(An × Al × Pr)	11 mm × 31 mm × 20 mm
Forma de la carcasa (salida de luz)	Rectangular
Alcance de detección máx.	0 m ... 15 m
Distancia de conmutación	0 m ... 12 m
Escáner lineal	Aprox. 7,2°
Tipo de luz	Luz roja visible
Fuente de luz	LED <sup>2)</sup>
Tamaño del spot (separación)	∅ 1.500 mm (12 m)
Ángulo de dispersión / Longitud de onda	Aprox. 7,2°
Longitud de onda	680 nm
Ajuste	Potenciómetro, 270°

*Notas: <sup>2)</sup> Clase de láser 1 — Ajuste manual mediante potenciómetro de 270°*

*Nota.* Imagen tomada de la página web oficial de la empresa SICK, en ella se muestran las características principales del sensor.

Funciones: Medición de distancia y detección de obstáculos.

Uso: Este sensor se usa en el sistema de cadenas de tracción de los elevadores, nos ayuda a determinar cuando esta se corta.

### Sensor WL250-2R1531

#### Figura 13.

*Fotografía del sensor WL250-2R1531*



*Nota.* Imagen tomada en el parqueadero de armónico Medellín, sensor con la función de detectar obstáculos en la posición del vehículo con respecto a la altura.

Características: Sensor de detección de objetos, con rango de acción variable, sensor óptico que refleja un haz de luz a través de un réflex o espejo, que al ser interrumpido emite una señal.

**Figura 14.***Características del sensor WL250-2R1531*

Especificaciones Técnicas — Sensor Barrera Fotoeléctrica Réflex, Lente Doble	
Parámetro	Valor
Principio del sensor / de detección	Barrera fotoeléctrica réflex, Lente doble
Dimensiones (An × Al × Pr)	20 mm × 60 mm × 43,9 mm
Forma de la carcasa (salida de luz)	Rectangular
Alcance de detección máx.	0,01 m ... 15 m <sup>1)</sup>
	0,01 m ... 12 m <sup>2)</sup>
Distancia de conmutación	0,01 m ... 13 m <sup>1)</sup>
	0,01 m ... 11 m <sup>2)</sup>
Tipo de luz	Luz roja visible
Fuente de luz	LED <sup>3)</sup>
Tamaño del spot (separación)	∅ 260 mm (8 m)
Ángulo de dispersión	Aprox. 2°
Ajuste	Potenciómetro, 2 revoluciones <sup>4)</sup>

*Notas: <sup>1)</sup> Con reflector estándar <sup>2)</sup> Con reflector pequeño <sup>3)</sup> Clase de láser 1 <sup>4)</sup> Ajuste manual integrado*

*Nota.* Imagen tomada de la página web oficial de la empresa SICK, en ella se muestran las características principales del sensor.

Funciones: Monitoreo de zonas específicas.

Funciones: Detectar la presencia de objetos sin contacto directo, proporcionando señales a sistemas de control.

Usos: En nuestro caso, se usa para la detección de obstáculos que puedan interferir en el desplazamiento vertical del elevador y chocar con las bandejas que contienen a los vehículos en los niveles superiores, como pueden ser puertas, espejos o elementos adicionales que puedan poseer los vehículos.

**Sensor WE280-2H1531****Figura 15.***Fotografía del sensor WE280-2H1531*



*Nota.* Imagen tomada en el parqueadero de armónico Medellín, sensor con la función de detectar obstáculos con respecto al desplazamiento vertical, indica en qué momento hay una bandeja fuera del lugar o un objeto que impida el desplazamiento del elevador.

Características: Sensor de fotodetección sobre objetos; usa sensor receptor gemelo que recibe el haz de luz, el cual, al ser interrumpido por cualquier objeto, emite la señal o alerta.

### Figura 16.

#### Características del sensor WE280-2H1531

Especificaciones Técnicas — Fotocélula de Detección sobre Objeto (Energético)	
Parámetro	Valor
Principio funcional	Fotocélula de detección sobre objeto
Detalle del principio de funcionamiento	Energético
Dimensiones (An × Al × Pr)	23,5 mm × 74,5 mm × 63 mm
Forma de la carcasa (salida de luz)	Rectangular
Alcance de detección máx.	10 mm ... 2.000 mm <sup>1)</sup>
Distancia de conmutación	10 mm ... 1.500 mm
Tipo de luz	Luz roja visible
Fuente de luz	LED <sup>2)</sup>
Tamaño del spot (separación)	∅ 45 mm (1.500 mm)
Ajuste	Potenciómetro Ajustable mediante el ajustador de distancia de conmutación

*Notas: <sup>1)</sup> Alcance máximo según objeto y condiciones de reflexión <sup>2)</sup> Clase de láser 1*

*Nota.* Imagen tomada de la página web oficial de la empresa SICK, en ella se muestran las características principales del sensor.

Funciones: Detección de objetos a través de la interrupción de su haz de luz.

Usos: Sistemas de seguridad en líneas de producción. En nuestro caso se usa para mantener bajo total control las posiciones de las bandejas que contienen los vehículos en los

parqueaderos tipo torre, ya que, al haber un objeto por fuera de línea del rango del sensor, puede obstruir o chocar con el elevador.

### **Sensor IM18-05BNS-ZW1**

#### **Figura 17.**

*Fotografía del sensor inductivo IM18-05BNS-ZW1*



*Nota.* Imagen tomada del transfer del primer nivel de la sede LCH Medellín, la función de este sensor es de confirmar cuando el transfer se encuentra al frente del elevador para así poder realizar la entrega de la bandeja o viceversa.

Características: Sensor inductivo que se activa al detectar un objeto metálico a cierta distancia.

Funciones: Determinan la posición de los elevadores elevados, sistemas de protección, determinar posicionamiento de las cuchillas o seguro de la torna mesa (sistema de giro automático del vehículo).

Uso: Van instalados en puntos estratégicos de los elevadores o transportadores horizontales de vehículos (transfers o TTcar), ayudan a determinar los puntos en los cuales estos deben realizar sus paradas para la entrega de los vehículos. También usados en los parqueaderos tipo torre, nos ayuda a determinar los niveles en el cual el elevador debe bajar su velocidad en el

nivel inferior, al mismo tiempo indica cuando llega al nivel cero y alcanza un sobre recorrido inferior.

### **Sensor de Área Tipo Barrera Referencia Autonics BW20-08**

#### **Figura 18.**

*Fotografía del sensor Autonics referencia BW20-08*



*Nota:* La imagen fue tomada en la sede LCH Medellín. En este caso, el sensor cumple dos funciones dependiendo de su ubicación. En la misma base donde se encuentra el sensor de la fotografía, hay otro sensor ubicado en la parte inferior, el cual indica cuando un vehículo cumple con la altura necesaria para ser registrado como camioneta y puede ser guardado normalmente. Sin embargo, si se activa el sensor superior, que es el que aparece en la fotografía, el sistema emitirá una alarma de sobre altura del vehículo y no permitirá que sea guardado.

Características: Es usa para detectar la presencia de objetos o personas sin contacto físico.

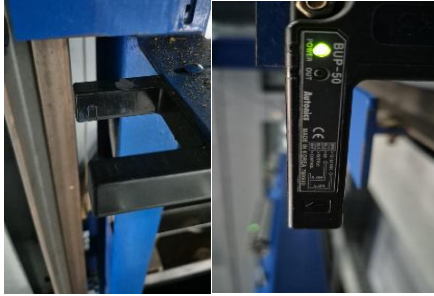
Funciones: Detección de vehículos u objetos.

Uso: En puntos de acceso para verificar la llegada o tipos de vehículos, también se usa para determinar sobre altura en los vehículos y posición (bómpen trasero y delantero).

### **Sensor Tipo Herradura BUP-50**

#### **Figura 19.**

*Fotografía del sensor de tipo herradura BUP-50*



*Nota:* La imagen fue tomada en la sede de parqueaderos universidad en Medellín, este es un sistema tipo torre donde cada elevador de vehículos cuenta con dos de estos elementos, estos sirven como contador guía del sistema, pero cuando se encuentra programado para algún nivel, la función es que al pasar y ser detectada la primera herradura por la platina que se encuentra fija en la plataforma el elevador disminuye su velocidad y al censar la segunda el elevador se detiene. Este elemento cumple la misma función en el sistema de desplazamiento horizontal donde se encuentran ubicados en el transfer, al igual dos herraduras.

**Características:** Sensor inductivo, tiene un diseño compacto en forma de herradura por lo general fabricado en pasta, su rango de detección generalmente entre 1 a 50 mm, dependiendo del material.

**Funciones:** Detectar la presencia de objetos metálicos en su rango de acción.

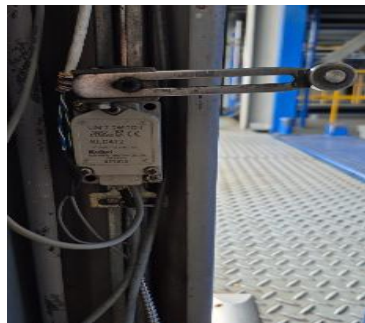
**Usos:** Los sensores se utilizan para detectar cualquier tipo de objeto, esto sucede al pasar por el interior de la herradura. En nuestro caso, se emplean dos sensores para identificar los niveles de cada piso en los sistemas de parqueaderos tipo torre. Se dispone de una platina de aproximadamente 35 cm, ubicada estratégicamente en cada nivel. Durante el desplazamiento del elevador de vehículos que trae instaladas las herraduras, al detectar la primera herradura la platina reduce la velocidad del elevador, y al detectar la segunda herradura, se detiene el elevador, indicando así el nivel del piso. Además, estos sensores también se utilizan en parqueaderos tipo multi nivel, donde se instalan dos herraduras que cumplen la misma función,

pero en orientación vertical. En este caso, la primera herradura disminuye la velocidad y la segunda detiene la marcha del elevador en la celda donde debe ubicarse el vehículo o el usuario.

### **Sensor de Final de Carrera KLCA12**

*Figura 20.*

*Fotografía del sensor KLCA12*



*Nota:* La imagen fue tomada en la sede de parqueaderos de Oviedo. En este lugar, el sensor tiene la función de indicar si la puerta de ingreso de vehículos está en posición abierta o cerrada.

Asimismo, en la sede LCH de Medellín también se han instalado este tipo de sensores para indicar en los elevadores cuando una de las bandejas se encuentra fuera de los límites permitidos.

**Características:** Sensor mecánico de final de carrera, generalmente utiliza un contacto de botón, puede ser normalmente abierto (NO) o normalmente cerrado (NC).

**Funciones:** Detectar el final de un recorrido de un mecanismo, actuar como interruptor para iniciar o detener procesos.

**Usos:** En nuestro caso se usa en los parqueaderos tipo multi nivel para detecta en qué momento la bandeja se encuentra por fuera del nivel correcto y así evitar que choque con la plataforma, también es usado en las puertas de ingreso de los parqueaderos, estos indican la posición de abierto y cerrado de las puertas.

### **Bandeja:**

Base independiente sobre la cual se ubican los vehículos, esta se ubica en diferentes posiciones o celdas en los parqueaderos tipo torre, al igual que en los parqueaderos tipo multinivel, en las siguientes imágenes se puede identificar de color gris en la base de los vehículos.

### **Figura 21.**

*Fotografía del soporte para vehículos tipo bandeja*



*Nota:* La imagen fue tomada en la sede de parqueaderos de LCH Medellín. En ella se puede observar la plataforma o vehículo encargado de realizar el desplazamiento horizontal, conocido como “transfer”, que se identifica por su color azul. Sobre este se encuentra la base gris o bandeja, que es la responsable de recibir el vehículo al ingresar al elevador y que se dirige en conjunto hasta su posición final en la celda de parqueo.

### **TTcar**

Sistema de desplazamiento horizontal de bandejas, como los podemos observar en las anteriores fotografías, pero que al mismo tiempo cuentan con un sistema giratorio el cual puede girar la bandeja que tiene en su poder.

### **Figura 22.**

*Fotografía del sistema de desplazamiento horizontal con tornamesa incluido*



*Nota:* La imagen fue tomada en la sede de parqueaderos de Cali, este es el único que cuenta con este sistema, se trata de un transfer de desplazamiento horizontal con la implementación de giro o más bien llamado tornamesa sobre el mismo transfer de acá el nombre TTcar (turns table car), este es un sistema que se implementa cuando no hay suficiente espacio en los elevadores y además se quiere optimizar al máximo el espacio.

## **Análisis de Casos de Fallas del Sistema**

A continuación, con la colaboración del personal encargado de la operación y los técnicos de mantenimiento de los sistemas de parqueaderos automatizados, se presentarán los casos que ocurren con mayor frecuencia y que, en algunos casos, requieren que el personal de mantenimiento realice desplazamientos.

### **Bloqueo o Pausa del Transfer**

En los sistemas de parqueaderos multinivel se presenta a menudo la interrupción en el transfer, este se debe a que alguno de los sensores de verificación no se activó correctamente u otro sensor de seguridad se encuentra activado, de aquí se desprenden varias formas de solucionar este inconveniente que por lo general requiere que alguien del personal lo verifique, los veremos a continuación:

### **Perdida del Sensor de Herradura:**

Durante el desplazamiento horizontal en modo automático, las herraduras del transfer pueden desviarse ligeramente de la platina guía o no alcanzar la posición correcta para registrar su llegada. En estos casos, el transfer se bloquea y no permite ningún movimiento, ni la recogida ni la entrega de bandejas. El personal debe dirigirse al transfer con el problema, ponerlo en modo semiautomático para finalizar el posicionamiento, y luego devolverlo a modo automático para que el sistema complete su función. Alternativamente, se puede acceder al nivel inferior y cubrir el sensor de herradura que no está censando, lo que permitirá que el transfer continúe su movimiento. Las causas de este problema pueden ser mecánicas, como falta de ajuste de frenos del motor, ajuste o calibración de las cuñas de los ejes o sobrecarga en el sistema, también puede ocurrir que las vibraciones pueden desajustar las herraduras, así como también pueden presentarse fallas o desgastes en las ruedas de desplazamiento.

**Bandeja Salida:**

Este problema ocurre cuando el transfer intenta tomar o entregar una bandeja programada. El error se señala en el lado norte o sur, donde uno de los sensores encargados de la función queda activado al quedar mal posicionada la bandeja. En algunos casos, el problema se soluciona al reiniciar el sistema; sin embargo, si no responde, el operario o técnico debe desplazarse al transfer para realizar manualmente el posicionamiento correcto de la bandeja. En otras ocasiones, será necesario calibrar los sensores.

**Error en Posicionamiento del Shifter:**

El shifter es el componente del transfer encargado de mover las bandejas (recogida y entrega) este realiza leves desplazamientos solo cuando está frente de una celda o posición donde puede entregar la bandeja. Es importante recordar que las posiciones son determinadas por las herraduras. El shifter puede no quedar bien centrado, lo que desactiva el sensor de seguridad que indica que está correctamente alineado, impidiendo el movimiento del transfer por razones de seguridad. En este caso, el operario debe corregir manualmente la posición del shifter. También puede ocurrir que el shifter se desplace mientras el transfer está en movimiento, lo que indica una desconfiguración del piso. En esta situación, el operario debe centrar el shifter realizando el falseo de las herraduras, ya que no está en una posición de celda (las herraduras no detectan la platina que indica la posición). Además, se debe realizar una reconfiguración del nivel correspondiente. En el parqueadero de Medellín, la configuración de piso se lleva a cabo colocando el transfer en cada posición o celda y presionando el botón “reset” durante 10 segundos. En el parqueadero de Bogotá, se realiza de la misma manera, mientras que, en Cali, el transfer se lleva al extremo donde se encuentra el módem óptico y se presionan simultáneamente los botones de movimiento del shifter en el lado norte-sur durante 10 segundos.

**Error de Comunicación de Modem Óptico:**

Este problema se da cuando el modem óptico (el transfer es un vehículo en constante movimiento y la información se transmite de forma inalámbrica a través de un módem óptico, que consta de un módulo transmisor y uno receptor) cuando este se encuentra desalineado no realiza ningún movimiento, en este caso el técnico se desplaza al lugar para verificar que ambos módulos del modem tengan todas sus luces indicadoras encendidas, de no ser así se deben alinear correctamente, esto se realiza manualmente o con ayuda de un láser.

**Nivel del Elevador:**

En ocasiones, al llegar el elevador al nivel del piso, este no entrega o se bloquea al intentar entregar la bandeja. Este inconveniente puede presentarse tanto en los parqueaderos multinivel como en los de tipo torre. A continuación, se describen diferentes métodos para verificar y corregir este problema:

**Parqueaderos Multinivel:**

Es fundamental verificar que el elevador esté correctamente posicionado en el piso o nivel para el cual fue programado. Para ello, se debe comprobar que el sensor que se activa al llegar el elevador esté encendido. Si el sensor no se encuentra activo, será necesario nivelar adecuadamente el elevador. En algunos casos, si la falla persiste, se debe revisar que el transfer (que recibe la bandeja) esté bien posicionado y que los sensores correspondientes estén encendidos, indicando que está listo para recibir la bandeja. En caso de que el transfer no esté correctamente alineado, se deberá posicionar manualmente.

**Un Caso Especial:**

Uno de los parqueaderos, ubicado en Cali, cuenta con un sistema de sensor de herraduras y, adicionalmente, un sensor de nivel de piso. En este caso, se debe verificar que ambos sensores

estén totalmente activos. También cuenta con un sensor de verificación de elevador, este está ubicado en el transfer y se activa al chequear o censar la posición del elevador.

### **Demora en Desplazamiento:**

En los parqueaderos de tipo torre, el error de demora en el desplazamiento suele deberse a que el elevador no puede realizar la entrega de la bandeja. Esto, a menudo, es consecuencia de un leve desnivel entre el elevador y el piso al que se debe realizar la entrega. Este problema puede solucionarse nivelando correctamente el elevador o calibrando adecuadamente las herraduras.

### **Error de PIT Sensor:**

Este problema se presenta en los parqueaderos de tipo torre y ocurre cuando el sensor que garantiza el adecuado desplazamiento vertical del elevador, se encuentra obstruido, esta situación se presenta en el lado izquierdo y en el derecho, el sistema cuenta con dos a cada lado. Para solucionar este inconveniente, es necesario verificar que los sensores estén limpios y correctamente alineados. Además, se debe asegurar que ninguna de las bandejas de la torre esté fuera de su posición, ya que esto podría obstruir el desplazamiento del elevador.

### **Error de Palet Par o Impar:**

Este error se presenta muy a menudo en los sistemas de parqueaderos tipo torre, sucede después de que el sistema realiza el giro del vehículo (tornamesa) para que el quede de posición de salida, en esta ocasión no queda bien centrada la bandeja, por ende, se obstruyen los sensores de posición de la misma y genera la alerta, también se da cuando sensores de palet (posicionamiento de bandeja) estén sucios o descalibrados, para este segundo caso, se deben limpiar o calibrar adecuadamente porque puede suceder que sean golpeados o se aflojen por las constantes vibraciones. En otras ocasiones se presenta cuando se realiza algún desplazamiento

vertical, al momento de ingresar o salir cualquier vehículo. La solución para este problema, es verificar que los sensores de la cadena estén bien posicionados, si no cumplen, se debe corregir.

#### **Error de conteo de celdas:**

Este error se da después de realizar algún tipo de movimiento manual y el sistema no lo registra, la solución es verificar físicamente las posiciones que se encuentran sin bandeja y mirar que coincidan con las que tiene el sistema registrado, después de realizar la verificación por lo general se procede a cargar o descargar manualmente las bandejas que no estén correctamente registradas.

#### **Error de corte de guaya:**

El sistema cuenta con un sensor ubicado estratégicamente para mostrar este error, al momento de presentarse, no se debe realizar ningún tipo de movimiento al elevador e inmediatamente subir al cuarto de máquinas y verificar cual fue el motivo de la alerta, si se detecta deformación en la guaya se debe reportar para realizarle el cambio, pero en algunas ocasiones puede tratarse de algún tipo de suciedad o elemento enredado en la guaya que lo activa, en esta ocasión se limpia, se resetea y se sigue con el funcionamiento normal.

#### **Error en tornamesa:**

Es un error que se presenta poco en el sistema, al realizar el giro de torna mesa el sistema no lo termina, en este caso se debe verificar el par de herraduras que son las encargadas de controlar el giro estén bien posicionadas y si lo están ya se debe mirar alguna falla mecánica del sistema.

## Requerimientos Para los Usuario y Operarios

### Feedback Para Usuarios:

- Es fundamental mantener a los usuarios informados sobre las posibles fallas que se pueden presentaren el sistema. Si se presenta un problema, una notificación automática sobre la demora en la entrega del vehículo podría ayudar a gestionar las expectativas.
- Proporcionar un canal de comunicación donde los usuarios puedan reportar problemas o consultar sobre el estado de sus vehículos. Esto puede ser a través de una aplicación móvil o un sistema de control ingresos y salidas automáticos de vehículos mostrados en pantalla.
- Ofrecer breves capacitaciones o estar constantemente brindando información sobre cómo funcionan los sistemas automatizados puede ayudar a los usuarios a entender mejor los posibles problemas y a tener paciencia durante las demoras.
- Considerar políticas de compensación para los usuarios que experimenten retrasos significativos. Esto podría ser descuentos en futuras tarifas de estacionamiento o servicios adicionales gratuitos.
- Informar a los usuarios sobre los tiempos estimados de resolución de problemas podría reducir la frustración y mejorar la satisfacción general.

### Feedback Para Operadores:

- Establecer un calendario riguroso para el mantenimiento preventivo y calibraciones de los sensores y componentes del sistema puede reducir la frecuencia de los errores.
- Proporcionar capacitaciones a los operadores sobre el diagnóstico y la resolución de problemas podría mejorar los tiempos de respuesta ante fallas del sistema.

- Mantener un registro centralizado y accesible de los problemas recurrentes y sus soluciones podría ayudar a los operadores a solucionar problemas de manera más rápida y eficiente.
- Utilizar datos históricos para identificar patrones en las fallas del sistema puede ayudar a anticipar problemas y mejorar la confiabilidad del sistema.
- Fomentar una comunicación abierta entre los operadores y el personal de mantenimiento para que los problemas se puedan escalar y resolver más rápidamente.
- Realizar simulaciones de los errores más comunes para entrenar a los operadores en la resolución de problemas en tiempo real.
- Implementar un sistema de retroalimentación donde los operadores puedan recibir comentarios de los usuarios sobre la calidad del servicio y las demoras, lo que puede ayudar a identificar áreas de mejora.

## Marco Conceptual

### Estructura General de un PLC

Con respecto al funcionamiento de los PLC señala Guevara y Tibanquiza (2021):

La función del controlador lógico programable juega un papel muy importante en todo el sistema. Sin un sistema de suministro de energía bueno y confiable, no funcionará normalmente, por lo que los fabricantes de controladores lógicos programables también dan gran importancia al diseño y fabricación de suministros de energía. Generalmente, el voltaje de CA fluctúa dentro de  $\pm 10\%$  y no se pueden tomar otras medidas para comunicarse con el PLC directamente conectado a la red. (p. 11).

### Unidad Central de Procesamiento

La unidad central de procesamiento (CPU) es el centro de control del controlador lógico programable. “Según la función del sistema PLC, el programa recibe y almacena el programa de usuario y los datos del programador de tipo; verifica la fuente de alimentación, la memoria, la entrada y salida y el estado del temporizador, y diagnostica errores de sintaxis en el programa de usuario” (Guevara & Tibanquiza, 2021, p. 12).

Guevara y Tibanquiza (2021) explican sobre las entradas y salidas del controlador lógico programable (PLC) indica que:

Una vez que este se pone en funcionamiento, primero se recibe en forma de estado del campo de exploración y datos de cada dispositivo de entrada, los cuales se almacenan en el área de imagen de E/S respectivamente. Posteriormente, estos datos se transfieren desde la memoria del programa de usuario después de que se ha leído dicho programa. La interpretación del comando se registrará por el área de imagen de E/S o por el resultado de la

grabación de datos especificado por la instrucción aritmética o la operación lógica (p. 18).

### **Almacenamiento de Información**

Guevara y Tibanquiza (2021) explican que el software del sistema de almacenamiento de memoria se denomina memoria del programa del sistema, mientras que el software utilizado para los programas de aplicación se conoce como memoria de programa de usuario. Para ejecutar el sistema PLC, la unidad de almacenamiento debe acceder al programa (p. 12).

### **Circuito de Interfaz de Entrada/Salida**

#### **El circuito de Interfaz de Entrada**

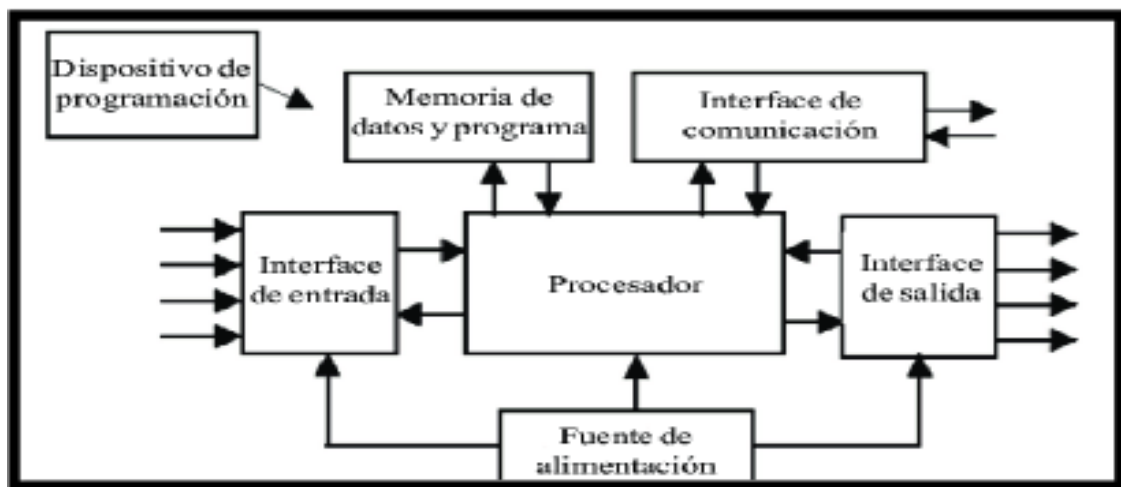
El circuito de interfaz de entrada del microordenador compuesto por circuito de acoplamiento óptico, la función es el canal de entrada del controlador lógico programable y la interfaz de control.

#### **El Circuito de Interfaz de Salida**

Según Guevara y Tibanquiza (2021), el circuito de interfaz de salida se compone de registros de datos de salida, lo que se denomina integración de circuito de solicitud de interrupción y carretera. La función es que el controlador lógico programable puede emitir la señal de control correspondiente del componente en el sitio a través del circuito de interfaz de salida. (p. 12). La siguiente figura muestra claramente lo que respecto a la estructura de un PLC en donde tenemos los elementos, de manera esquemática.

**Figura 23.**

*Esquema de la estructura de un PLC*



*Nota.* Fuente de la imagen (Guevara & Tibanuiza, 2021, p.13) donde se muestra el proceso por etapas que realizan los PLC.

### **Tipos de PLC**

Guevara y Tibanquiza (2021) indican que actualmente existen varios tipos de PLC, cada uno utilizado para funciones específicas. Es necesario considerar su tipo de función, cantidad de entradas y salidas, memoria, apariencia, capacidad, entre otros aspectos. Algunos ejemplos de estos son los PLC compactos, modulares y los montados en rack (p. 13).

### **Programación de un PLC**

Aguilera (2002) señala que el estándar define una nueva arquitectura para la organización de tareas con PLC. Una tarea controla la ejecución de un programa, ejecutándolo periódicamente o en respuesta a un evento específico. Para optimizar los recursos del controlador, una aplicación puede fragmentarse en un número de pequeños programas concretos. Cada programa está bajo el control de una tarea que se ejecuta a la velocidad requerida por los dispositivos utilizados en los sistemas de automatización y control asociados.

La programación de un PLC es fundamental en la automatización. Los PLC son elementos diseñados para controlar maquinaria y procesos industriales de manera eficiente y confiable. La programación de un PLC permite crear lógicas de control que son esenciales para el funcionamiento automatizado de cualquier sistema, desde líneas de producción hasta sistemas de parqueaderos automatizados.

## **Tipos de Señales Utilizadas en los PLC**

### **Señales Binarias.**

“Es una señal de un bit con dos valores posibles: 0 y 1, valores bajos y altos, correctos e incorrectos, los límites de tolerancia están definidos por interruptores sin contacto, estos valores dependen del estándar del PLC” (Guevara & Tibanquiza, 2021, p. 13).

### **Señales Digitales**

Guevara y Tibanquiza (2021) explican que una señal digital representa datos como una secuencia de valores discretos. En cualquier momento, una señal digital solo puede seleccionar un valor de un conjunto limitado de valores posibles. Estas señales se utilizan en todos los equipos electrónicos digitales, incluidos los equipos informáticos y de transmisión de datos. Cuando se traza en un gráfico de voltaje versus tiempo, la señal digital adopta uno de dos valores, generalmente entre 0 V y VCC (normalmente 1.8 V, 3.3 V o 5 V) (p. 13).

### **Señales Analógicas**

Guevara y Tibanquiza (2021) indican que las señales analógicas se reconocen como señales de valor continuo y pueden procesar un número ilimitado de valores. Sin embargo, el PLC no puede procesar señales analógicas reales y debe convertir estas señales en digitales, y viceversa. La conversión se realiza mediante SMS analógicos, que incluyen un convertidor

analógico-digital (ADC). La señal real tiene una resolución muy alta, lo que permite utilizar más bits en la señal digital (p. 14).

### **Sensores (Definición)**

Estos sistemas de parqueaderos incluyen la implementación de PLC's industriales, variadores de frecuencia y un sistema maestro de control que regula de forma automatizada el arranque, parada y secuenciación de motores, además, integra sensores que son los encargados en gran parte de gobernar estos procesos. Donde se implementará un sistema de monitoreo en tiempo real que permitía supervisar el comportamiento y detección de condiciones anómalas, habilitando acciones preventivas.

Los sensores se pueden clasificar en diferentes grupos según su manera de funcionamiento, según Rojas (2008):

Depende del tipo de señal a ser censada la cual puede ser analógica o digital. En los sensores analógicos la salida varía de manera continua, encontrándose la información en la amplitud y algunas veces en la frecuencia. En cambio, los sensores digitales proporcionan una salida discreta. Según la manera de funcionamiento se pueden clasificar en sensores de deflexión o de comparación. También pueden ser clasificados según el orden: primero, segundo o de orden superior. Esta clasificación se hace según el número de elementos almacenadores de energía independientes que contenga el sensor. (p. 9).

Entre estos tenemos:

### **Resistivos**

Cambian la resistencia en consecuencia de la magnitud que se está midiendo, por ejemplo, los de temperatura y luz.

**Capacitivos**

Utilizan cambios en la capacitancia (capacidad de almacenar energía eléctrica) para detectar las variables, algunos ejemplos son los sensores de humedad, de nivel, de proximidad, etc.

**Inductivos**

Utiliza cambios en la inductancia para medir las variables. Dentro de este tipo nos encontramos con sensores de posición, velocidad, proximidad, etc.

**Ópticos**

Utilizan las propiedades de la luz para poder medir alguna magnitud, por ejemplo, los sensores de presencia, proximidad, de nivel.

**Piezoeléctricos**

Generan una señal eléctrica en respuesta a las presiones o vibraciones que tiene este tipo de sensores. Algunos de los ejemplos más comunes son: sensores de fuerza, de velocidad y de deformación.

**Magnéticos**

Detectan las variaciones de los campos magnéticos generados por imanes o la electricidad. Por ejemplo, sensores de efecto hall, magnéticos, proximidad, etc.

**Ultrasonido**

Generan un sonido imperceptible para el ser humano y cuando este choca en algún objeto rebota y regresa a su origen para que el sensor pueda leerlo y generar la información según el tipo de sensor que se utilice. Dentro de los más comunes nos encontramos con los de distancia, velocidad y nivel.

En nuestro caso, solo se relacionaron en la caracterización de la empresa mediante registro fotográfico los sensores usados en los sistemas de parqueadero automatizados.

## **Red**

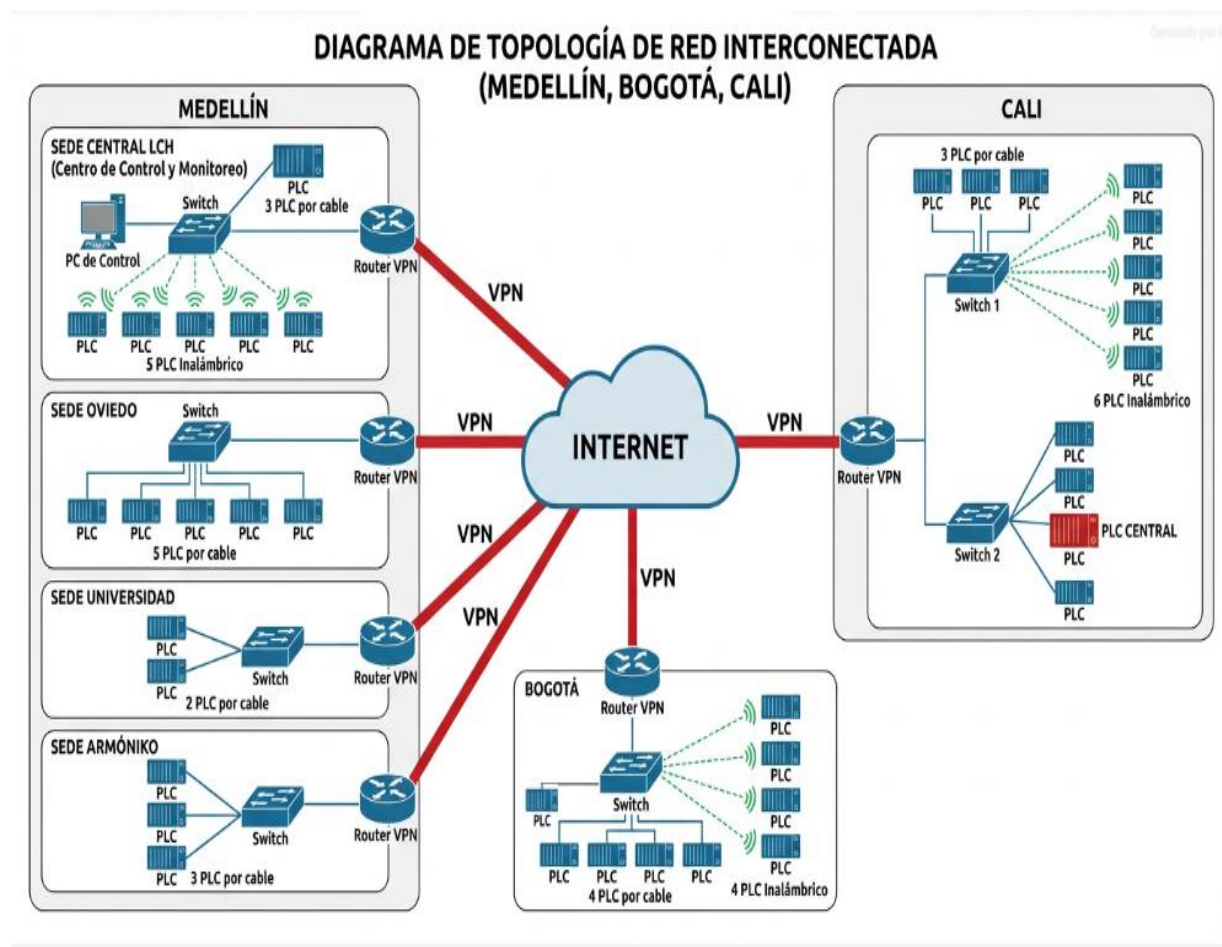
Actualmente se resalta la importancia de las redes modernas en la estructura organizativa, así como se ve la necesidad de una buena planificación que garantice a eficiencia y adaptabilidad a las demandas que exigen los entornos empresariales, según Ramírez (2004):

Las redes y en general el uso de ordenadores en las organizaciones, empresas o industrias hoy en día se han incorporado de una manera creciente, y constituyen parte importante de la producción. Una red corresponde a dos o más PCs interconectados entre sí para lograr una comunicación, intercambio de datos y a la vez poder compartir recursos. Debe estar configurada de tal forma que sea compatible a estándares de conectividad preestablecidos. En la actualidad existen varios tipos de redes, es decir están confeccionadas de maneras diferentes según normativas, topologías o equipos que hacen posible la interconexión. Una red no la componen solo los PCs, existen equipos conectados al conjunto que cumplen roles diversos en el sistema, por ejemplo: Servidores, Hubs, Switches, Routers, Concentradores, Firewalls, Gateway, etc. Los cuales se incorporan de acuerdo a las necesidades, tamaño y topología de la red, es decir una red de PCs de gran envergadura requerirá equipos que soporten las tareas y exigencias. (p.45)

## Esquema de Red

Figura 24.

Esquema de red del proyecto



*Nota.* Esta imagen fue creada con aplicación IA a partir de los datos suministrados a partir del diseño de la red del proyecto.

## Red General del Proyecto

### Redes de Medellín

**Tabla 2.**

*Distribución de la red de Medellín sede LCH*

Red Medellín							
Router	Switch	VLAN / Red	Gateway	IP	Equipo	Sede	Observaciones
R1-Medellín   IP Pública: 200.10.10.1   Switch 1 y 2 conectados directamente al R1							
	Switch 1	101 10.1.0.0/24	10.1.0.1/24	10.1.0.10/24	PLC elev 1	Med LCH	
				10.1.0.11/24	PLC elev 2	Med LCH	
				10.1.0.12/24	PLC elev 3	Med LCH	
		102 10.1.1.0/24	10.1.1.1/24	10.1.1.10/24	HMI 1	Med LCH	
				10.1.1.11/24	HMI 2	Med LCH	
	10.1.1.12/24			HMI 3	Med LCH		
	103 10.1.2.0/29	10.1.2.1/29	10.1.2.10/29	DVR cam.	Med LCH		
	999 10.0.99.0/24 (Gestión)			—			
	Switch 2	104 10.1.3.0/24	10.1.3.1/24	10.1.3.10/24	PLC trans 1	Med LCH	
				10.1.3.11/24	PLC trans 2	Med LCH	
10.1.3.12/24				PLC trans 3	Med LCH		
10.1.3.13/24				PLC trans 4	Med LCH		
10.1.3.14/24				PLC trans 5	Med LCH		
999 10.0.99.0/24 (Gestión)				—			

*Nota.* Las tablas 2 contiene la distribución de las redes de cada parqueadero LCH

**Tabla 3.**

*Distribución de la red de Medellín sede Oviedo*

Red Medellín							
Router	Switch	VLAN / Red	Gateway	IP	Equipo	Sede	Observaciones
Router 2	Switch 3	105 10.1.4.0/24	10.1.4.1/24	10.1.4.10/24	PLC torre 1	Med Ovie.	
				10.1.4.11/24	PLC torre 2	Med Ovie.	
				10.1.4.12/24	PLC torre 3	Med Ovie.	
				10.1.4.13/24	PLC torre 4	Med Ovie.	
				10.1.4.14/24	PLC torre 5	Med Ovie.	
	106 10.1.5.0/24	10.1.5.1/24	10.1.5.10/24	HMI torre 1	Med Ovie.		

			10.1.5.11/24	HMI torre 2	Med Ovie.	
			10.1.5.12/24	HMI torre 3	Med Ovie.	
			10.1.5.13/24	HMI torre 4	Med Ovie.	
			10.1.5.14/24	HMI torre 5	Med Ovie.	
	<b>107</b> <b>10.1.6.0/29</b>	10.1.6.1/29	10.1.6.10/29	DVR cam.	Med Ovie.	
999 10.0.99.0/24 (Gestión)		—				

*Nota.* Las tablas 3 contiene la distribución de las redes de cada parqueadero de Oviedo

**Tabla 4.**

*Distribución de la red de Medellín sede UVA*

Red Medellín							
Router 3	Switch	VLAN / Red	Gateway	IP	Equipo	Sede	Observaciones
	Switch 4	<b>108</b> <b>10.1.7.0/24</b>	10.1.7.1/24	10.1.7.10/24	PLC torre 1	Med UVA	
				10.1.7.11/24	PLC torre 2	Med UVA	
		<b>109</b> <b>10.1.8.0/24</b>	10.1.8.1/24	10.1.8.10/24	HMI torre 1	Med UVA	
				10.1.8.11/24	HMI torre 2	Med UVA	
		<b>110</b> <b>10.1.9.0/29</b>	10.1.9.1/29	10.1.9.10/29	DVR cam.	Med UVA	
999 10.0.99.0/24 (Gestión)		—					

*Nota.* Las tablas 4 contiene la distribución de las redes de cada parqueadero de la UVA

**Tabla 5.**

*Distribución de la red de Medellín sede Armónico*

Red Medellín							
Router 4	Switch	VLAN / Red	Gateway	IP	Equipo	Sede	Observaciones
	Switch 5	<b>111</b> <b>10.1.10.0/24</b>	10.1.10.1/24	10.1.10.10/24	PLC torre 1	Med Arm.	
				10.1.10.11/24	PLC torre 2	Med Arm.	
				10.1.10.12/24	PLC torre 3	Med Arm.	
		<b>112</b> <b>10.1.11.0/24</b>	10.1.11.1/24	10.1.11.10/24	HMI torre 1	Med Arm.	
				10.1.11.11/24	HMI torre 2	Med Arm.	
				10.1.11.12/24	HMI torre 3	Med Arm.	
<b>113</b> <b>10.1.12.0/29</b>	10.1.12.1/29	10.1.12.10/29	DVR cam.	Med Arm.			

999 10.0.99.0/24 (Gestión)			—			
----------------------------------	--	--	---	--	--	--

*Nota.* Las tablas 2, 3, 4 y 5 contiene la distribución de las redes de cada parqueadero en la ciudad de Medellín, creada por el diseñador del proyecto, las IP públicas son IP simuladas por posibles direcciones que pueden tomar los equipos o IP que se pueden establecer como fijas a través de pago. La tabla 5 corresponde a la sede Armónico

## Red de Bogotá

**Tabla 6.**

*Distribución de la red de Bogotá*

Red Bogotá							
Router	Switch	VLAN / Red	Gateway	IP	Equipo	Sede	Observaciones
R5-Bogotá   IP Pública: 201.20.20.1							
	Switch 6	201 10.2.0.0/24	10.2.0.1/24	10.2.0.10/24	PLC elev	GMT Bog.	
				10.2.0.11/24	HMI	GMT Bog.	
		202 10.2.1.0/24	10.2.1.1/24	10.2.1.10/24	PLC trans 1	GMT Bog.	
				10.2.1.11/24	PLC trans 2	GMT Bog.	
				10.2.1.12/24	PLC trans 3	GMT Bog.	
				10.2.1.13/24	PLC trans 4	GMT Bog.	
		203 10.2.2.0/29	10.2.2.1/29	10.2.2.10/29	DVR cam.	GMT Bog.	
	999 10.0.99.0/24 (Gestión)			—			

*Nota.* La tabla 6 contiene la distribución de la red del parqueadero en la ciudad de Bogotá, creada por el diseñador del proyecto, las IP públicas son IP simuladas por posibles direcciones que pueden tomar los equipos o IP que se pueden establecer como fijas a través de pago. En esta tabla se respeta la secuencia de distribución de las tablas anteriores y se tiene en cuenta el cambio de ciudad.

## Red de Cali

**Tabla 7.**  
Distribución de la red de Cali

Red Cali							
Router	Switch	VLAN / Red	Gateway	IP	Equipo	Sede	Observaciones
R6-Cali   IP Pública: 190.30.30.1   Switch 7 y 8 conectados directamente al R6							
	Switch 7	301 10.3.0.0/24	10.3.0.1/24	10.3.0.10/24	PLC elev 1	Elite Cali	
				10.3.0.11/24	PLC elev 2	Elite Cali	
				10.3.0.12/24	PLC elev 3	Elite Cali	
		302 10.3.1.0/24	10.3.1.1/24	10.3.1.10/24	HMI 1	Elite Cali	
				10.3.1.11/24	HMI 2	Elite Cali	
				10.3.1.12/24	HMI 3	Elite Cali	
	999 10.0.99.0/24 (Gestión)		—				
	Switch 8	303 10.3.2.0/24	10.3.2.1/24	10.3.2.10/24	PLC trans 1	Elite Cali	
				10.3.2.11/24	PLC trans 2	Elite Cali	
				10.3.2.12/24	PLC trans 3	Elite Cali	
10.3.2.13/24				PLC ttear 1	Elite Cali		
10.3.2.14/24				PLC ttear 2	Elite Cali		
10.3.2.15/24				PLC ttear 3	Elite Cali		
304 10.3.3.0/29		10.3.3.1/29	10.3.3.10/29	DVR cam.	Elite Cali		
999 10.0.99.0/24 (Gestión)		—					

*Nota.* La tabla 7 contiene la distribución de la red del parqueadero en la ciudad de Cali, creada por el diseñador del proyecto, las IP públicas son IP simuladas por posibles direcciones que pueden tomar los equipos o IP que se pueden establecer como fijas a través de pago. En esta tabla se respeta la secuencia de distribución de las tablas anteriores, también se tiene en cuenta el cambio de ciudad.

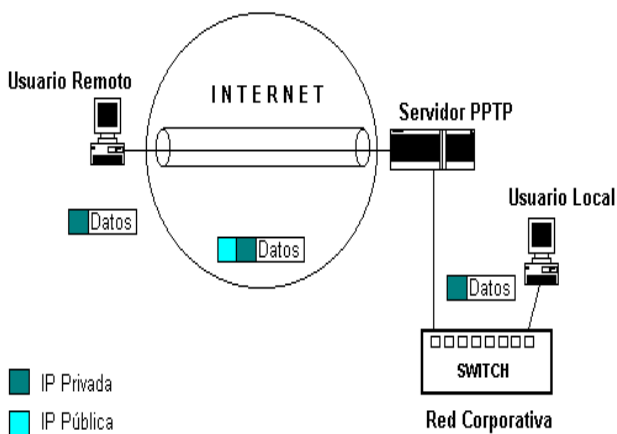
## Red Privada Virtual

Actualmente las VPN se han convertido en una herramienta esencial para la seguridad de la información en el mundo donde cada vez se encuentra más conectado, según Ramírez (2004):

Una red privada virtual (VPN) es en esencia una estructura de red la cual tiene la capacidad de establecer un canal de comunicación privado sobre una infraestructura de red pública. Entonces con VPN es posible establecer una comunicación vía infraestructura pública entre dos estaciones de trabajo remotas sin correr el riesgo que terceras personas ajenas a la organización pueda acceder a dicha información ni al sistema de interconexión. Esta tecnología permite crear un túnel de encriptación a través de la Internet u otra red pública de tal forma que permita a los usuarios que se encuentran en los extremos del túnel disfrutar de la seguridad, privacidad y funciones que antes estaban disponibles solo en redes privadas (p. 28).

*Figura 25.*

*Esquema de una red VPN*



*Nota.* Imagen tomada de (Protocolos de Seguridad para Redes Privadas Virtuales, Ramírez, 2004, p.20) corresponde al túnel que se crea en una red VPN para la protección de los datos que se transmiten en ella.

### ¿Por Qué se Debe Usar una VPN?

- Según Ramírez (2004), Reducción de Costos: Para una implementación de red que abarque empresas alejadas geográficamente ya no será indispensable en términos de

seguridad realizar enlaces mediante líneas dedicadas (punto a punto) de muy alto costo que caracterizaron a muchas empresas privadas, siendo reemplazadas, por ejemplo, por acceso ADSL de un ancho de banda alto y bajo costo, disponible por lo general en la mayoría de las zonas urbanas sin mayores problemas.

- Afirma Ramírez (2004), Alta Seguridad: Las redes VPN utilizan altos estándares de seguridad para la transmisión de datos, dando un resultado comparable a una red punto a punto. Protocolos como 3DES (Triple data encryption Standard) el cual cumple la función de encriptar la información a transferir y el protocolo IPSec (IP Security) para manejo de los túneles mediante software brindan un alto nivel en seguridad al sistema.

- Según Ramírez (2004). Escalabilidad: Para agregar usuarios a la red no es preciso realizar inversiones adicionales. La provisión de servicios se hace con dispositivos y equipos fáciles de configurar y manejar. Se usa la infraestructura de alto nivel establecida ya por los proveedores de Internet y no realizar un enlace físico que puede significar una gran inversión monetaria y de tiempo.

- “Mayor Productividad: Debido a un mejor nivel de acceso durante mayor tiempo se podría probar que se obtendría una mayor productividad de los usuarios de la RED. Además, se fomenta el teletrabajo con la consecutiva reducción en las necesidades de espacio físico”.

Ramírez (2004).

### **Tipos de VPN**

Según Iparreño (2025), existen varios tipos de VPN, cada uno con sus propias características y casos de uso específicos:

### **VPN de Acceso Remoto**

Permiten a los usuarios individuales conectarse de forma segura a una red privada desde ubicaciones remotas, como sus hogares o lugares de trabajo remotos.

### **VPN de Sitio a Sitio**

Conectan redes completas entre sí, permitiendo la comunicación segura entre diferentes sucursales o ubicaciones de una empresa.

### **VPN de Cliente a Servidor**

En este tipo de VPN, los clientes individuales se conectan a un servidor VPN centralizado para acceder a recursos privados de la red.

En la actualidad tenemos diferentes VPN disponibles, entre estas tenemos IPsec y OpenVPN.

### **Operación de IPsec VPN**

IPsec (Protocolo de seguridad de Internet) es un conjunto de protocolos de seguridad utilizados para garantizar la seguridad de las comunicaciones a través de una red IP. Una VPN (Red Privada Virtual) utiliza IPsec para crear un túnel seguro a través de una red pública, como Internet, permitiendo que dos redes privadas se conecten de forma segura a través de una red no segura.

### **Componentes de IPsec**

- **Autenticación:** IPsec puede autenticar las partes que se comunican entre sí utilizando métodos como precompartir claves, certificados digitales o autenticación basada en Kerberos.
- **Integridad de datos:** Se garantiza mediante el uso de funciones de hash, que aseguran que los datos no han sido alterados durante la transmisión.

- **Confidencialidad:** Se logra mediante el cifrado de los datos utilizando algoritmos como AES o 3DES, lo que garantiza que solo las partes autorizadas puedan acceder a la información.
- **Negociación de parámetros de seguridad:** PSec, ampliamente adoptado en redes corporativas, utiliza IKE para negociar parámetros dinámicos en escenarios multiusuario, entre los dispositivos que establecen la conexión VPN.
- **Mitigación:** Mantener los protocolos actualizados, aplicar parches de seguridad y utilizar las versiones más seguras de los protocolos de cifrado.

### **Operación con OpenVPN**

OpenVPN es una solución de código abierto que permite crear redes privadas virtuales (VPN), facilitando conexiones seguras y cifradas entre dispositivos a través de internet. Es ampliamente utilizado para proteger la privacidad, acceder a recursos internos de una red empresarial de forma remota, o saltar restricciones geográficas.

### **Componentes de OpenVPN**

- **Servidor OpenVPN:** Es la máquina que actúa como centro de la red VPN. Gestiona las conexiones entrantes de los clientes, autentica usuarios y cifra el tráfico que pasa a través de la VPN.
- **Cliente OpenVPN:** Es el software instalado en los dispositivos (computadoras, smartphones, etc.) que desean conectarse a la VPN. Se comunica con el servidor, autenticándose y estableciendo un túnel cifrado.
- **Archivos de configuración:** Incluyen archivos (.ovpn) o archivos de configuración que contienen detalles como la dirección del servidor, protocolos, métodos de cifrado, certificados y claves necesarias para establecer la conexión.

- **Certificados y claves:** Utilizados para autenticar y cifrar la comunicación.

Incluyen certificados digitales, claves públicas y privadas, que garantizan la seguridad y la integridad de la conexión.

- **Control de acceso y autenticación:** Puede incluir sistemas de autenticación con usuarios y contraseñas, certificados digitales, o integración con sistemas externos como RADIUS.

- **Interfaz de gestión (opcional):** Algunas implementaciones incluyen herramientas o paneles para administrar servidores, gestionar usuarios y configurar parámetros de la VPN.

## Red de Túneles VPN del Proyecto

**Tabla 8.**

*Arquitectura de túneles VPN*

Túneles VPN Ipsec - CCM en R1-Medellín (Med LCH) con comunicación con las otras sedes								
<i>Arquitectura de túneles: cada router tiene un túnel IPsec directo con el R1. Esto garantiza la menor latencia posible entre sedes. Las IPs de túnel son subredes /30 de la red 172.16.0.0/16 (exclusiva para enlaces de túnel, no se anuncia a los equipos de proceso). Las IPs WAN públicas son referenciales</i>								
Túneles MDE ↔ MDE (3 túneles)			Túnel MDE ↔ Bogotá			Túnel MDE ↔ Cali		
#	Túnel	Router A (IP Pública)	Router B (IP Pública)	IP Túnel Router A (/30)	IP Túnel Router B (/30)	Subred del Enlace /30	Redes internas Router A	Redes internas Router B
T1	R1 ↔ R2	200.10.10.1	200.10.10.2	172.16.1.1	172.16.1.2	172.16.1.0/30	10.1.0.0/24 10.1.1.0/24 10.1.2.0/29 10.1.3.0/24 10.0.99.0/24	10.1.4.0/24 10.1.5.0/24 10.1.6.0/29 10.0.99.0/24
T2	R1 ↔ R3	200.10.10.1	200.10.10.3	172.16.2.1	172.16.2.2	172.16.2.0/30	10.1.0.0/24 10.1.1.0/24 10.1.2.0/29 10.1.3.0/24 10.0.99.0/24	10.1.7.0/24 10.1.8.0/24 10.1.9.0/29 10.0.99.0/24
T3	R1 ↔ R4	200.10.10.1	200.10.10.4	172.16.3.1	172.16.3.2	172.16.3.0/30	10.1.0.0/24 10.1.1.0/24 10.1.2.0/29 10.1.3.0/24 10.0.99.0/24	10.1.10.0/24 10.1.11.0/24 10.1.12.0/29 10.0.99.0/24

<b>T4</b>	R1 ↔ R5	200.10.10.1	201.20.20.1	172.16.4.1	172.16.4.2	172.16.4.0/30	10.1.0.0/24 10.1.1.0/24 10.1.2.0/29 10.1.3.0/24 10.0.99.0/24	10.2.0.0/24 10.2.1.0/24 10.2.2.0/29 10.0.99.0/24
<b>T5</b>	R1 ↔ R6	200.10.10.1	190.30.30.1	172.16.5.1	172.16.5.2	172.16.5.0/30	10.1.0.0/24 10.1.1.0/24 10.1.2.0/29 10.1.3.0/24 10.0.99.0/24	10.3.0.0/24 10.3.1.0/24 10.3.2.0/24 10.3.3.0/29 10.0.99.0/24

*Nota.* La table 8 corresponde a la distribución de túneles VPV creada teniendo en cuenta las direcciones IP asignadas a las redes de las tres ciudades en estudio.

### Sistema SCADA

Es un sistema de elementos de software y hardware que permite a las organizaciones industriales realizar un control y monitoreo de los procesos que están interconectados con el sistema. Entre las principales ventajas de un sistema SCADA se detallan a continuación:

- Controlar los procesos industriales localmente o en lugares remotos.
- Vigilar, recopilar y procesar datos en tiempo real.
- Registrar los eventos en un archivo de registro
- Interactuar directamente con dispositivos como sensores, válvulas, bombas,

motores y más a través del software de interfaz hombre-máquina (HMI).

La arquitectura básica de SCADA comienza con un controlador lógico programable (PLC) o una unidad terminal remota (RTU). Un PLC es una microcomputadora que puede comunicarse con muchos objetos (como máquinas de fábrica, HMI, sensores y dispositivos terminales) y luego usar el software SCADA para dirigir la información de estos objetos a la computadora. El software SCADA procesa, distribuye y muestra datos para ayudar a los operadores y otros empleados a analizar datos y tomar decisiones importantes. (Guevara & Tibanquiza, 2021, p. 16).

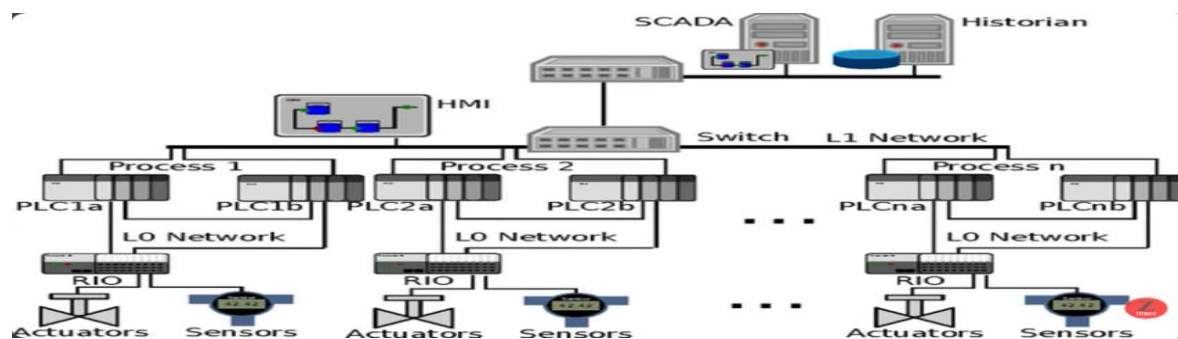
## Funciones de un Sistema SCADA

Los sistemas SCADA modernos permiten el acceso a datos de plantas en tiempo real desde cualquier parte del mundo. Este acceso a información en tiempo real permite a los gobiernos, las empresas y las personas tomar decisiones basadas en datos sobre cómo mejorar los procesos. Sin el software SCADA, sería muy difícil, si no imposible, recopilar suficientes datos para tomar decisiones consistentes e informadas. En comparación con el software SCADA obsoleto, el software SCADA que utiliza la función de base de datos SQL tiene una gran ventaja. (Guevara & Tibanquiza, 2021, p. 17).

- Adquisición de datos en tiempo real
- Visualización de procesos mediante diagramas animados
- Gestión de alarmas y eventos
- Control remoto de equipos
- Generación de reportes e históricos
- Supervisión de múltiples sitios simultáneamente

**Figura 26.**

*Esquema de un sistema SCADA*



*Nota.* Imagen tomada de (Guevara & Tibanquiza 2021, p. 28) donde se muestra el esquema básico de un sistema SCADA tomado a partir de una red VPN aplicada en la industria.

En resumen, el sistema SCADA de software industrial permite monitorear, controlar y adquirir datos de procesos industriales en tiempo real, de forma remota o en el lugar. Donde los datos recopilados van a ser almacenados para así tener un control total de los procesos.

### **Arquitectura Básica de SCADA**

El flujo normal de un sistema SCADA se da por la recopilación de datos en el campo, donde luego pasa mediante red de comunicación a servidores donde se almacena la información de todos los procesos, se cuenta también con una interfase HMI para tener acceso, control y manejo de procesos y fallas.

- **Dispositivos de campo:** Sensores, actuadores, PLCs y RTUs que miden y controlan variables físicas (temperatura, presión, flujo, nivel, etc.).
- **Red de comunicación:** Protocolos como Modbus, DNP3, OPC-UA, Profibus o Ethernet industrial que transportan los datos.
- **Servidor SCADA:** Recibe, procesa, almacena y distribuye la información. Es el cerebro del sistema.
- **Base de datos histórica:** Almacena registros para análisis posterior.
- **HMI (Human-Machine Interface):** Pantalla visual con sinópticos, alarmas, tendencias y reportes donde el operador interactúa.

### **Interfaz Hombre – Máquina (HMI).**

La interfaz hombre-máquina (HMI) es una interfaz de usuario o panel de control que conecta a las personas con máquinas, sistemas o equipos. Aunque técnicamente el término se puede aplicar a cualquier pantalla que permita al usuario interactuar con el dispositivo, el IPM se usa con mayor frecuencia en los procesos industriales.

**Figura 27.**

*Fotografía de módulo HMI*



*Nota.* Imagen tomada de la sede de parqueadero de la universidad en Medellín, pantalla con lector óptico y lector RFID de tarjetas.

**Ventajas de un HMI**

- Presentan alarmas al instante es decir en tiempo real, además presentan datos históricos. Incluyen alarmas preventivas a los operarios para evitar fallas futuras.
- Envía mensajes vía email, fax, etc. Cuando un evento particular sucede en el proceso de control.
- Permite la comunicación entre varias máquinas y/o sistemas diferentes que se encuentran realizando una tarea en todo el proceso de producción.

**SCADA Plataforma IGNITION**

La propuesta que se realiza para la implementación del centro de control y monitoreo de la empresa ECOPARKING es la plataforma IGNITION, según Herrera (2018):

Con el desarrollo un sistema SCADA bajo la plataforma de IGNITION, permite la supervisión y control para un mantenimiento predictivo, de manera local y remota por medio del acceso a la aplicación mediante dispositivos móviles o cualquier ordenador que

pueda ejecutar aplicaciones Java. Gracias al uso de un OPC-UA como moderador de comunicaciones industriales, y de dispositivos que posean el protocolo MODBUS se ha logrado la recolección de información de manera óptima y su posterior análisis. Cada variable supervisada es almacenada dentro de una base de datos en MySQL, permitiendo generar graficas de comportamiento de las mismas, en donde Ignition provee la opción de graficas históricas, que permiten al operador desplazarse desde el origen de recolección de datos, dando de esta manera a conocer si en alguna fecha específica el sistema registro algún valor que requiera la atención del personal.

“Creado por Inductive Automation en el 2003. Se trata de un software servidor que permite crear Sistemas de Visualización, Control y Gestión que cubren todo el espectro entre el HMI, SCADA y MES”. (Ignition, 2017).

### **Sistemas de Parqueaderos Automatizados**

En las grandes ciudades y en entornos comerciales, la gestión de los espacios de estacionamiento representa un desafío considerable. Los parqueaderos tradicionales a menudo se enfrentan a problemas como la falta de eficiencia en la utilización del espacio, Los parqueaderos inteligentes presentan una solución viable y eficiente para abordar estos problemas. “Estos sistemas integran tecnologías avanzadas como sensores de ultrasonido, microcontroladores, Leds RGB, sensores infrarrojos, teclados matriciales y pantallas LCD, permitiendo una gestión automatizada”. (Hernández, 2024).

Los parqueaderos automatizados representan una solución innovadora que responde a las necesidades de una sociedad en constante crecimiento. Gracias a la integración de tecnologías de automatización, robótica y el Internet de las Cosas (IoT), junto con elementos mecánicos simples, se ha logrado un avance significativo en la tecnología. Esta evolución se traduce en la

implementación de sistemas inteligentes en diversos sectores, como la industria, el transporte, la salud y el comercio, optimizando procesos y mejorando la eficiencia operativa en cada uno de estos ámbitos.

### **El internet de las Cosas (IoT)**

“la tecnología de sensores y el Internet de las Cosas se utilizan para monitorear la ocupación de espacios de estacionamiento en tiempo real, permitiendo una gestión más precisa y actualizada de la disponibilidad de espacios”. (Calderón, 2023).

González et al. (2020) afirman que: Los objetos del ecosistema IoT pueden ser tanto objetos físicos como virtuales, identificables y con capacidad para integrarse en redes de comunicaciones. Mientras los objetos físicos se pueden conectar, detectar y accionar, los objetos virtuales sólo existen en el mundo de la información pudiéndose almacenar, procesar y ser accedidos. Los objetos IoT recolectan datos y los difunden automáticamente hacia otros objetos. (p. 37)

### **Monitoreo y Control**

El monitoreo en tiempo real es una técnica que permite la supervisión continua de sistemas y procesos, proporcionando información instantánea sobre su estado y desempeño. En el contexto de los sistemas de parqueaderos automatizados, esta capacidad es crucial para detectar y diagnosticar fallas de manera eficiente (Wang, 2020).

En la actualidad DIACloud de DELTA no solo simplifica la gestión y supervisión de equipos en la industria, sino que también lo hacen de manera segura y confiable, según Carrera, (2021): Es la solución de Internet de las cosas (IoT) de Delta que proporciona una plataforma de gestión en la nube segura y confiable para lograr el control remoto y la supervisión de equipos industriales a través de Internet. Los usuarios pueden conectarse a DIACloud a través de

navegadores web, aplicaciones de Android o iOS, software de PC y comunicarse con productos de automatización industrial de forma remota a través de un túnel seguro integrado entre los Routers en la nube de las series DX-2100 y DX-2300 y DIACloud. (p. 8)

### **Ciberseguridad**

la ciberseguridad se caracteriza como una colección de tecnologías y procesos diseñados para proteger computadoras, redes, programas y datos contra actividades maliciosas, ataques, daños o acceso no autorizados. De acuerdo con las numerosas necesidades actuales, las soluciones de seguridad convencionales conocidas, como antivirus, firewall, autenticación de usuarios, cifrado, etc., pueden no ser efectivas, el problema con estos sistemas es que normalmente son operados por unos pocos analistas de seguridad, donde la gestión de datos se lleva a cabo de manera ad hoc, sin trabajar inteligentemente de acuerdo a las necesidades.

(Quirumbay et al., 2022)

## Marco Teórico

Los sistemas de parqueaderos automatizados representan una solución innovadora para la gestión del espacio en áreas urbanas congestionadas. Estos sistemas operan a través de tecnologías robóticas y permiten a los usuarios dejar sus vehículos en una celda, donde un mecanismo automatizado se encarga de estacionar el automóvil de forma eficiente (Cheng et al., 2020).

La implementación de estos sistemas no solo optimiza el uso del espacio, sino que también reduce el tiempo que los conductores dedican a buscar un lugar para aparcar. Sin embargo, la falta de un sistema de monitoreo en tiempo real puede llevar a ineficiencias operativas, como la incapacidad para identificar fallas rápidamente, lo que puede resultar en tiempos de inactividad prolongados y molestias para los usuarios (Wang et al., 2020).

El Internet de las Cosas (IoT) es un concepto que se refiere a la interconexión de dispositivos y sensores a través de Internet, permitiendo la recopilación y el intercambio de datos en tiempo real. En el contexto de los sistemas de parqueaderos automatizados, el IoT permite que los sensores y actuadores se comuniquen entre sí para gestionar el flujo de vehículos y detectar problemas (Khan et al., 2019).

La integración de IoT en estos sistemas no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también puede facilitar el mantenimiento predictivo, al permitir la identificación proactiva de fallas antes de que se conviertan en problemas graves, lo que se traduce en un servicio más confiable para los usuarios.

La ciberseguridad se convierte en un aspecto crítico en la implementación de tecnologías automatizadas, especialmente aquellas conectadas a redes como el IoT. La protección de datos y la integridad de los sistemas son esenciales para garantizar que las operaciones funcionen sin interrupciones (Alcaraz & Zeadally, 2019).

Afirma Boslaugh (2022): La seguridad de la red abarca las medidas y protocolos implementados para proteger las redes informáticas del acceso no autorizado y los ataques. Dada la creciente sofisticación de las amenazas cibernéticas, la protección de las redes es fundamental para mantener la integridad y confidencialidad de la información confidencial. Los firewalls sirven como defensa principal, actuando como barreras que filtran el tráfico de red entrante y saliente, mientras que los sistemas de detección y prevención de intrusiones monitorean las actividades sospechosas. Además, el software de seguridad juega un papel vital en la identificación y mitigación de software malicioso y virus que podrían comprometer la estabilidad de la red.

En el caso de los parqueaderos automatizados, una violación de seguridad podría comprometer no solo la funcionalidad del sistema, sino también la privacidad y seguridad de los usuarios. Por lo tanto, es fundamental establecer medidas de ciberseguridad robustas que incluyan la configuración de redes seguras y la protección de dispositivos conectados, como los PLC (Controladores Lógicos Programables) utilizados en estos sistemas.

La eficiencia operativa se refiere a la capacidad de un sistema para maximizar su rendimiento con el mínimo de recursos y tiempo. En el caso de los sistemas de parqueaderos automatizados, mejorar la eficiencia operativa implica optimizar la gestión del espacio y reducir los tiempos de respuesta ante fallas. (Barbosa et al., 2021).

La implementación de un sistema de monitoreo que permita la detección temprana de fallas contribuye significativamente a esta eficiencia, al disminuir la necesidad de desplazamientos del personal de mantenimiento y reducir el tiempo que los vehículos pasan fuera de servicio. Esto no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también puede traducirse en ahorros significativos para las empresas que operan estos sistemas.

Los controles de acceso son parte integral de la infraestructura de seguridad de cualquier organización, para garantizar la privacidad y seguridad, afirma Flair (2025):

El control de acceso se refiere a los métodos y tecnologías empleados para limitar la entrada a espacios físicos o sistemas digitales, destinados principalmente a garantizar la privacidad y la seguridad. Históricamente, el control de acceso evolucionó de barreras físicas, como puertas y cerraduras, a medidas digitales cada vez más sofisticadas en la era moderna, incluidas contraseñas y datos biométricos. Los sistemas de control de acceso pueden variar en complejidad, lo que permite diferentes niveles de acceso según los roles del usuario; por ejemplo, un empleado de nivel de entrada solo puede acceder a información básica, mientras que un CEO puede tener permisos para todos los datos dentro de un sistema. Las técnicas modernas, como la verificación biométrica, que utiliza rasgos físicos únicos como huellas dactilares o reconocimiento facial, ofrecen una mayor seguridad, ya que son difíciles de replicar.

El control de acceso es un tema fundamental en la actualidad, tanto en el ámbito físico como digital. Personalmente, considero que el avance hacia tecnologías más sofisticadas, como la verificación biométrica, contraseñas seguras, representa un paso importante hacia la mejora de la seguridad y la protección de la privacidad a pesar de que esta última es más vulnerable.

### Fases del Proyecto (Modelo CDIO)

Ejecutar adecuadamente este modelo no solo asegura que los proyectos se ejecuten de manera ordenada y efectiva, sino que también promueve un enfoque proactivo hacia la seguridad, ahora se analizara brevemente cada una de estas fases:

- Concepto: Identificación de la problemática y definición de objetivos.
- Diseño: Desarrollo del diseño del sistema de monitoreo y control, incluyendo y teniendo en cuenta los elementos ya existentes como sensores, actuadores, y PLC.
- Implementación: Configuración de la red segura (VPN), integración del sistema SCADA, y pruebas iniciales del sistema.
- Operación: Monitoreo en tiempo real y recolección de datos para análisis posterior.
- Evaluación: Análisis de resultados, identificación de fallas, y ajustes necesarios para optimizar el sistema.

Consideraciones de ciberseguridad Es fundamental que el proyecto incluya un análisis de riesgos y un plan de mitigación en términos de ciberseguridad, dado que se manejarán datos sensibles y se establecerán redes de comunicación que pueden ser manipulados y en un caso extremo pueden causar accidentes o daños materiales a las infraestructuras de los parqueaderos.

## Presupuesto

**Tabla 9.**  
*Presupuesto total del proyecto*

<b>PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO</b>		
Presupuesto registrado por los 4 meses de implementación		
Recurso	Descripción	Presupuesto (COP)
<b>Equipo Humano</b>		
	Ingeniero de telecomunicaciones	\$ 20.000.000
	Desarrollo – Programación	\$ 20.000.000
	Técnico	\$ 12.000.000
<b>Subtotal Equipo Humano</b>		<b>\$ 52.000.000</b>
<b>Equipos y Materiales</b>		
Solo se contemplan las sedes de Cali, Bogotá y una sede de Medellín		
	Routers y equipos para VPN	\$ 6.000.000
	Switch (Cali)	\$ 2.500.000
	Firewall ASA	\$ 3.000.000
	Servidores (2)	\$ 6.000.000
	Sistema SCADA	\$ 6.000.000
	Software personalizado	\$ 3.000.000
	Cables de red y conectores	\$ 1.000.000
	Herramientas	\$ 1.000.000
	Adecuación del centro de control	\$ 2.500.000
<b>Subtotal Equipos y Materiales</b>		<b>\$ 31.000.000</b>
<b>Viajes</b>		
4 viajes en total: 2 a Cali, 2 a Bogotá. Cada viaje dura una semana. El primer viaje: ingeniero de telecomunicaciones + técnico. El segundo viaje: programador + técnico.		
	Viáticos y tiquetes (4 viajes)	\$ 11.000.000
<b>Subtotal Viajes</b>		<b>\$ 11.000.000</b>
<b>Total del presupuesto</b>		<b>\$ 94.000.000</b>

**FUENTES DE REFERENCIA**

• Vida real
• Precio SWITCH – Lista de precios global de Cisco
• Mercado Libre Colombia – Envíos gratis en el día
• SSD 1TB

*Nota.* La tabla 9 corresponde al presupuesto para una red de interconexión con sistema VPN, con base de precios especificada en la tabla.

## **Diseño de la Solución**

### **Especificaciones Técnicas de la Solución**

#### **Caracterización de los Dispositivos**

Sistema SCADA:

- Software: SCADA Ignition o Wonderware para monitoreo y visualización de datos en tiempo real.

#### **Visualización**

Interfaz de usuario:

- Software SCADA: Plataforma que permite la visualización de datos en tiempo real y el control del sistema.
- Acceso remoto: Habilitar acceso a través de navegadores web y aplicaciones móviles.

#### **Control**

Plataforma: De monitoreo y control de parqueaderos automatizados.

Servidor: Un servidor dedicado que ejecuta el software SCADA.

Funciones: Programación de alarmas, generación de reportes y análisis de datos históricos.

#### **Instrumentos**

- Multímetros y Osciloscopios: Para medir voltajes y corrientes en el sistema.
- Data Loggers: Para registrar datos de funcionamiento y condiciones operativas.

#### **Comunicación y Protocolos**

Red VPN:

- Tecnología: Protocolo OpenVPN o IPSec para establecer una conexión segura entre el servidor y los dispositivos.
- Configuración: Uso de IP fijas para cada PLC y sensores para facilitar la comunicación constante.

Protocolos de comunicación entre dispositivos:

- Modbus TCP/IP: Para la comunicación entre el PLC y el sistema SCADA.
- Ethernet/IP: Para la conexión de dispositivos en red.

### **Seguridad en las Comunicaciones**

Medidas de seguridad:

- Implementación de firewalls para proteger la red.
- Autenticación multi factor para acceso al sistema de monitoreo.
- Monitoreo continuo de la red para detectar intrusiones.

### **Evaluación, Operación, Mantenimiento e Innovación**

#### **Plan de Mejoras**

El proyecto antes presentado tiene como objetivo implementar mejoras en el sistema de mantenimiento y operación de los parqueaderos automatizados, garantizando un funcionamiento óptimo y eficiente. Se busca establecer un marco que permita la identificación y corrección de fallas en tiempo real, minimizando desplazamientos innecesarios y mejorando la satisfacción del cliente. “Esta es una herramienta poderosa ya que a corto y a mediano plazo ya se puede observar las mejoras en el desarrollo de planes de mantenimiento, ahorro de tiempos de trabajo, consulta de información puntual, análisis de fallas, actualización de información en tiempo real, garantizando la larga durabilidad de los equipos como su operación, calendarización automática

de mantenimientos rutinarios y entre otras ventajas más. Todo esto puede ser percibido y analizado mensual, bimestral, trimestral, semestral y anual”. Toledo (2013) p.XXIII

### **Plan de Mejoras a Corto Plazo**

Implementación de la plataforma de monitoreo: Desarrollar y poner en marcha la plataforma central de monitoreo que permita la identificación y diagnóstico de fallas en tiempo real, para dar soluciones instantáneas a problemas puntuales.

Capacitación del personal: Se deben realizar sesiones de capacitación para el personal de mantenimiento sobre el uso de la nueva plataforma y la interpretación de datos.

Establecimiento de protocolos de respuesta: Crear procedimientos claros para la gestión de fallas, incluyendo la identificación de problemas comunes y las acciones correctivas a tomar.

Integración de PLC y sensores: Asegurar que todos los PLC estén debidamente integrados y configurados para enviar y recibir datos en tiempo real.

Pruebas de sistema: Realizar pruebas de funcionalidad y confiabilidad del sistema SCADA para garantizar que se cumplan los requerimientos iniciales.

### **Plan de Mejoras a Mediano Plazo**

Optimización de la Infraestructura: Evaluar y actualizar la infraestructura de red para garantizar una comunicación más rápida y fiable entre los dispositivos.

Actualización de Tecnologías: Investigar e implementar nuevas tecnologías en IoT y ciberseguridad que mejoren la eficiencia y la seguridad del sistema.

### **Plan de Mantenimiento**

El área técnica encargada del mantenimiento eléctrico e instrumentación y control en la cual se desarrolló las siguientes actividades:

### **Plan de Mantenimiento Correctivo**

Según Huayta (2020): Son actividades en el cual el trabajador tiene que reparar, sustituir los componentes deteriorados por repuestos nuevos y se realiza cuando la falla aparece. Este mantenimiento es aplicable en sistemas complejos, normalmente se desarrolla en equipos que ya tienen mucho tiempo trabajando o equipos antiguos, componentes electrónicos, en los equipos que son difíciles de encontrar la falla y en procesos que son interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

El inconveniente en este mantenimiento es que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, en el momento menos oportuno, debido justamente porque en esos momentos se somete al equipo a una mayor exigencia en la operación. También las fallas que no son detectadas a tiempo, pueden causar daños importantes en otros componentes o piezas del equipo que se encontraban en buen estado de uso y conservación, si se interviene un equipo y corriges las fallas a tiempo, el mantenimiento no te genera altos costos, más bien reduce el gasto. Pero también hay otro inconveniente de este sistema, en el cual tienes que disponer de un capital importante invertido en piezas de repuesto. Huayta (2020) p.59

### **Plan de Mantenimiento Predictivo**

En relación a los mantenimientos que se deben realizar, Huayta (2020) afirma: Se basa en que un equipo determinado presenta algunos síntomas de fallas y se producen lentamente, en algunos casos, las fallas son mínimas que van enviando una señal evidente de un futuro fallo, que puede ser a simple vista, o mediante la monitorización del equipo recopilando datos, es decir, mediante la toma de medidas y parámetros relevantes en el equipo que garanticen el correcto y buen funcionamiento del equipo analizado, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, el ruido, la vibración, la

rigidez dieléctrica, la viscosidad, cantidad de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc. En conclusión, el mantenimiento predictivo nos ayuda a seguir la evolución de los futuros fallos que se presentara en un equipo. Este mantenimiento nos permite realizar el seguimiento de fallas existentes y nos ayuda contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; el cual nos permite programar la reparación de los equipos, para que exista menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento. (p. 61)

Implementar estrategias de mantenimiento predictivo basado en datos recolectados para anticipar fallas y reducir tiempos de inactividad.

Análisis de Datos: Utilizar herramientas de análisis de datos para identificar patrones de fallas y realizar mejoras continuas en el sistema.

### **Plan de Mantenimiento Preventivo**

Según Huayta (2020). Son actividad programadas para que el trabajador realice sus actividades de inspecciones regulares, calibraciones, pruebas de funcionamiento, reparaciones, etc., para que pueda reducir la frecuencia e intervención a fallas en el equipo. Las desventajas que presenta este sistema son:

- Cambios innecesarios: Cuando un equipo alcanza su vida útil, se procede a su cambio, para que en el equipo retirado se proceda a revisar, cambiar algún componente y pueda ser utilizado durante un tiempo más prolongado. También en ocasiones ya con el equipo desmontado, se observa y se aprovecha en realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado o nuevos cuyo costo es mínimo, frente al desmontaje y montaje de un equipo, pero con el único fin de prolongar la vida del equipo. (Huayta, 2020, p. 60)

- Problemas iniciales de operación: Es cuando un equipo al ser desmontado para cambiar algunas piezas nuevas, se vuelve a realizar el montaje y al momento de hacer pruebas de funcionamiento, pueden aparecer otras fallas y diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha. Huayta (2020) p. 60

- Mano de obra: Se necesitará contar con mano de obra calificada, intensiva y especial para que el mantenimiento se realice en períodos cortos, a fin de liberar el equipo para el servicio lo más pronto posible. Huayta (2020) p. 61

- Mantenimiento no efectuado: Si el mantenimiento no se realiza en el tiempo previsto, el período de intervención se altera produciendo una mala operación en los equipos y proceso. Huayta (2020) p. 61

Por lo tanto, la planificación para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o componentes serán los que se va a realizar el mantenimiento.
  - Establecer y prolongar la vida útil de las partes intervenidas o componentes intervenidos.
  - Ordenar los trabajos por fechas para que puedan efectuarse las intervenciones.
- Huayta (2020) p. 61

## Resultados

Al analizar el estado actual de los sistemas de parqueaderos atendidos por ECOPARKING se puede identificar una serie de inconvenientes recurrentes que afectan tanto la operación de los equipos, como el desempeño del personal técnico encargado del mantenimiento. A continuación, miraremos algunas de estos casos:

Se evidenció que las fallas más frecuentes sobre todo en la sede principal en Medellín (sede LCH), corresponden al bloqueo de transfers por pérdida del sensor de herradura (comúnmente entre el personal a esta falla se le conoce como el baile del transfer), errores en el posicionamiento del shifter, desalineación o bloqueo del módem óptico y bandeja fuera de posición. En todos estos casos, el sistema se detiene por completo en espera de intervención, a veces esta intervención la realiza el personal de operación del parqueadero, pero en otras ocasiones de debe esperar al personal de mantenimiento, lo que genera tiempos de inactividad que pueden extenderse desde varios minutos hasta varias horas, dependiendo de la ubicación del personal técnico disponible. Adicionalmente, en el sistema de parqueadero tipo torres, fallas como el corte de guaya, el error en tornamesa, error de pit sensor o error de pallet par o impar, pueden representar un riesgo operativo latente, ya que, si no se atienden oportunamente, pueden derivar en daños mayores del sistema porque en alguno de estos casos el elevador puede irse con una de las bandejas fuera de su posición y esta puede chocar con otras bandejas o con parte de la estructura durante su desplazamiento.

Por otro lado, la modalidad de atención presencial que se implementa actualmente para la solución de fallas, implica que los técnicos deban desplazarse desde Medellín hasta sedes como Bogotá o Cali para resolverlas, en muchos casos, se limitan solo a reiniciar el sistema, reposicionar una bandeja o alinear algún sensor. Esto conlleva altos costos en viáticos y tiquetes,

lo que implica una carga operativa desproporcionada sobre el personal técnico, y tiempos de respuesta que pueden resultar demasiado extensos para los clientes. Asimismo, se detectó ausencia de un registro centralizado de fallas, lo que impide llevar un historial de incidencias y dificulta la toma de decisiones frente a problemas recurrentes. El personal operativo en cada sede tampoco cuenta con herramientas que les permitan diagnosticar con precisión el componente afectado, lo que genera dependencia total del equipo de mantenimiento externo para cualquier intervención.

Con base en este sondeo de fallas detectadas en los parqueaderos, se evalúan los resultados que se obtendrán con la implementación del CCM de ECOPARKING y se darán a continuación:

**Reducción de tiempos de inactividad:**

Con la implementación del sistema de monitoreo centralizado, se espera lograr una reducción significativa en los tiempos de inactividad de los parqueaderos. Al contar con la visibilidad en tiempo real del estado de cada componente como: sensores, PLCs, transfers y elevadores, con esto el personal podrá identificar y diagnosticar fallas de forma remota y en muchos casos, resolverlas sin realizar ningún desplazamiento. Las intervenciones presenciales quedarán reservadas exclusivamente para situaciones que lo requieran, lo que optimiza el uso del tiempo al máximo del equipo técnico.

**Mejora en la satisfacción del cliente:**

Con la reducción de los tiempos de respuesta ante las fallas, esto mejora directamente la experiencia del usuario que usa los parqueaderos. Los propietarios de vehículos que en ocasiones no pueden acceder o retirar su automóvil durante una falla son el eslabón más afectado de la cadena de servicios. Una plataforma que permita comunicar el estado del sistema en tiempo real

y agilizar las soluciones ayuda a recuperar la confianza del cliente y a fortalecer la reputación del servicio prestado por la empresa ECOPARKING y por los dueños de los parqueaderos.

**Optimización de recursos:**

La centralización del monitoreo permite asignar los recursos humanos y económicos de manera más eficiente. Se estima que una proporción considerable de los desplazamientos actuales podría evitarse mediante diagnóstico y resolución remota, lo que representa un ahorro directo en dinero y en horas de trabajo. Además, la consolidación del historial de fallas en una base de datos centralizada facilitará la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo, reduciendo la frecuencia de fallas críticas y prolongando la vida útil de los componentes del sistema.

## Conclusiones

A través de esta fase tenemos más claridad de lo que se quiere lograr al llevar a cabo el proyecto, nos ayuda a indagar y saber que rumbo debemos tener, al implementar esta plataforma de monitoreo integrando los parqueaderos, vamos a obtener una solución eficaz a las fallas que a veces se nos presentan día tras día.

La integración de las tecnologías como la que manejamos en este momento en los parqueaderos que es la IoT al combinarlos con el sistema SCADA y VPN, nos permitirá crear un macrosistema que nos ayudará a detectar y resolver fallas en tiempo real y de una manera oportuna y remota, reduciendo significativamente tiempos en desplazamiento y de inactividad, logrando un gran beneficio tanto como para los usuarios, los dueños del parqueadero y los encargados del mantenimiento.

La implementación de la plataforma de monitoreo centralizada es fundamental para mejorar la eficiencia operativa de los parqueaderos automatizados. Los hallazgos demuestran que esta solución no solo reduce los tiempos de inactividad, sino que también aumenta la satisfacción del cliente, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y promoviendo la innovación en la gestión de espacios urbanos.

El desarrollo de una plataforma de monitoreo centralizada y la implementación de un plan de mejoras estratégico son cruciales para optimizar el funcionamiento de los parqueaderos automatizados. Este enfoque no solo contribuirá a la eficiencia operativa, sino que también alineará el proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), mejorando la calidad de vida en las ciudades donde se implementan estos sistemas.

Esta implementación de sistema de monitoreo remoto no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también contribuirá a la satisfacción del usuario final al ofrecer un servicio más ágil y confiable.

### **Recomendaciones**

Estos son sistemas con los cuales puede contar en parqueadero y que al mismo tiempo pueden incluirse en los sistemas de monitoreo de forma remota, claro que algunos cuentan con cámaras de seguridad.

- Cámaras de Seguridad: Para monitoreo visual en tiempo real.
- Cámaras para reconocimiento de placas: Son usadas para generar registros automáticos en el sistema, así agilizar el proceso ya que no se deben ingresar las placas manualmente.
- Sistemas de Pago Automatizados: Facilitan el cobro de tarifas.
- Paneles de Información: Muestran la disponibilidad de espacios.

### Referencias Bibliográficas

- Ackerman, S. E., y Com, S. L. (2013). Metodología de la investigación. Buenos Aires, AR: Ediciones del Aula Taller. (pp. 31 - 44). <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/76246?page=31>
- Aguilera Martínez, P. (2002). *Programación de plc s* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Alcaraz, C., & Zeadally, S. (2019). Cybersecurity for the Internet of Things: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), 2310-2322.
- Barbosa, J., Rodrigues, M., & Lima, J. (2021). Operational efficiency in automated parking systems: A review. *Journal of Urban Technology*, 28(2), 1-18.
- Bautista, S. C. (2022). Construir los resultados de investigación: sugerencias y recomendaciones. [Objeto\_virtual\_de\_aprendizaje\_OVA]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/53690>
- Boslaugh, Sarah E., PhD. (2022). Seguridad de red. EBSCO [Seguridad de red | Iniciadores de investigación | Investigación EBSCO](#)
- Calderón, J. A. F., & Escalante, E. E. (2023). Movilidad y transporte inteligente: Una revisión de aplicaciones y tecnologías emergentes en el contexto de una ciudad inteligente. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 10(20), 79-87.
- Carrera Hidalgo, Á. I. (2021). *Desarrollo de una plataforma IoT para la supervisión y control de procesos industriales de fabricación inteligente en tiempo real a través de la nube* (Master's thesis).
- Cheng, J., Li, W., & Zhang, X. (2020). Intelligent parking systems: A comprehensive review. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 146(10), 04020107.

- Córdoba, M. (2011). Formulación y evaluación de proyectos. Ciclo de vida de los proyectos. (pp. 8-16) <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/69169?page=23>
- Flair, I. (2025). Control de acceso. EBSCO. [Control de acceso | Iniciadores de investigación | Investigación EBSCO](#)
- González, L., Sofía, A. A. O., Laguía, D., Gesto, E., & Hallar, K. O. (2020). Internet del Futuro— Estudio de tecnologías IoT. *Informe Científico Técnico UNPA*, 12(3), 105-137.
- Guevara Hidalgo, D. J., & Tibanquiza Chunchu, S. E. (2021). Implementación de un sistema remoto para control y monitoreo de procesos utilizando un PLC con Gateway IIOT.
- Herrera Alvarado, E. R. (2018). *Control y monitoreo de cargas inductivas y resistivas para un mantenimiento predictivo, utilizando un sistema SCADA mediante Ignition* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Hernández Chaverra, I. A. (2024). Diseño de un parqueadero inteligente.
- Huayta Arroyo, S. J. (2020). Mantenimiento y optimización del sistema de control y automatización en una planta concentradora.
- Ignition (2017) Powerful Control & Data-Visualization Software | Ignition SCADA. Available at: <https://inductiveautomation.com/scada-software/> (Accessed: 30 October 2017).
- Iparreño Santamaria, L. E. (2025). *Análisis de los tipos de VPN para la transmisión segura de datos sensibles en internet* (Master's thesis).
- Khan, R., Khan, S. U., & Khan, M. A. (2019). Internet of Things (IoT): Opportunities and challenges. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2019.
- Manual\_XGK-CPU\_Eng\_V2.0.pdf [Programmable Logic Controller XGK CPU Module - LS ELECTRIC](#)

Marín, J. D. (2022). Pregunta de investigación y objetivos.

[Objeto\_virtual\_de\_Informacion\_OVI]. Repositorio Institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/47944>

Mera, C. W. (2022). El Proceso de investigación. [Objeto\_virtual\_de\_aprendizaje\_OVA].

Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/51520>

Pérez-López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Tecnología en marcha*, 28(4), 3-14.

Quirumbay Yagual, D. I., Castillo Yagual, C. A., & Coronel Suárez, I. A. (2022). Una revisión del aprendizaje profundo aplicado a la ciberseguridad. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 9(1), 57-65.

Ramírez, V. H. L. (2004). Protocolos de Seguridad para Redes Privadas Virtuales (VPN). Tesis COMPLETA.doc

Rojas, A. C. (2008). Sensores utilizados en la Automatización Industrial.

[https://moodle.uneg.edu.ve/pluginfile.php/mod\\_folder/content](https://moodle.uneg.edu.ve/pluginfile.php/mod_folder/content)

Sensotronic Automatización y control <https://www.sensotronic.com.co/sensores-fotoelectricos/51-fotocelda-carlo-gavazzi-pd30cnb20pam5sa.html>

Toledo, P. E. (2013). Sistema de mejoramiento, monitoreo y control para la gestión de mantenimiento de equipos primarios de 230/138/69 KV en las subestaciones de indaguete-sur villa nueva por medio de la implementación del mp software ver. 9. *Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala*.

Vesga, J. C. (2022). ¿Cómo elaborar un resumen para un artículo científico?

[Objeto\_virtual\_de\_aprendizaje\_OVA]. Repositorio Institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/50837>

Wang, Y., Zhang, L., & Liu, J. (2020). Real-time monitoring system based on SCADA technology for smart parking. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 16(5), 1550147720927563

SICK Sensor Intelligence (2026) Hoja de datos W280-2 WTE280-2H1531, Hoja de datos

SICK Phothoelectrc Sensors (2025) Ordering Infromation W100 WS/WE100-P1432, Data sheet

## Apéndices

### Apéndice A

#### *Controlador Lógico Programable LS*



*Nota.* La imagen corresponde al PLC referencia XGK-CPUE que controla el sistema de parqueadero tipo torre, fotografía tomada en el centro comercial Oviedo de la ciudad de Medellín, los parqueaderos de armónico y universidad también cuentan con este mismo dispositivo. Es básicamente una computadora industrial diseñada para el control de las máquinas y procesos de automatización.

## Apéndice B

### *Variadores de Frecuencia Yaskawa*



*Nota.* La fotografía fue tomada en el sistema de parqueadero automatizado LCH de la ciudad de Medellín, corresponde a un variador referencia A1000 que sirve para controlar motores de elevación y transporte de vehículos.

## Apéndice C

### *Sensores*



*Nota.* Sensores infrarrojos. Imagen tomada del sistema de parqueadero de la sede Armónico, sensores encargados de detectar proximidad para detección de vehículos, detecta ocupación o seguridad del sistema.

## Apéndice D

### *Pantallas HMI (Interfaz Hombre - Máquina)*



*Nota.* Pantallas para la visualización de información en tiempo real. Fotografía tomada en el sistema de parqueaderos automatizados LCH Medellín, es la interfaz para el control manual y supervisión del sistema.