

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**Desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real para el diagnóstico en la gestión del funcionamiento y mantenimiento de las estaciones de carga de automóviles eléctricos de la empresa Jasec**

Informe de práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, con el grado académico de Licenciatura

**REALIZADO POR:  
Cristian Salazar Duarte**

**COORDINADOR DE PRÁCTICA:  
Ing. Ignacio Del Valle Granados**

**Cartago, julio, 2022**



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Fecha: 18 noviembre, 2022

Señores  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo, Cristian Alonso Salazar Duarte, envío al

Sistema de Bibliotecas del Tecnológico (SIBITEC), el Trabajo Final de Graduación, del cual soy autor y fue presentado para optar por el grado de Licenciatura, en la fecha 18 noviembre, 2022, con el título del proyecto:

Desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real para el diagnóstico en la gestión del funcionamiento y

**Para ser publicado en:**

- Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet, o
- Catálogo SIBITEC, uso exclusivo de la Comunidad TEC.

Autorizo con embargo<sup>1</sup> Fecha para publicar: 18 noviembre, 2022

En el caso de que no se pueda publicar seleccione:

Confidencial Justificación: \_\_\_\_\_

**Datos personales:**

Nombre autor: Cristian Alonso Salazar Duarte

Carrera en la que se presenta el TFG: Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Campus Tecnológico / Centro: Académico: Tecnológico Central Cartago

Correo/s electrónico/s: cristianypipo@hotmail.com/cristianypipo@estudiantec.cr

Camet: 2018194684

Nº de identificación personal: 117420538



Firma del estudiante

LIMPIAR

<sup>1</sup> Embargo: periodo de tiempo durante el cual el acceso o consulta a una publicación no está disponible.

**Datos personales**

*Nombre completo: Cristian Salazar Duarte*

*Número de cédula: 117420538*

*Número de carné: 2018194684*

*Edad: 23*

*Números de teléfono: 8884-4168*

*Correos: cristianypipo@hotmail.com/cristianypipo@estudiantec.cr*

*Dirección exacta de domicilio: Concepción arriba de Alajuelita, 100 N del puente cañas al lado de la iglesia generación de campeones.*

**Datos de la empresa**

*Nombre: Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (Jasec)*

*Actividad principal: dotar a la provincia de Cartago de un sistema eléctrico eficiente y confiable*

*Dirección: Avenida 1 del comercio, provincia de Cartago.*

*Contacto: Ing. Pedro Angulo*

*Teléfono: 2550-6800*

**Dedicatoria:**

Le dedico todo mi esfuerzo realizado por estos 5 años a mis padres, Ángela Rosa Duarte Esquivel y Luis Fernando Salazar Ureña, ya que gracias a su esfuerzo y apoyo me fue posible terminar esta carrera sin ningún inconveniente. Les agradezco por nunca haber dudado de mí y por siempre apoyarme.

## **Agradecimiento:**

A todas aquellas personas, familiares, profesores, compañeros y amigos, que estuvieron conmigo en todo este proceso para terminar mi carrera, desde inicios de 2018 a finales del 2022. ¡Muchas gracias por todo!

## Contenido:

1.	Carta de aceptación de la empresa:.....	12
2.	Resumen .....	14
3.	Introducción.....	16
3.1	Reseña de la empresa.....	18
4.	Antecedentes.....	19
4.1	Antecedentes teóricos .....	19
4.2	Antecedentes de campo .....	22
5.	Planteamiento del problema .....	23
5.1	Descripción del problema por resolver:.....	24
5.2	Objetivo general .....	26
5.3	objetivos específicos:.....	26
5.4	Justificación:.....	27
5.5	Viabilidad .....	29
6.	Alcance del proyecto: .....	30
7.	Limitaciones: .....	31
8.	Marco teórico.....	32
8.1	Vehículos eléctricos.....	32
8.2	Estaciones de carga.....	33
8.3	Modos de carga.....	34
8.4	Esquemas de instalación de una infraestructura de recarga de vehículos eléctricos ..	35
8.5	Análisis de modo de fallo, efectos y su criticidad (Amfec).....	37
8.6	Redes neuronales .....	38
8.7	Industria 4.0.....	40
8.8	Software por utilizar LabVIEW .....	42
8.9	Vida útil remanente (RUL).....	43
8.10	Indicadores financieros.....	44
8.10.1	Valor actual neto (VAN) .....	44
8.10.2	Tasa interna de retorno (TIR) .....	44
9.	Instalación de software por usar .....	45
9.1	LabVIEW.....	45
9.2	Arduino.....	47

9.3 ThingSpeak.....	48
9.4 RapidMiner.....	49
10. Metodología:.....	50
11. Análisis de la situación actual de las estaciones de carga de Jasec .....	52
11.1 Análisis de criticidad .....	52
Estación de carga semirrápida Circutor (RVE-WBM-SMART).....	53
Estación de carga rápida Circutor (Serie Raption 50 DÚO) .....	56
11.2 Análisis de modos de falla y efectos (Amfec).....	63
12. Monitoreo de la condición de las estaciones de cargas .....	68
12.1 Variables por monitorear .....	68
12.2 Hardware .....	69
12.2.1 Microcontrolador Arduino UNO .....	69
12.2.2 Módulo SIM900 GSM SPRS Shield .....	71
12.2.3 Sensor de voltaje de entrada (AC) para la estación de carga rápida.....	73
12.2.4 Sensor de voltaje de salida (DC) para la estación de carga rápida y el voltaje de entrada (AC) de la estación de carga semirrápida .....	74
12.2.5 Sensor de corriente de entrada (AC) para la estación de carga rápida y semirrápida .....	75
12.2.6 Sensor de corriente de salida (DC) para la estación de carga rápida.....	76
12.2.7 Sensor de temperatura y humedad DHT22 .....	79
12.2.8 Convertidor analógico-digital (ADS1115) .....	80
12.3 Diagramas de conexión de los sistemas de monitoreo de las estaciones.....	81
12.4 Estructura del sistema de monitoreo.....	83
12.4.1 Prototipo realizado para el proyecto .....	85
12.4.2 Programación de Arduino y el módulo SIM900 .....	86
12.4.3 Servidor de datos en tiempo real ThingSpeak.....	88
12.4.4 Programación en LabVIEW .....	90
12.4.5 Configuración del software RapidMiner .....	100
13. Análisis costo-beneficio de la implementación del sistema de monitoreo de las estaciones de carga de Jasec.....	105
13.1 Sistema de monitoreo .....	105
13.2 Contrato de mantenimiento .....	108
13.3 Factibilidad del proyecto .....	109
13.4 Ingresos posibles si se cobra actualmente el servicio de las estaciones .....	112
13.5 Análisis financiero si se cobra el servicio de las estaciones de carga en Jasec .....	115

13.6	Tabla resumen del estudio financiero.....	116
14.	Conclusiones.....	117
15.	Oportunidades de mejora.....	118
16.	Bibliografía.....	119
17.	Apéndices .....	124
	A. Equipos y sensores necesarios para el desarrollo del sistema de monitoreo de las estaciones de carga .....	124
	B. Parámetros recopilados de las estaciones de carga.....	126
	C. Análisis financiero con los indicadores VAC y CAUE del sistema de monitoreo de las estaciones de carga de Jasec.....	127
18.	Anexos.....	128
	18.1 Precios de equipos y programas para el sistema de monitoreo .....	128
	18.2 Contrato de mantenimiento con TOP Energy S. A. ....	134
	18.3 Años de vida útil y depreciación de los equipos según el Ministerio de Hacienda	137
	18.4 Porcentajes e indicadores financieros.....	138

### **Contenido de figuras:**

Ilustración 1.	Cable de diagnóstico.....	20
Ilustración 2.	Aplicación de diagnósticos para las estaciones de recarga. Software: LabView .....	21
Ilustración 3.	Cantidad de centros de recarga instalados.....	22
Ilustración 4.	Avance de las aplicaciones de medición inteligente en las empresas de energía eléctrica.....	22
Ilustración 5.	Arquitectura del tren de potencia de los VE.....	33
Ilustración 6.	Conectores para estaciones de carga AC y DC .....	34
Ilustración 7.	Esquema de instalación de una estación de carga .....	36
Ilustración 8.	Diagrama de metodología de Análisis de modo de falla y sus efectos (Amfec) .....	37
Ilustración 9.	Red neuronal artificial .....	38
Ilustración 10.	Características de LabVIEW para pruebas automatizadas .....	42
Ilustración 11.	Estimación del RUL .....	43
Ilustración 12.	Página oficial de National Instruments .....	45
Ilustración 13.	Apartado de descarga .....	45
Ilustración 14.	Propiedades de instalación .....	46
Ilustración 15.	Descarga del software Arduino .....	47
Ilustración 16.	Página oficial de ThingSpeak.....	48
Ilustración 17.	Página oficial de RapidMiner.....	49
Ilustración 18.	Estación de carga semirrápida.....	53
Ilustración 19.	Inspección a las estaciones de carga semirrápida.....	54

Ilustración 20. Factores de la estación de carga semirrápida que influyen en el control de la condición .....	55
Ilustración 21. Estación de carga rápida.....	56
Ilustración 22. Inspección a la estación de carga rápida.....	57
Ilustración 23. Factores de la estación de carga rápida que influyen en el control de la condición .....	59
Ilustración 24. Diagrama de conexión del Arduino UNO .....	70
Ilustración 25. Diagrama de conexión del módulo SIM900 GSM/GPRS .....	72
Ilustración 26. Diagrama de ubicación de los sensores de la estación de carga rápida.....	77
Ilustración 27. Diagrama de ubicación de los sensores de la estación de carga semirrápida.....	78
Ilustración 28. Convertidor analógico-digital ADS1115.....	80
Ilustración 29. Diagrama de conexión del circuito de monitoreo de la estación de carga rápida .....	81
Ilustración 30. Diagrama de conexión del circuito de monitoreo de la estación de carga semirrápida .....	82
Ilustración 31. Estructura del sistema de monitoreo .....	84
Ilustración 32. Prototipo para el sistema de monitoreo de las estaciones de carga .....	85
Ilustración 33. Programación inicial en Arduino.....	86
Ilustración 34. Programación de comandos AT en Arduino .....	87
Ilustración 35. Configuración de un canal en ThingSpeak.....	88
Ilustración 36. API Keys .....	89
Ilustración 37. Interfaz del sistema de monitoreo de la estación de carga rápida .....	90
Ilustración 38. Interfaz del Sistema de Monitoreo de la estación de carga rápida sistema de alarmas.....	91
Ilustración 39. Alarma enviada por correo electrónico .....	91
Ilustración 40. Programación de los parámetros de los voltajes trifásicos de alimentación .....	92
Ilustración 41. Programación de los parámetros de corrientes trifásicas de alimentación .....	93
Ilustración 42. Programación de las potencias de la estación.....	94
Ilustración 43. Programación de los parámetros de los voltajes DC de salida.....	94
Ilustración 44. Programación de los parámetros de las corrientes DC de salida.....	95
Ilustración 45. Programación del indicador de temperatura máxima de trabajo .....	95
Ilustración 46. Programación del indicador de humedad relativa .....	96
Ilustración 47. Programación para recibir los datos desde ThingSpeak.....	96
Ilustración 48. Programación para el almacenaje de datos en Microsoft Excel .....	97
Ilustración 49. Datos almacenados en una hoja de Microsoft Excel .....	98
Ilustración 50. Interfaz del Sistema de Monitoreo de la estación de carga semirrápida .....	99
Ilustración 51. Base de datos en RapidMiner .....	100
Ilustración 52. Selección de tarea .....	101
Ilustración 53. Selección de entradas .....	102
Ilustración 54. Selección del modelo de análisis .....	102
Ilustración 55. Comparación de los modelos usados.....	103
Ilustración 56. Predicciones de los datos del voltaje de línea .....	104
Ilustración 57. Ecuación para calcular el valor actual de costos .....	110
Ilustración 58. Ecuación para el costo actual uniforme equivalente .....	110
Ilustración 59. Consumo de energía de las estaciones de Jasec en los primeros 6 meses del 2022 .....	114

Ilustración 60. Ingresos que se pudieron obtener de las estaciones de Jasec en los primeros 6 meses del 2022 .....	114
Ilustración 61. Tarifa para las estaciones de carga rápida por kWh de setiembre de 2022	128
Ilustración 62. Valor del dólar comparado al colón del 23 de setiembre de 2022 .....	128
Ilustración 63. Precio del cable eléctrico.....	128
Ilustración 64. Precio del sensor de temperatura.....	129
Ilustración 65. Precio del Arduino UNO .....	129
Ilustración 66. Precio del módulo SIM900.....	130
Ilustración 67. Precio del convertidor analógico-digital .....	130
Ilustración 68. Precio del sensor de voltaje trifásico .....	131
Ilustración 69. Precio del sensor de voltaje AC/DC.....	131
Ilustración 70. Precio del sensor de corriente AC .....	132
Ilustración 71. Precio del sensor de corriente DC .....	132
Ilustración 72. Precio del <i>software</i> LabVIEW.....	133
Ilustración 73. Precio de ThingSpeak.....	133
Ilustración 74. Contrato de mantenimiento, parte 1 .....	134
Ilustración 75. Contrato de mantenimiento, parte 2 .....	135
Ilustración 76. Contrato de mantenimiento, parte 3 .....	136
Ilustración 77. Años de vida útil y depreciación de los equipos .....	137
Ilustración 78. Tasa social de descuento .....	138
Ilustración 79. Porcentaje de incremento de vehículos eléctricos en Costa Rica.....	138
Ilustración 80. Porcentaje de inflación anual en Costa Rica .....	139
Ilustración 81. Porcentaje de aumento de salarios anuales en Costa Rica .....	139

### Contenido de tablas:

Tabla 1. Especificaciones de funcionamiento de la estación de carga semirrápida .....	53
Tabla 2. Especificaciones de funcionamiento de la estación de carga rápida, Parte 1 .....	56
Tabla 3. Especificaciones de funcionamiento de la estación de carga rápida, Parte 2.....	56
Tabla 4. Análisis de criticidad para la estación de carga semirrápida.....	61
Tabla 5. Análisis de criticidad para la estación de carga rápida.....	62
Tabla 6. Análisis de modo de falla, efecto y criticidad para la estación de carga rápida Serie Raption 50 DÚO, parte 1 .....	65
Tabla 7. Análisis de modo de falla, efecto y criticidad para la estación de carga rápida Serie Raption 50 DÚO, parte 2.....	66
Tabla 8. Análisis de modo de falla, efecto y criticidad para la estación de carga semirrápida Serie RVE-WB-SMART .....	67
Tabla 9. Especificaciones técnicas del microcontrolador Arduino UNO.....	69
Tabla 10. Especificaciones técnicas del módulo SIM900 GSM/GPRS .....	71
Tabla 11. Especificaciones del sensor de voltaje trifásico AC.....	73
Tabla 12. Especificaciones del sensor de voltaje AC/DC .....	74
Tabla 13. Especificaciones del sensor de corriente AC.....	75
Tabla 14. Especificaciones del sensor de corriente DC.....	76
Tabla 15. Especificaciones del sensor de temperatura y humedad.....	79
Tabla 16. Salario mínimo de un técnico en Electromecánica.....	105
Tabla 17. Costos de los sistemas de monitoreo de las estaciones .....	106

Tabla 18. Suscripciones anuales de los software que se utilizan para el sistema de monitoreo .....	106
Tabla 19. Costo del mantenimiento anual del sistema de monitoreo de carga rápida.....	107
Tabla 20. Costo del mantenimiento anual del sistema de monitoreo de carga semirrápida .....	107
Tabla 21. Costo del contrato de mantenimiento anual de estaciones de carga con la empresa TOP Energy S. A. ....	108
Tabla 22. Comparación del indicador CAUE.....	111
Tabla 23. Consumos de energía y posibles ingresos de las estaciones de carga de Jasec de los primeros 6 meses del 2022 .....	113
Tabla 24. Análisis financiero si se cobra por el servicio de carga rápida.....	115
Tabla 25. Resumen de costos, ingresos e indicadores financieros del proyecto .....	116
Tabla 26. Precio estimado de los equipos para el desarrollo del sistema de monitoreo de la estación de carga rápida.....	124
Tabla 27. Precio estimado de los equipos para el desarrollo del sistema de monitoreo de la estación de carga semirrápida.....	125
Tabla 28. Parámetros recopilados por los técnicos de Jasec de las estaciones de carga por los primeros 6 meses del año 2022.....	126
Tabla 29. Análisis financiero sin el sistema de monitoreo de las estaciones y con el contrato de mantenimiento con TOP Energy S. A. ....	127
Tabla 30. Análisis financiero con el sistema de monitoreo de las estaciones y sin el contrato de mantenimiento con TOP Energy S. A. ....	127

**Contenido de ecuaciones:**

Ecuación 1. Confiabilidad de las estaciones de carga de Jasec .....	60
---	----

## 1. Carta de aceptación de la empresa:



DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO DE LA RED  
ÁREA DISTRIBUCIÓN – OPERACIONES

Cartago, 20 de mayo de 2022  
OPER-DIST-MR-T-008-2022

### **ASUNTO: Aceptación de Practicante para Proyecto**

Señor Ignacio del Valle Granados  
Escuela Ingeniería Electrónica ITCR

Estimado Ignacio Del Valle Granados:

Por medio de la presente, quiero extenderles un caluroso saludo deseándoles los mayores éxitos en su gestión y a la vez hacer de su conocimiento la grata aceptación del señor Cristian Salazar Duarte, cédula 1-1742-0538, con número de carnet 2018194684 perteneciente a su prestigiosa institución, el cual desarrollará dentro de nuestra empresa JASEC, su proyecto de graduación "Monitoreo en tiempo real para la gestión del funcionamiento y Mantenimiento de las estaciones de carga de los automóviles eléctricos de la empresa JASEC", mismo que será de gran aporte para nuestra institución en cuanto al tema de la movilidad eléctrica, el cual actualmente está siendo un tema de gran envergadura no solamente a nivel provincial sino a nivel nacional. En la actualidad contamos con varios puntos de recarga, los cuales no podemos tener con certeza su condición de funcionamiento o uso en tiempo real, sino solamente hasta cuando se realice una revisión propiamente en el punto, por medio de traslados del personal a los diferentes sitios o cuando alguno de los nuestros abonados realiza un reporte que en algunas circunstancias no se hace y el punto de recarga queda fuera durante varios días.

Es por esta razón que consideramos el desarrollo de este proyecto, de gran interés para nuestra institución y de gran aporte para el tema de movilidad eléctrica de nuestra provincia, siempre con la intención de beneficiar a la población que hace uso de la electricidad como medio de transporte, beneficiando de esta manera el medio ambiente.

Por ende, este desarrollo representará un mejoramiento en la calidad y continuidad del servicio prestado a nuestros abonados cartagineses, además de una optimización de los recursos tanto humano como de transporte dentro de la empresa, ya que de esta forma

Tel. 2550-6800 ext. 7615

[pedro\\_angulo@jasec.go.cr](mailto:pedro_angulo@jasec.go.cr)

[www.jasec.go.cr](http://www.jasec.go.cr)

SGE JASEC  
R:30/08/17 V. 04

6F43 Formato de carta  
Página 1 de 2

podremos monitorear en tiempo real el estado de los puntos de recarga, además de poder extraer la información de dichos puntos en forma remota.

Es por esta razón que agradecemos sobre manera los aportes del TEC, no solamente a nuestra empresa JASEC, sino a toda la comunidad de la provincia, que por medio de sus estudiantes se pueda buscar un mejoramiento de los servicios públicos de nuestra comunidad.

De nuestra parte cuentan con todo el apoyo necesario para el desarrollo del proyecto, poniendo a disposición la información o los contactos que se requieran.

Para el inicio del proyecto, favor contactar al Ing. Pedro Angulo Monge, jefe del departamento Mantenimiento de la Red en JASEC, al correo [pedro.angulo@jasec.go.cr](mailto:pedro.angulo@jasec.go.cr) o al teléfono 8826-5534, esto para lo que corresponda.

Sin más por el momento, se suscribe de usted.

Atentamente,

PEDRO JOSE  
ANGULO MONGE  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por PEDRO  
JOSE ANGULO MONGE (FIRMA)  
Fecha: 2022.05.20 16:52:21 -06'00'

**Ing. Pedro Angulo Monge**  
**Jefe de Departamento, Mantenimiento de la Red**  
**Área Distribución - Operaciones**

MJCL  
cc: Consecutivo  
Paola Bonilla (digital)  
Christian Salazar (digital)

## 2. Resumen

Las estaciones de carga de los automóviles eléctricos consisten en la interfaz intermedia entre la red y el vehículo eléctrico, en donde la función principal es administrar la carga/descarga durante la conexión del vehículo eléctrico a la estación de carga. Estos tipos de estaciones pueden instalarse en cualquier lugar, lo que incluye casas, estacionamientos y estaciones de carga rápida. Sin embargo, es muy posible que estas estaciones dejen de funcionar de una forma imprevista y que no puedan repararse inmediatamente, debido a que los técnicos no puedan encontrar la causa de falla hasta realizar una inspección completa de la estación, lo cual ocasiona un gasto de tiempo, dinero y desconfianza con el cliente.

Por lo tanto, el desarrollo de un monitoreo de la condición a las estaciones es muy importante para obtener y analizar los datos en tiempo real y así realizar un mantenimiento adecuado. Con el fin de evaluar y manejar los distintos componentes y parámetros de las estaciones de carga se llevó a cabo un análisis de modo de falla, efectos y criticidad (Amfec) con los datos de las estaciones de carga de Jasec. Con esto se demostró que los parámetros más importantes al monitorear eran el voltaje y la corriente de alimentación de la estación.

El proyecto se enfocó en el desarrollo de un sistema de monitoreo de la condición de las estaciones de carga de la empresa Jasec, por medio del desarrollo de una interfaz capaz de procesar y mostrar los parámetros que se obtienen de las estaciones de carga por medio de sensores, Arduino y el protocolo TCP/IP. Esto con la finalidad de analizar y monitorear los parámetros que se obtienen y así crear alertas de la condición de estas estaciones en el momento que se superen los valores permisibles según los manuales de funcionamiento.

**Palabras Clave: Estaciones de carga, Vehículos eléctricos, Monitoreo de la condición, Mantenimiento, Eficiencia, Confiabilidad.**

## Abstract

Electric car charging stations consist of the intermediate interface between the network and the electric vehicle, where the main function is to manage the charge/discharge during the connection of the electric vehicle to the charging station. These types of charging stations can be installed anywhere including homes, parking lots, and fast charging stations. However, it is quite possible that these charging stations stop working unexpectedly, and cannot be repaired immediately, because the technicians cannot find the cause of the failure until they conduct a complete inspection of the station, which results in a waste of time, money, and distrust with the client.

Therefore, the development of a remote monitoring of the condition of the charging stations is important to obtain and analyze the *data* from the stations in real time and thus be able to conduct a more adequate maintenance.

To evaluate and manage the different components and parameters of the charging stations, an analysis of failure mode, effects, and criticality (AMFEC) is conducted with the *data* provided from the JASEC charging stations, where it was shown that the most important parameters to monitor were the station supply voltage and current.

The project focuses on the development of a monitoring system for the condition of the charging stations of JASEC, through the development of an interface capable of processing and displaying the respective parameters and variables obtained from the charging stations through sensors, Arduinos and the TCP/IP protocol, in order to analyze and monitor the parameters obtained and thus be able to create alerts when the permissible values are exceeded according to the operation manuals of the stations.

**Keywords: Charging stations, Electric vehicles, Condition monitoring, Maintenance, Efficiency, Reliability.**

### 3. Introducción

A medida que disminuye la dependencia de las fuentes de energía convencionales, aumenta el uso y la popularidad de las fuentes de energía renovables para la mayoría de las actividades. Asimismo, con la llegada de los vehículos eléctricos (VE) se debe reducir el uso de automóviles convencionales. Sin embargo, debido al alto costo de capital, la ignorancia de las masas y la infraestructura en constante desarrollo para acomodar la carga de vehículos eléctricos, esta industria crece a un ritmo bastante lento en comparación con su competidor (Kumar *et al.*, 2021).

En la actualidad, la carga de VE depende de recibir energía de la red existente y convertirla para que sea apropiada para cargar las baterías de VE. Sin embargo, utilizar la red existente para recargar los VE puede afectar el buen funcionamiento de la red, lo que causa fluctuaciones de energía y de voltaje y crea una inestabilidad en el sistema de corriente alterna (CA) de la red nacional (Kumar *et al.*, 2021).

Por lo tanto, las estaciones de carga en la actualidad son objeto de cambios importantes y evolucionan en su estructura para ser más competitivos y eficientes en satisfacer la demanda. Por ende:

Se están empleando diferentes mecanismos como la Respuesta a la Demanda, la cual implica la variación del consumo de energía eléctrica por parte de los consumidores ante incentivos tales como patrones de precio establecidos, lo que permite restar el consumo y minimizar los picos en horas de gran demanda de consumo eléctrico y evitar inconvenientes o peligro de fallas en el sistema (García y Millan, 2018, s. p.).

Además, el desarrollo de *hardware* y *software* de los sistemas de recarga pública de vehículos eléctricos también debe mejorar para recopilar, transmitir y procesar los datos en función de los datos que se obtienen de la estación de carga. Esto con la finalidad de

desempeñar un aumento en la comodidad del cliente, aumentar los servicios públicos y facilitar el monitoreo y el mantenimiento de los sistemas de recarga (Aji *et al.*, 2020).

Por lo tanto, la presente investigación se enfoca en diseñar un dispositivo de monitoreo de la condición para conocer la confiabilidad y estado de las estaciones de carga, el cual es capaz de usarse para registrar información sobre el estado y el uso de las estaciones de carga de Jasec. El fin es utilizar estos datos para administrar mejor la demanda de energía de las estaciones de carga en el futuro, al aprender los hábitos de los usuarios y así asegurarse del buen funcionamiento de las estaciones.

### 3.1 Reseña de la empresa

De acuerdo con Cordero Garay y Mora Ramírez (2002):

El 12 de octubre de 1964, por la voluntad y el apoyo del pueblo cartaginés, nace JASEC. En el salón de sesiones de la municipalidad de Cartago, se realiza el traspaso de las instalaciones eléctricas, subestaciones, equipo rodante y del escaso equipo de mantenimiento y repuestos del ICE a JASEC en presencia del Ing. Joaquín Alberto Fernández, Subgerente del ICE, ingenieros y abogados de la institución, la Junta Directiva del Servicio Nacional de Electricidad, el Gobernador de la Provincia y la Municipalidad de Cartago.

Como resultado de lo anterior se define a la Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago, ubicada en la avenida 1 de la provincia de Cartago, como la institución encargada de administrar la energía eléctrica de cinco cantones de Cartago: Central, Alvarado, el Guarco, Oreamuno y Paraíso, utilizando para ellos todos los medios legales, técnicos y financieros que la ley confirió.

Desde sus primeros años de existencia, JASEC se impuso como meta, dotar a la provincia de un sistema eléctrico eficiente y confiable, con la certeza de que dicha consideración contribuiría al desarrollo cartaginés (p. 1).

## 4. Antecedentes

### 4.1 Antecedentes teóricos

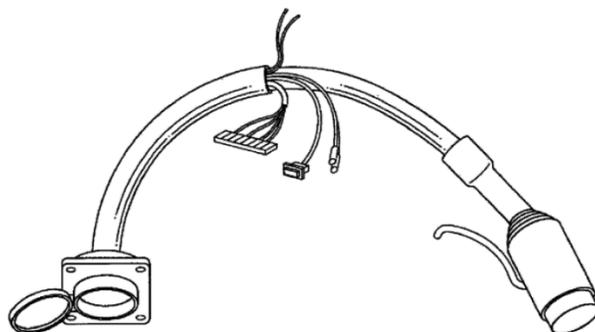
Al monitorear los sistemas de carga de AC (trifásicos), el objetivo principal es buscar las formas de onda de las corrientes (que se sabe que tienen la misma amplitud entre la entrada y la salida de un sistema de carga) absorbido en un módulo de carga interno dentro de un vehículo eléctrico de carga. El análisis de sus niveles de distorsión en el espectro de frecuencia es un buen indicador de un proceso de carga saludable o que no funciona (Bejenar *et al.*, 2021).

Por lo tanto, en los conectores de carga (enchufes y puertos) de CA (trifásicos) de los vehículos eléctricos, se pueden adquirir y monitorear las siguientes formas de onda o señales: voltajes de fase (línea a neutro), corrientes de línea (terminal), neutro (N), las tensiones y corrientes existentes de la protección a tierra (PE), las señales de comunicación entre las estaciones de carga operativas, los cargadores y, finalmente, la carga de vehículos eléctricos (Bejenar *et al.*, 2021).

Por otro lado, con el fin de controlar mejor la carga disponible en una estación de carga de vehículos eléctricos (EVCS), los parámetros de entrada óptimos deben ser: la cantidad de vehículos eléctricos enchufables (PVE) que se cargan simultáneamente, tasa de llegada y tiempo de carga, así como el estado de carga (SoC) y el comportamiento de carga de la batería del PVE (Hafez y Bhattacharya, 2018).

Un cable de extensión de diagnóstico de carga de vehículos eléctricos (Ilustración 1) es un ejemplo de herramienta que facilita la adquisición de datos durante la carga, sin intervenir directamente dentro de una estación de carga en funcionamiento, un cargador o un vehículo eléctrico en carga. Estas soluciones son ideales cuando interactúan procesos en

evolución en tiempo real del mundo real y un instrumento de monitoreo virtual que se basa en LabVIEW (Bejenar *et al.*, 2021).



**Ilustración 1. Cable de diagnóstico**

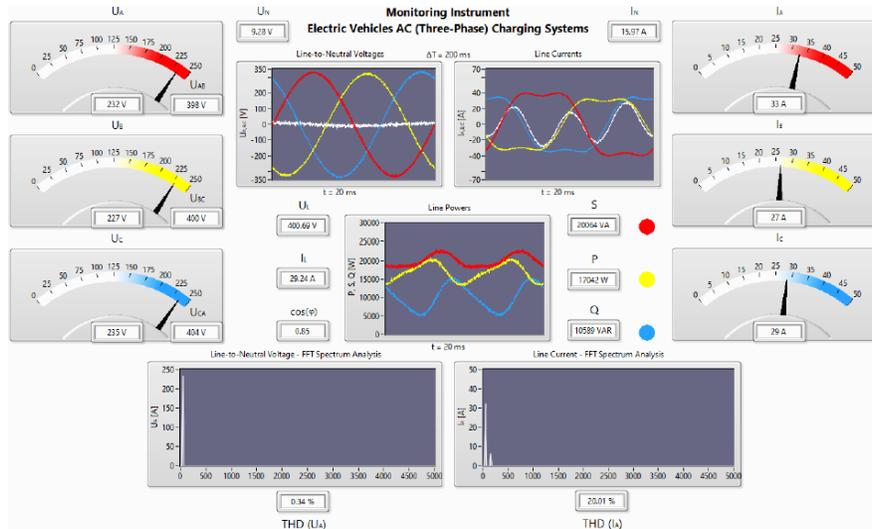
**Fuente: Umair *et al.* (2022).**

Posteriormente, los instrumentos de medición se conectan a una red cerrada inalámbrica. En esta, los datos que se obtienen se envían por medio del protocolo FTP (*file transfer protocol*) al servidor, los cuales se procesan, guardan y muestran por una aplicación web o *software* de monitoreo. Esto facilita a los técnicos encargados de información relevante para conocer si los sistemas funcionan de buena manera o no (Aji *et al.*, 2020).

La unificación del entorno de *software* de LabVIEW en sistemas con base en PC interconectados con un equipo o sistema DAQ *plug-and-play*, que en conjunto proporciona capacidades de procesamiento y adquisición de datos en tiempo real, supone que estos sistemas operan con formas de onda en evolución instantánea en el tiempo  $x(t)$  (aunque sean constantes) (Bejenar *et al.*, 2021).

Al tener esto en cuenta, a continuación, se presenta cada parte de la interfaz de usuario de LabVIEW propuesta y su diagrama de bloques correspondiente (Ilustración 2). Estos están diseñados en sinergia para implementar las consideraciones técnicas presentadas con respecto al trabajo y la simulación de sistemas de alimentación de CA (trifásicos). Por

ejemplo, el procesamiento de las señales adquiridas correspondientes para parámetros eléctricos relevantes que también implican un equipo o sistema DAQ dedicado en el monitoreo de la calidad de la energía para el estudio y diagnóstico de los sistemas de carga de CA (trifásicos) de vehículos eléctricos, independientemente de su capacidad de carga (carga lenta o rápida) o frecuencia (50 Hz o 60 Hz) (Bejenar *et al.*, 2021).



**Ilustración 2. Aplicación de diagnósticos para las estaciones de recarga. Software: LabView**

**Fuente: Bejenar *et al.* (2021).**

#### 4.2 Antecedentes de campo

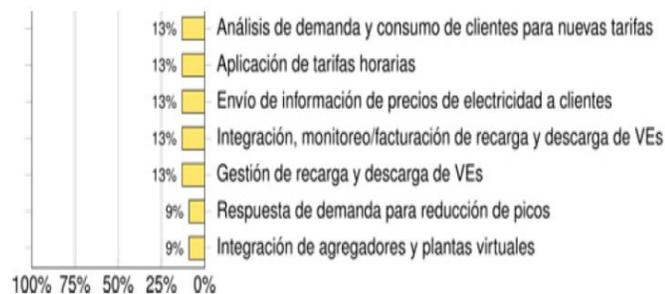
Según el Plan Nacional de transporte Eléctrico 2018-2030 del Minae, MOPT y Sepse (2018), en Costa Rica se encuentran instaladas un total de 56 estaciones de recarga semirrápida y una rápida. Como se muestra en la Ilustración 3: “Que en su mayoría pertenecen a las diferentes empresas eléctricas o bien están en convenio con desarrolladores inmobiliarios o a las agencias distribuidoras de vehículos” (p. 58).

PROVINCIA	CANTIDAD
Alajuela	9
Cartago	5
Guanacaste	6
Heredia	7
Limón	2
Puntarenas	5
San José	23
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>

**Ilustración 3. Cantidad de centros de recarga instalados**

**Fuente: Minae, MOPT y Sepse (2018).**

Además, el resultado promedio del porcentaje de avance en las aplicaciones de monitoreo inteligente en las empresas de energía eléctrica del país en la integración, monitoreo/facturación y gestión de la recarga y descarga de vehículos eléctricos es de aproximadamente un 13 %. Por otro lado, al analizar en específico a la empresa Jasec, se demuestra que esta posee un 0 % en el monitoreo inteligente de sus estaciones de carga (Minae y Sepse, 2021).



**Ilustración 4. Avance de las aplicaciones de medición inteligente en las empresas de energía eléctrica**

**Fuente: Minae y Sepse (2021).**

## 5. Planteamiento del problema

		<b>DATO SUMINISTRADO</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>
<b>DEBIERA</b>	Una estrategia nacional de redes inteligentes propone impulsar la movilidad eléctrica desarrollando una plataforma informática única para la red nacional de centros de recarga eléctrica. Esto para mantener un registro de información de consumo y demanda de potencia para implementar tarifas que incentiven la recarga fuera de periodos de demanda máxima, lo que evita sobrecargas en la red nacional.	En Costa Rica se pretende que para el 2030 la demanda energética de los automóviles eléctricos aumente al 13.9 %.	(Minae, MOPT y Sepse, Plan Nacional de transporte Eléctrico 2018-2030, 2018)
<b>REALIDAD</b>	El resultado promedio del porcentaje de avance en las aplicaciones de medición inteligente en las empresas de energía eléctrica del país en la integración, monitoreo/facturación y gestión de la recarga y descarga de vehículos eléctricos en el país es de aproximadamente un 13 %.	La empresa Jasec realiza 0 monitoreo de la condición de sus estaciones de carga.	(Minae y Sepse, Estrategia Nacional de Redes Eléctricas Inteligentes 2021-2031, 2021)
<b>DESVIACIÓN (PROBLEMA)</b>	En la empresa Jasec no se lleva a cabo un monitoreo de la condición de las estaciones de recarga para automóviles eléctricos. Por lo tanto, no se registran los datos necesarios para realizar una buena supervisión, control y manejo de las estaciones. Además, no se puede asignar de manera adecuada los recursos energéticos disponibles, lo que provoca posibles sobrecargas futuras en la zona, también al no tener estaciones de recarga en buen estado se pierde la confiabilidad de los usuarios, ya que, actualmente las estaciones de carga semirrápida de la compañía se dañan de 3 a 4 veces por año y hay que considerar que el mal funcionamiento de estos sistemas puede dañar los automóviles de los usuarios, lo que genera posibles problemas legales a Jasec. Asimismo, si se empieza a cobrar el servicio de recarga se dejaría de percibir ingresos en los tiempos de fallas de las estaciones, los cuales son de mínimo un día, mientras se lleva a cabo el mantenimiento correctivo.		

## 5.1 Descripción del problema por resolver:

La presente investigación se enfoca en diseñar un dispositivo de monitoreo que pueda usarse para registrar información sobre el estado y el uso de las estaciones de carga de Jasec y exportar esta información al sistema de carga o a un nivel superior de supervisión. El fin es utilizar estos datos para administrar mejor la demanda de energía de la estación de carga, al aprender los hábitos de los usuarios y realizar un monitoreo de la condición para mantener una buena confiabilidad del sistema (confiabilidad =  $\frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por reparación}}{\text{Horas totales}} * 100$ ) y estado de las estaciones de recarga, en beneficio de los usuarios y la empresa Jasec. Además, el Plan de Descarbonización establece que:

La planificación para la descarbonización guía el proceso para establecer la ruta entre las metas actuales y el 2050 congruentes con el cumplimiento de los objetivos de la Agenda 2030 y del Acuerdo de París. Este plan cuenta con una Visión en transportes y electricidad que contiene los siguientes puntos relacionados con el transporte sostenible:

- En 2035 el 30% de la flota de transporte público será cero emisiones y el Tren Eléctrico de Pasajeros operará 100% eléctrico.
- En 2050 el sistema de transporte público (Buses, Taxis, Tren Eléctrico de Pasajeros), operará en forma integrada sustituirá al automóvil particular como la primera opción de movilidad para la población en la GAM.
- En el 2050 el 85% de la flota de transporte público será cero emisiones.
- En el 2050 se habrán consolidado Ciudades Compactas en principales zonas urbanas de la GAM y principales ciudades secundarias del país, con incremento de un 10% en los desplazamientos en modos no motorizados.

- En 2035, un 30% de la flota de vehículos ligeros – privados e institucionales- será eléctrica. En 2050, el 95% de la flota será de cero emisiones.
- Hacia 2025 se estabilizará el crecimiento de flota de motocicletas y se adoptarán estándares para migrar a una flota cero emisiones.
- Al 2050 se habrán consolidado nuevos modelos y esquemas de movilidad compartida.
- Al 2050 el país contará con una extensa red de recarga eléctrica a lo largo del país y con infraestructura complementaria para tecnologías cero emisiones (ejemplo, estaciones de hidrógeno) (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2018, s. p.).

Asimismo, es importante garantizar a los usuarios de vehículos eléctricos el servicio de estaciones de carga alrededor de todo el país. Esto con el fin de proporcionar una mayor confianza a los conductores de no sufrir por un nivel bajo de batería.

Por lo tanto, en los últimos años, la investigación y el desarrollo de vehículos eléctricos se han impulsado como una de las nuevas tecnologías y nuevos servicios en el mundo del transporte. La atención a los vehículos eléctricos aumentó debido a factores ambientales, por ende, la infraestructura con estaciones públicas de carga de vehículos eléctricos se convierte en algo fundamental (Aji *et al.*, 2020).

En la actualidad, el servicio de recarga de vehículos eléctricos se brinda de forma gratuita en las estaciones de recarga de Jasec. Sin embargo, es un hecho que con el previsto aumento en la demanda de automóviles eléctricos y, por lo tanto, incremento en demanda de electricidad en el futuro se necesitará cobrar el servicio. Por este motivo, al realizar este sistema de monitoreo se puede llevar a cabo una predicción de la demanda de carga, generación de energía renovable y precios en tiempo real (Cárdenas *et al.*, 2018).

## 5.2 Objetivo general

Desarrollar un sistema de monitoreo de la condición de las estaciones de recarga de automóviles eléctricos para la empresa Jasec, que evidencie el impacto técnico y de mantenimiento, en beneficio a la estrategia nacional de redes eléctricas inteligentes.

## 5.3 objetivos específicos:

1. Desarrollar un análisis de modos de fallos y efectos (Amfec) que evidencie qué, dónde y cómo medir para la identificación de los parámetros que definan una incorrecta operación de una estación de recarga para los automóviles eléctricos, a través de criterios de ingeniería. Indicador de logro: Desarrollo del Amfec con criterios internacionales.
2. Determinar los componentes requeridos para el monitoreo que se basa en la condición de las estaciones de recarga en estudio, en donde se incluyen todos sus aspectos técnicos y de logística en la administración de los datos, para el registro de los datos de operación de los sistemas de recarga. Indicador de logro: La definición de los componentes requeridos con su logística de operación.
3. Desarrollar un plan piloto que muestre una aplicación para este sistema de monitoreo que se basa en la condición en tiempo real, para el establecimiento de la confiabilidad y estado de las estaciones de recarga. Indicador de logro: Desarrollo del prototipo.
4. Desarrollar un estudio técnico-financiero de la instalación del sistema de monitoreo en tiempo real en cada estación de recarga para la empresa Jasec, lo que permite una valoración para la toma de decisiones de un eventual desarrollo de este tipo de sistemas en todo el país. Indicador de logro: El análisis técnico-financiero.

#### 5.4 Justificación:

Como se mencionó, el monitoreo y control de un sistema es conveniente para garantizar su funcionamiento permanente, detectar errores o posibles mejoras, así como disponer de información histórica relevante para conocer el funcionamiento idóneo de los sistemas (Cárdenas *et al.*, 2018).

Por lo tanto, el desarrollo de *hardware* y *software* para los sistemas de recarga pública de vehículos eléctricos también debe mejorar para ser capaces de recopilar, transmitir y procesar los datos en función de los datos que se obtienen de la estación de carga. Esto con la finalidad de desempeñar un aumento en la comodidad del cliente, aumentar los servicios públicos y facilitar el monitoreo y el mantenimiento de los sistemas de recarga por parte de la empresa que brinda el servicio público de recarga (Aji *et al.*, 2020).

Las normas internacionales (según IEC 61851) establecen requisitos para los procedimientos de carga, protección y comunicación entre estaciones de carga, cargadores y vehículos eléctricos. Sin embargo, los métodos de protección más impuestos se basan en relés y algunas comprobaciones de protección se concluyen solo en las etapas de precarga. Por otro lado, no hay mucha documentación sobre sistemas de carga de vehículos eléctricos que monitoreen, adviertan, compensen y protejan permanentemente contra señales finas de mal funcionamiento a través de chequeos en tiempo real de las firmas de espectro de parámetros eléctricos relevantes contra firmas de comportamiento conocidas (Bejenar *et al.*, 2021).

Por otra parte, una estrategia nacional de redes inteligentes propone impulsar la movilidad eléctrica al desarrollar una plataforma informática única para la red nacional de centros de recarga eléctrica. Esto para mantener un registro de información de consumo y

demanda de potencia para implementar tarifas que incentiven la recarga fuera de periodos de demanda máxima, lo que evita sobrecargas en la red nacional (Minae y Sepse, 2021).

No obstante, según Minae y Sepse (2021), en la actualidad el resultado promedio del porcentaje de avance en las aplicaciones de monitoreo inteligente en las empresas de energía eléctrica del país en la integración, monitoreo/facturación y gestión de la recarga y descarga de vehículos eléctricos es de aproximadamente un 13 %. Por otra parte, al analizar en específico a la empresa Jasec, se demuestra que esta posee un 0 % en el monitoreo inteligente de sus estaciones de carga. Por lo tanto, esta compañía es muy beneficiada al tener este sistema de monitoreo en tiempo real y es capaz de garantizar estaciones de recarga de calidad para los usuarios de vehículos eléctricos de la zona. Además:

Sin un transporte sostenible, no se podrá avanzar en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y tomar medidas de mitigación y adaptación para el cambio climático. No está de más recordar que el transporte genera grandes beneficios para el desarrollo, y los sistemas de transporte eficientes y accesibles para todos son la columna vertebral del desarrollo (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2018, s. p.).

Por lo tanto, la preparación de la infraestructura con estaciones públicas de carga de vehículos eléctricos se convierte en algo fundamental.

## 5.5 Viabilidad

Durante el desarrollo del proyecto se necesita recolectar datos del funcionamiento de los sistemas de carga (electrolineras) de la empresa Jasec, los cuales son proporcionados por los técnicos de Jasec y los proveedores de los sistemas marca Circutor. Hay otra manera de obtener los datos y es mediante la instalación de sensores. De acuerdo con Marín Hernández (2020):

Para implementar un sistema de monitoreo de la condición se necesita de diversos softwares, tanto para el procesamiento de datos como para la detección de fallas. Para crear el programa que lo lleve a cabo, los especialistas en el tema los facilitarán para lograr un correcto desarrollo del proyecto y cumplir con los objetivos (p. 18).

Con la disponibilidad de los materiales (sensores, Arduino, *chip* wifi) no se puede tomar en cuenta. Esto se debe al contexto actual del país post-COVID-19, el nuevo cambio de gobierno y los ataques cibernéticos a varias entidades de gobierno como lo fue Jasec. Por lo tanto, Jasec no cuenta con el presupuesto necesario para implementación, por ende, se realiza una simulación del sistema de monitoreo de la condición a las estaciones de carga, para que en el futuro se pueda implementar.

Con relación al capital humano, se tiene el necesario para ejecutar el sistema. El personal del Departamento de Mantenimiento de la Red de Jasec dará las recomendaciones y la supervisión técnica requerida. Por otro lado, en el área teórica de simulación y de implementación se tiene el apoyo del profesor guía. Además, el encargado de realizar el proyecto tiene las habilidades y equipo necesario para llevarlo a cabo (Marín Hernández, 2020).

## **6. Alcance del proyecto:**

El proyecto se basa principalmente en un alcance exploratorio-descriptivo, debido a que el trabajo se enfoca en diseñar un sistema de monitoreo de la condición de las estaciones de recarga de los automóviles eléctricos en la empresa Jasec, ya que la compañía no posee este tipo de sistemas en sus estaciones de recarga. Además de determinar los parámetros más esenciales de las estaciones para conocer su confiabilidad y estado.

Esto incluye un prototipo capaz de recibir y simular datos que se obtienen de las estaciones de carga por medio de sensores y controladores, con la finalidad de detectar posibles fallas y crear una base de datos con los parámetros de las estaciones, pero este no incluye la instalación del sistema de monitoreo en las estaciones de carga de Jasec, debido a la falta de presupuesto actual. Por lo tanto, este proyecto tiene el objetivo de mostrar cómo es una futura instalación y programación del sistema de monitoreo y qué ventajas tendría para la empresa su instalación.

El desarrollo de este sistema inteligente representaría un cambio de paradigma en los mantenimientos tradicionales (predictivo y correctivo) y migraría hacia la cuarta revolución industrial con el uso del mantenimiento de la condición con datos y parámetros en tiempo real. Esto con la capacidad de que en el futuro se puedan predecir posibles fallos en los sistemas (Marín Hernández, 2020).

## 7. Limitaciones:

En lo que respecta a los sistemas inteligentes de monitoreo, la condición es un tema poco abarcado en el país, como se menciona en Minae y Sepse (2021), ya que solo un 13 % de las electrolineras del país se monitorean en tiempo real. “Por eso, para el desarrollo de este se necesita acudir a información y estudios realizados en otras latitudes, por lo que puede considerarse como una limitante” (Marín Hernández, 2020, p. 21). Por otro lado:

El acceso a los softwares necesarios para este diseño se puede ver comprometido, ya que hay programas tanto de acceso libre como de los que disponen de una licencia, por lo que podría afectar en algunos aspectos de precisión en los cálculos y procesamiento de datos (Marín Hernández, 2020, p. 21).

Por lo tanto, para la selección de los programas por utilizar se necesita realizar una investigación entre los programas aptos para este tipo de sistemas. Además de ver cuál programa es más eficiente para el sistema de monitoreo.

El sistema de monitoreo de la condición al ser un método que incluye la evaluación humana de parámetros y gráficas que se obtienen, los resultados y conclusiones de estos datos pueden variar según la disciplina, criterio y grado de experiencia de esta persona. Como trabajo adicional, se recomienda evaluar los parámetros con una variedad de expertos para tener otras ponderaciones que involucren diferentes perspectivas.

Al implementar un sistema de monitoreo en un dispositivo que involucre a grupos de usuarios, con diferentes intereses, se puede considerar hacer una selección de variables relevantes para cada grupo y manejar la información que a cada uno le interesa y así no sesgar los datos en un determinado interés (Cárdenas *et al.*, 2018). Además, la interfaz de usuario del sistema de monitoreo tiene la función de enlistar las posibles causas de fallas de acuerdo con la irregularidad detectada por los sensores del sistema.

## 8. Marco teórico

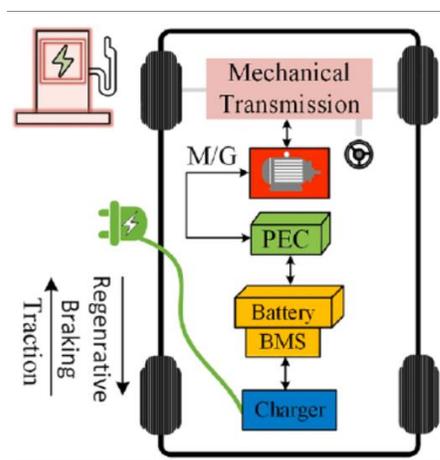
### 8.1 Vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos (VE) se han introducido en el mercado para promover vehículos con emisiones locales mínimas, que traerá beneficios marginales para la sociedad, el ambiente y la economía (Umair *et al.*, 2022). El mayor uso de estos tipos de vehículos frente a los vehículos tradicionales de gasolina, diésel y gas natural licuado puede proporcionar ciertos beneficios como:

- La primera ventaja que se puede obtener es que el funcionamiento de estos vehículos es más barato, ya que el precio del e-Gallon de la electricidad es aproximadamente tres veces menor que el de la gasolina.
- En segundo lugar, el menor uso de piezas mecánicas, como sistemas de inyección de combustible, motores de arranque, radiadores, etc., en los vehículos eléctricos minimiza el costo de mantenimiento.
- En tercer lugar, la introducción de una línea de transmisión eléctrica en los vehículos eléctricos permite el almacenamiento de la energía cinética producida por el frenado que generalmente se pierde con los frenos mecánicos en los vehículos tradicionales equipados con gasolina.
- Por último, los vehículos convencionales producen emisiones que contaminan el ambiente y perjudican a los habitantes que viven sobre todo en las zonas urbanas. Por lo tanto, la adición de vehículos eléctricos ayudaría a minimizar las emisiones de las ciudades (Umair *et al.*, 2022).

Los VE utilizan paquetes de baterías como única fuente de energía y motores eléctricos para fines de tracción, como se muestra en la Ilustración 5. Los VE tienen varios

beneficios sobre los automóviles de combustión interna e híbridos, como un funcionamiento sin problemas, mayor eficiencia, ausencia de contaminación acústica y emisiones locales mínimas de CO<sub>2</sub>. Además, la eficiencia de los VE es del 60 % al 70 %, que es bastante más alta en comparación con los automóviles con base en combustión interna que están en el rango del 15 % al 18 % (Santos, 2017).



**Ilustración 5. Arquitectura del tren de potencia de los VE**

**Fuente: Umair *et al.* (2022).**

## 8.2 Estaciones de carga

La energía suministrada desde la red mediante un transformador de frecuencia de línea (LFT) y unidades de conversión con base en electrónica de potencia a vehículos eléctricos se denomina cargador de vehículos eléctricos o estación de carga de vehículos eléctricos. Un cargador es una sola unidad que puede cargar un vehículo a la vez, mientras que una estación de carga puede cargar dos o más vehículos al mismo tiempo (Umair *et al.*, 2022).

La forma conductiva de conectar VE con la estación de carga se lleva a cabo a través de enchufes de carga que se clasifican en tipos de AC y DC. La categoría de conector de CA

Tipo 1 es solo con función monofásica y este tipo de conector se usa principalmente mientras se cargan los VE en los hogares. En resumen, los conectores que se utilizan para conectar los VE se muestran en la Ilustración 6 (Umair *et al.*, 2022).

			
Type 1 (AC) SAE J1772	Type 2 (AC) Mennekes	GB/T 20234.2 (AC)	Tesla (AC & DC)
			
Type 1 (DC) CCS Combo 1	Type 1 (DC) CCS Combo 2	CHAdeMO (DC)	GB/T 20234.3 (DC)

**Ilustración 6. Conectores para estaciones de carga AC y DC**

Fuente: Umair *et al.* (2022).

### 8.3 Modos de carga

A continuación, se detallan los modos de carga:

- El modo 1 es el llamado modo de carga lenta (6-8 horas), realizado en 16 A en corriente alterna (AC) monofásica, mediante enchufes domésticos o industriales. Este modo solo está permitido para estaciones de carga privadas.
- El modo 2 es un modo de carga lenta realizado a través de un dispositivo de seguridad, la llamada caja de control, instalada en el cable de alimentación para garantizar una recarga segura del vehículo.
- El modo 3 tiene tanto el modo de carga lenta (6-8 horas a 16 A en CA monofásica) como el modo de carga rápida (30 min a 1 hora, a 63 A en CA trifásica). El dispositivo de seguridad debe estar instalado en ambos casos. Este modo está

permitido, tanto para estaciones de carga privadas como públicas, mediante el uso de enchufes específicos definidos por IEC 62196 (IEC62196-3, 2014). El modo 3 se encuentra entre los más admitidos por las estaciones de carga existentes.

- El modo 4 es el llamado modo de carga ultrarrápida (5-30 minutos) y funciona en DC hasta 200 A a 400 V. El modo de carga ultrarrápida está permitido solo para estaciones de carga públicas (Rinaldi *et al.*, 2018).

#### 8.4 Esquemas de instalación de una infraestructura de recarga de vehículos eléctricos

Según SmartWallboxes (2022):

Respecto a la realización de la instalación, en caso de requerir un nuevo suministro se debe solicitar un nuevo punto de suministro eléctrico independiente, dedicado a la recarga del VE, con la potencia requerida. En el caso de utilizar un suministro existente hay que ver si hay potencia suficiente disponible y, en caso de lo contrario, tramitar la ampliación de potencia correspondiente. En cualquier caso, se recomienda hacer uso de las tarifas con discriminación horaria cuando el vehículo se cargue durante la noche.

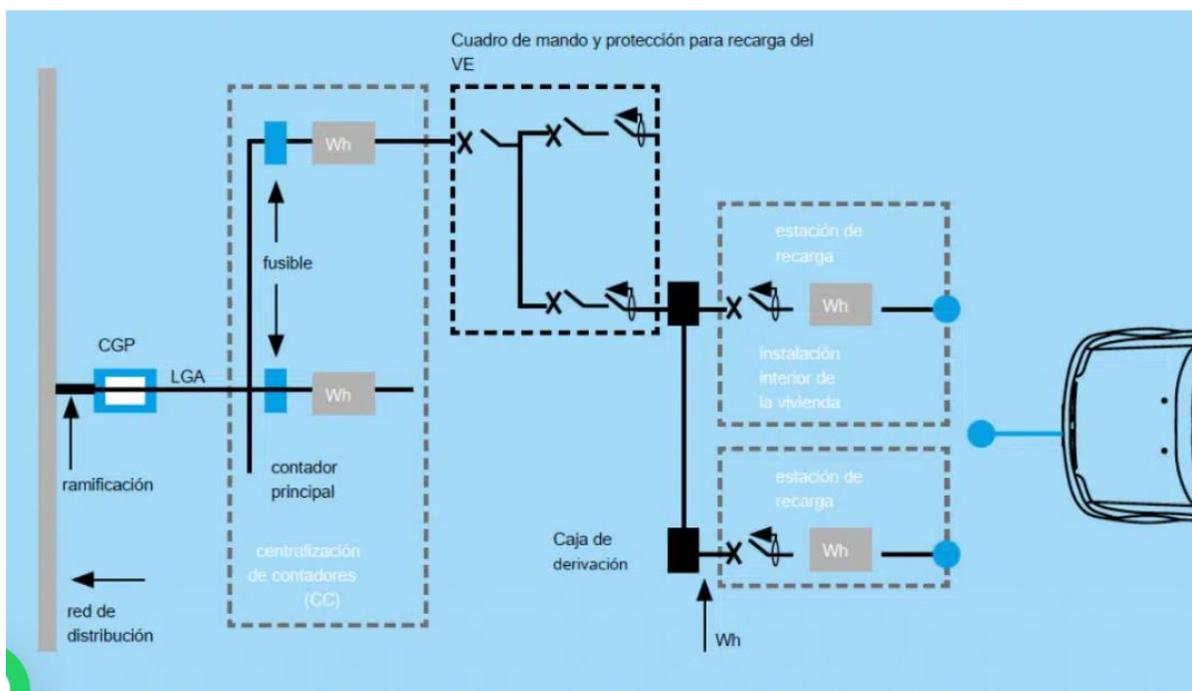
De acuerdo con la normativa vigente, cuando las instalaciones de recarga del VE no superen los 50 kW o los 10 kW si están en el exterior, se requerirá la elaboración de una memoria técnica de diseño. En cambio, cuando esto no se cumpla o cuando sean para recarga en modo 4, será necesaria la elaboración de un proyecto para la ejecución (s. p.).

Las infraestructuras de:

Recarga de vehículos eléctricos, al igual que el resto de las instalaciones, se diseñará de forma que evite el deterioro por mal uso de los usuarios. Así, el grado de protección mínimo para estos puntos será IP44 e IK 08. (SmartWallboxes, 2022, s. p.).

Por lo tanto, a continuación, se muestra la Ilustración 7 para definir los elementos de una instalación eléctrica para la recarga de VE y sus esquemas de instalación, como se establece en la ITC-BT-52 (SmartWallboxes, 2022). Las abreviaturas de algunos elementos que aparecen en la siguiente imagen se detallan a continuación:

- CGP: Caja general de protección
- LGA: Línea general de alimentación



**Ilustración 7. Esquema de instalación de una estación de carga**

**Fuente: SmartWallboxes (2022).**

## 8.5 Análisis de modo de fallo, efectos y su criticidad (Amfec)

Según Guevara Torres (2021):

El análisis de modo de fallo, efectos y su criticidad constituye una parte importante en la determinación del elemento y las variables a considerar, principalmente porque este permite evidenciar de una manera cuantificable la relevancia de escenarios que pueden representar un impacto adverso que se den en el sistema.

Este análisis se aplica como metodología de identificación de peligros para entender los riesgos y diseñar mejores acciones logísticas que permitan minimizar los efectos encontrados (p. 24).

Existen varias versiones sobre cómo aplicar un Amfec, sin embargo, para este documento se aplica la metodología que se muestra en la Ilustración 8, la cual consta de 5 etapas.

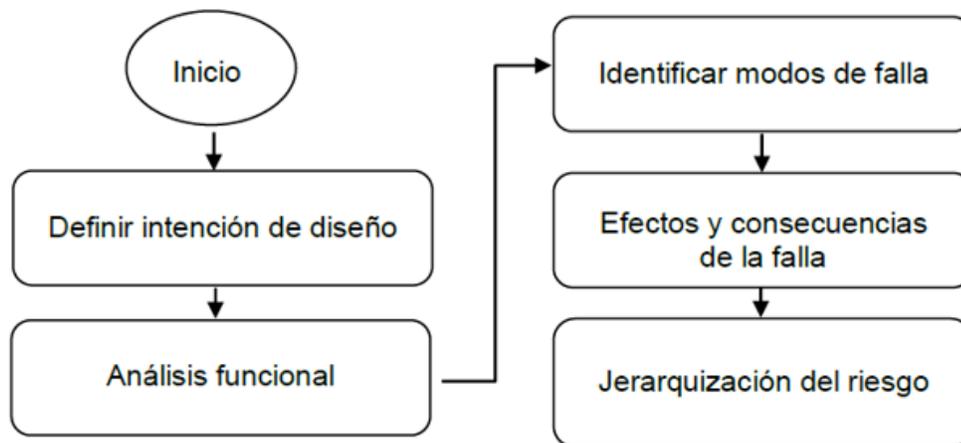


Ilustración 8. Diagrama de metodología de Análisis de modo de falla y sus efectos (Amfec)

Fuente: Aguilar *et al.* (2010).

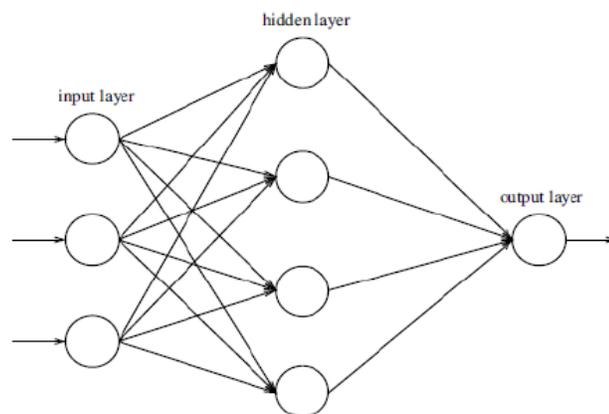
## 8.6 Redes neuronales

De acuerdo con Marín Hernández (2020):

La estructura de un sistema neuronal biológico está conformada por células, llamadas neuronas. Están compuestas por el cuerpo de la célula, dendritas y axones. Las neuronas están masivamente interconectadas desde el axón de una neurona hasta la dendrita de otra, llamada conexión sináptica. Señales son enviadas y recibidas en todo momento, compartiendo gran cantidad de información.

Una neurona artificial (AN) sigue el modelo de una biológica. Cada AN recibe señales del ambiente o de otras AN y las transmite a las demás. Se trata de un elemento que recibe datos de entrada, sean positivos o negativos, la neurona los procesa con una función de activación y como resultado da una señal de salida.

Una red neuronal (NN) consiste en capas formadas por un conjunto de neuronas artificiales, la cual consiste generalmente en capas de entrada, capas ocultas y capas de salida, como se muestra en la Ilustración 9. Las AN pueden estar parcial o completamente conectadas con las de la siguiente capa, e inclusive pueden tener conexiones hacia atrás, es decir, con capas anteriores (p. 25).



**Ilustración 9. Red neuronal artificial**

**Fuente: Engelbrecht (2007).**

Además, Marín Hernández (2020) señala:

Al ser un sistema compuesto, las redes neuronales se pueden entrenar para tener resultados más precisos, por consiguiente, necesitan aprender del comportamiento de los datos que se les brindan. Existen tres principales tipos de aprendizaje:

- Aprendizaje Supervisado: consiste en que a una neurona o a la NN se le provee los datos de entrada y también la salida deseada asociada con cada input. El objetivo es ajustar el valor de los pesos para minimizar el error entre el *output* real y el obtenido del sistema.
- Aprendizaje No Supervisado: el objetivo es descubrir los patrones o características en los datos de entrada sin una ayuda externa.
- Aprendizaje por Refuerzo: consiste en premiar a la neurona por su rendimiento o más bien penalizarla por mal desempeño (p. 26).

## 8.7 Industria 4.0

Marín Hernández (2020) afirma:

Del Val Ramón (2016) define la I4.0 como “un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información”. Este nuevo término también engloba el modelo del Internet de las cosas. En general, estos conceptos tienen en común un proceso de transformación digital de la información, que viene de las tecnologías de la informática y el software.

La necesidad de modificar la industria viene de la mano con las necesidades del cliente. Los servicios y productos deben ser cada vez más innovadores, lo que lleva a añadir la informática a casi cualquier producto. La inteligencia de esta nueva fábrica es el resultado de una combinación de las tecnologías de la información con otras industriales y el desarrollo de nuevos procesos de organización (Del Val Ramón, 2016).

Hay cuatro pilares que conforman la inteligencia en la Industria 4.0, son:

- Soluciones inteligentes: se basan en los productos inteligentes, los cuales disponen de electrónica, *software* y conectividad. Estos son sistemas ciber-físicos y son parte del ambiente del Internet de las cosas. Esta misma conectividad es la que permite la comunicación máquina a máquina (M2M, por sus siglas en inglés).
- Innovación inteligente: los nuevos productos y empresas nacen de la innovación que los clientes demandan, y se apoyan en soluciones informáticas como en comunidades virtuales o herramientas para el manejo del ciclo de vida del producto (PLM).
- Cadenas de suministro inteligentes: estarán altamente automatizadas e integradas. Será posible por la integración del *software* y las comunicaciones en la industria.

Usando redes de colaboración ágiles, la industria puede aprovechar muchas oportunidades de un mercado globalizado.

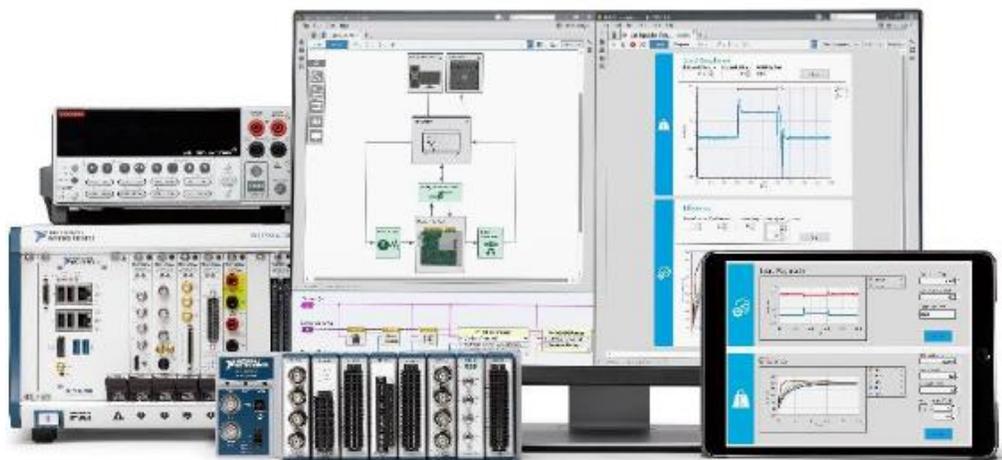
- La fábrica inteligente: se forma por unidades de producción inteligentes (CPPS, por sus siglas en inglés), el producto debe tener distintas características para ser atractivo al cliente. Esta producción se puede organizar según un modelo de oferta-demanda. Cada CPPS puede decidir su programa de producción, basándose a su tiempo de procesamiento, entregas o demás objetivos planteados (pp. 30-31).

## 8.8 Software por utilizar LabVIEW

Según Marín Hernández (2020):

LabVIEW es un *software* de la compañía National Instruments, la cual en su página web describe que es un programa de ingeniería de sistemas para aplicaciones que requieren pruebas, medidas y control con acceso rápido a *hardware* e información de datos. También, LabVIEW, ofrece un tipo de programación gráfica que ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación. Desarrolla algoritmos de análisis de datos y diseña interfaces de usuario de ingeniería personalizadas.

El programa dispone de diferentes módulos para aplicaciones variadas, tal es el caso del Módulo LabVIEW Real-Time, el cual se puede utilizar para crear e implementar aplicaciones de sistemas distribuidos en tiempo real para pruebas, monitoreo y control. Tiene ventajas como garantizar la fiabilidad y temporización precisa en un sistema autónomo. Como se muestra en la Ilustración 10, tiene diferentes módulos y controladores en los cuales se puede tener automatizar cualquier proceso y visualizar los datos tanto en un ordenador fijo como en una aplicación móvil (p. 32).



**Ilustración 10. Características de LabVIEW para pruebas automatizadas**

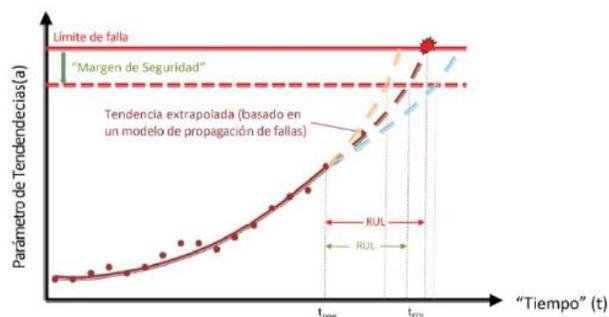
Fuente: National Instruments (2022).

## 8.9 Vida útil remanente (RUL)

Marín Hernández (2020) menciona:

La vida útil remanente es un término que se utiliza para el pronóstico del estado de una máquina o también, es el tiempo de un componente que se espera que continúe operando bajo las condiciones esperadas, como sus comandos de entrada, el ambiente en el que se encuentra y las cargas a la cuales se ve sometido (Kai, Abhinav, Matt, Jose, & Roychoudhury, 2012). El tipo de mantenimiento basado en el Pronóstico de fallas y Gestión de la Salud (PHM, por sus siglas en inglés) utiliza este término como indicador para el pronóstico de los equipos y así tomar decisiones inteligentes y eficaces.

En la Ilustración 11 se tiene un ejemplo de la estimación del RUL. Las tendencias color rosa y celeste son las aproximaciones que se obtuvieron con respecto a la gráfica del medio. Esto quiere decir que el sistema tiene un margen de error en sus predicciones y es probable que sea necesaria una intervención al equipo en ese rango de tiempo. Entre más [sic] datos históricos se tengan de los equipos, mejor será la predicción del sistema, sin embargo, el margen de error siempre va a existir ya que las condiciones de operación de cualquier máquina siempre van a variar, aunque no sea detectado por el ser humano (p. 34).



**Ilustración 11. Estimación del RUL**

**Fuente: Kai et al. (2012).**

## 8.10 Indicadores financieros

De acuerdo con Guevara Torres (2021):

En el mercado se emplean gran variedad de herramientas financiera con el fin de evidenciar la rentabilidad de implementar o no un proyecto, basándose en las ganancias generadas y en los recursos invertidos. Entre las utilizadas se pueden encontrar el valor actual neto y la tasa interna de retorno (p. 30).

### 8.10.1 Valor actual neto (VAN)

Según Guevara Torres (2021):

El valor actual neto o valor presente neto, es un método que ayuda a la evaluación de proyectos de inversión de forma que sumando flujos futuros y restando la inversión inicial, da como resultado las utilidades del proyecto (Delgado & Pérez Akaki, 2013).

- Si el VAN es mayor a 0 proyecto rentable.
- Si el VAN es menor a 0 proyecto rechazable.
- Si el VAN es igual a 0 no produce ni pérdidas ni ganancias (p. 30).

### 8.10.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Guevara Torres (2021) afirma:

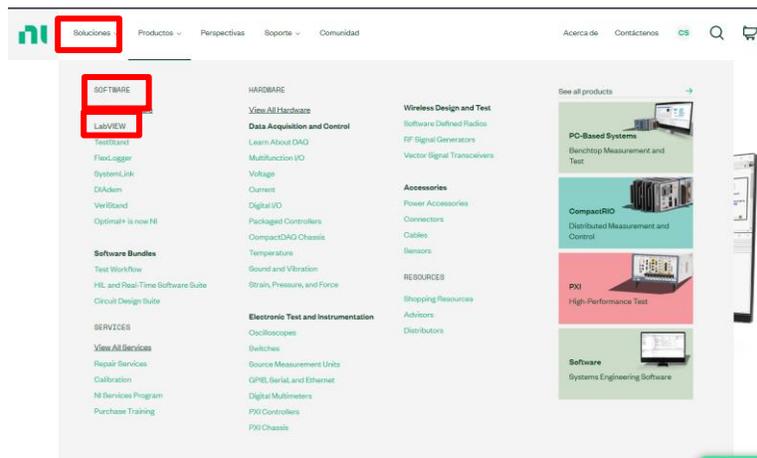
Tal y como menciona (Márquez Diaz & Castro, 2015), también llamada como tasa interés de rentabilidad que ofrece una inversión y es la tasa efectiva anual a la cual se deben de descontar los flujos de efectivo para que igualen a la inversión, o que todos los flujos de efectivo sean iguales a 0. Entre mayor sea el TIR, mayor es la rentabilidad del proyecto.

- Si el  $TIR = K$  el proyecto está generando lo mínimo esperado.
- Si el  $TIR > K$  el proyecto es aceptado.
- Si el  $TIR < K$  no se debe aceptar.
- $K =$  tasa de descuento esperada (p. 31).

## 9. Instalación de software por usar

### 9.1 LabVIEW

Primero, se ingresa a la página oficial de National Instruments (Ilustración 12), en donde se selecciona el apartado de productos/*software*/LabVIEW, justo como se muestra en la siguiente imagen. (Nota: es importante que con anterioridad a este proceso se deba crear una cuenta de NI):



**Ilustración 12. Página oficial de National Instruments**

**Fuente: National Instruments (2022).**

Dentro del apartado del *software* LabVIEW se procede a seleccionar la opción *Descargar LabVIEW*, como se muestra en la Ilustración 13:



**Ilustración 13. Apartado de descarga**

**Fuente: National Instruments (2022).**

Una vez dentro, se selecciona el sistema operativo compatible a la PC (Windows, Mac y Linux); la versión más reciente del *software*, debido a que las versiones antiguas solo se pueden instalar si posee una licencia de suscripción activa o un contrato de servicio para ese producto. Se incluye la edición base, completo, profesional y en los valores de bits de la aplicación se selecciona el de 32 bits (Nota importante: debe ser el de 32 bits, ya que el de 64 bits no permite el uso de *OPC Servers*, lo cual es esencial para recibir datos en tiempo real). Se elige el idioma deseado, se incluye el *software* controlador y, por último, se realiza la descarga, como se muestra en la Ilustración 14.

LabVIEW

LabVIEW es un software de ingeniería de sistemas para aplicaciones que requieren pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos.  
[+ Leer más](#)

**DESCARGAS**

SO Soportado  [Ver archivo Readme](#)

Versión

Ediciones Incluidas  Base, Completo, Profesional  
 Continuo  
 Runtime

Valor de Bits de la Aplicación

Idioma

Incluye Software Controlador

LabVIEW 2022 Q3 y Controladores

Fecha de Lanzamiento  
23/7/22

Versiones Incluidas  
2022 Q3

> SO Soportado  
> Idioma  
> Suma de Verificación

**DESCARGAR**

Tamaño del Archivo  
6.46 MB

**Ilustración 14. Propiedades de instalación**

**Fuente: National Instruments (2022).**

## 9.2 Arduino

Para la instalación del *software* Arduino el proceso es más sencillo que el de LabVIEW, ya que al ser un *software* abierto de creación de electrónica de código solo se tiene que ingresar a la página principal de Arduino y descargar el *software* para el sistema operativo de su conveniencia. También se puede encontrar en la tienda de aplicaciones de Windows, se descarga y el *software* está listo para su uso.

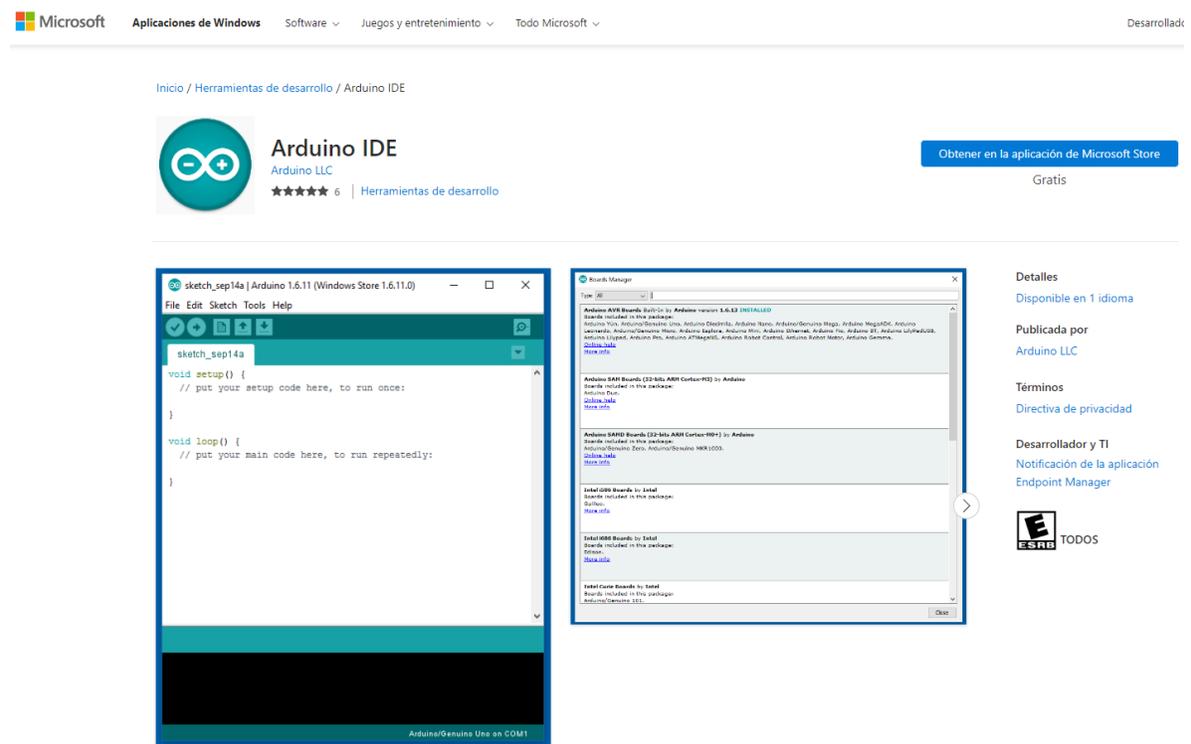


Ilustración 15. Descarga del software Arduino

Fuente: Microsoft (2022).

### 9.3 ThingSpeak

Para el uso del servidor de datos en tiempo real ThingSpeak, el cual consiste en una plataforma de Internet de las cosas (IoT) que permite recoger y almacenar datos en tiempo real, el proceso es muy sencillo, ya que solo se necesita ingresar a la página oficial y crearse una cuenta gratuitamente. Además, este *software* tiene la función de facilitar el acceso, la recuperación y el registro de los datos por medio de una *API KEY*, tanto de escritura como lectura, el cual cumple la función de puente entre Arduino y LabVIEW.

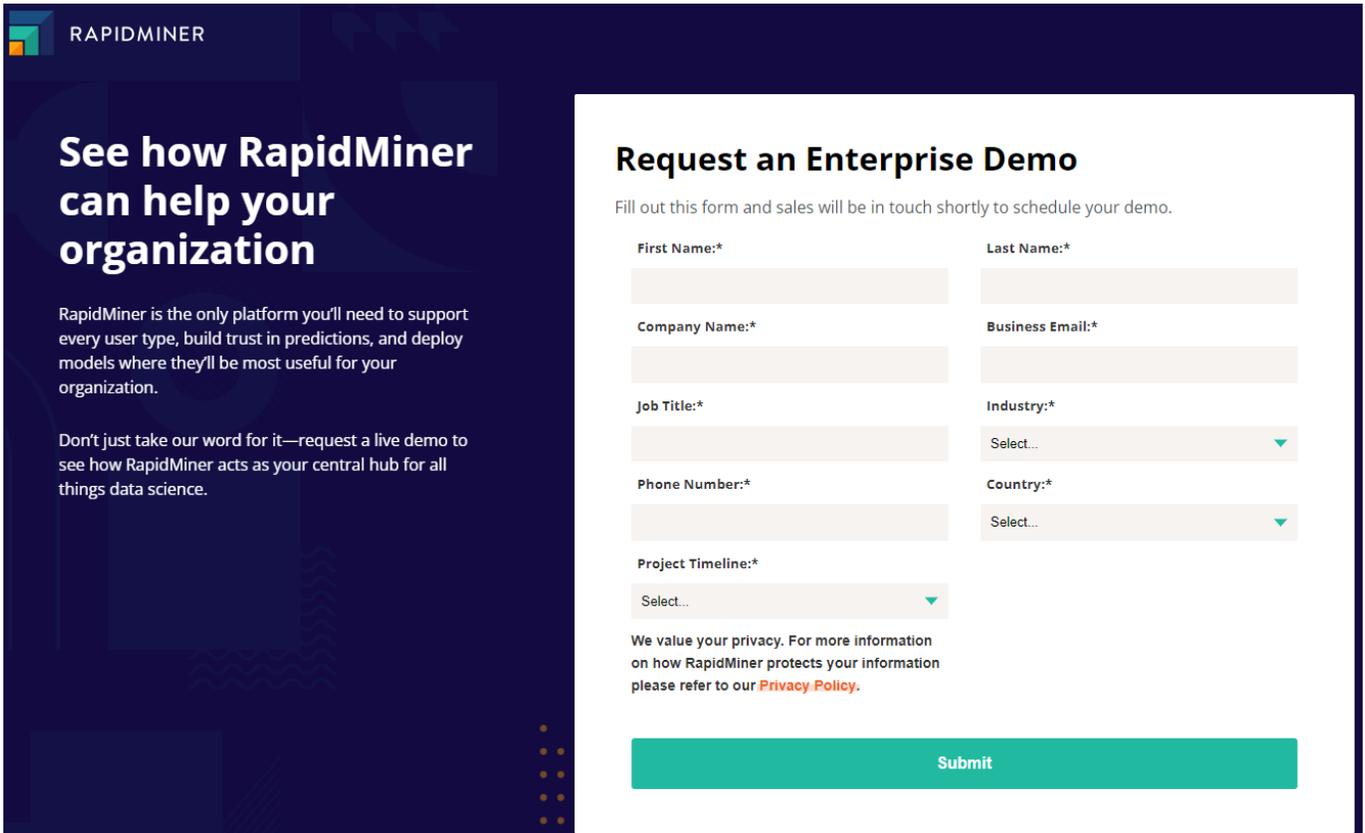
The image shows a screenshot of the ThingSpeak website. At the top, there is a navigation bar with the ThingSpeak logo, links for Channels, Apps, and Support, and options for Commercial Use and How to Buy. Below the navigation bar, there is a text block explaining that users must sign in with an existing MathWorks account or create a new one. It also mentions that non-commercial users can use ThingSpeak for free, while commercial users are eligible for a time-limited free evaluation. A link is provided for paid license options. Below this text is a form titled "Create MathWorks Account" with fields for Email Address, Location (set to United States), First Name, and Last Name. There are "Continue" and "Cancel" buttons. At the bottom of the form, there is a small text block: "This site is protected by reCAPTCHA Enterprise and the Google Privacy Policy and Terms of Service apply." To the right of the form is a diagram illustrating the data flow. It shows "SMART CONNECTED DEVICES" sending data to a cloud labeled "DATA AGGREGATION AND ANALYTICS ThingSpeak". The cloud then sends data to a computer labeled "MATLAB ALGORITHM DEVELOPMENT SENSOR ANALYTICS".

Ilustración 16. Página oficial de ThingSpeak

Fuente: ThingSpeak (2022).

## 9.4 RapidMiner

Para el uso del *software* de RapidMiner, el cual consiste en una plataforma para el análisis y minería de datos, el proceso es muy sencillo, ya que solo se necesita ingresar a la página oficial y crearse una cuenta gratuitamente. Además, este *software* permite el desarrollo de procesos para el análisis de datos, lo cual es muy útil para este proyecto, ya que



The image shows a screenshot of the RapidMiner website's 'Request an Enterprise Demo' page. The page has a dark blue header with the 'RAPIDMINER' logo. The main content area is split into two columns. The left column has a dark blue background with white text that reads: 'See how RapidMiner can help your organization'. Below this, it states: 'RapidMiner is the only platform you'll need to support every user type, build trust in predictions, and deploy models where they'll be most useful for your organization.' and 'Don't just take our word for it—request a live demo to see how RapidMiner acts as your central hub for all things data science.' The right column has a white background with the heading 'Request an Enterprise Demo' and a sub-heading 'Fill out this form and sales will be in touch shortly to schedule your demo.' The form contains several fields: 'First Name:\*', 'Last Name:\*', 'Company Name:\*', 'Business Email:\*', 'Job Title:\*', 'Industry:\*' (a dropdown menu), 'Phone Number:\*', 'Country:\*' (a dropdown menu), and 'Project Timeline:\*' (a dropdown menu). At the bottom of the form is a green 'Submit' button. A privacy notice at the bottom of the form reads: 'We value your privacy. For more information on how RapidMiner protects your information please refer to our [Privacy Policy](#).'

permite analizar todos los datos de las estaciones, lo que da como resultado predicciones en el futuro de posibles fallas o irregularidades en algún parámetro de la estación.

**Ilustración 17. Página oficial de RapidMiner**

**Fuente: RapidMiner (2022).**

## 10. Metodología:

Objetivo específico que se planteó	Actividad por realizar	Fuente de información	Análisis de datos con criterios estadísticos	Resultados esperados (Entregables)
<p><b>Objetivo específico n.º 1:</b> Desarrollar un análisis modal de fallos y efectos (Amfec) que evidencie qué, dónde y cómo medir para la identificación de los parámetros que definan una incorrecta operación de una estación de recarga para los automóviles eléctricos, a través de criterios de ingeniería.</p>	<p>Recopilación de parámetros técnicos del funcionamiento correcto de una estación de recarga de automóviles eléctricos.</p>	<p>Investigaciones (<i>papers</i>), tesis, artículos científicos, informes, planes y proyectos mundiales.</p>	<p>Uso de los parámetros de funcionamiento de las estaciones de recarga</p>	<p>La definición y el rango de operación de los parámetros de operación y mantenimiento para una estación de recarga.</p>
<p><b>Objetivo específico n.º 2:</b> Determinar los componentes requeridos para el monitoreo que se basa en condición de las estaciones de recarga en estudio, en donde se incluyen todos sus aspectos técnicos y de logística en la administración de los datos, para el registro de los datos de operación de los sistemas de recarga.</p>	<p>Recopilación de los componentes requeridos para la logística del monitoreo de la condición de las estaciones de recarga.</p>	<p>Investigaciones (<i>papers</i>), tesis, artículos científicos, informes, planes y proyectos mundiales.</p>	<p>Uso de los análisis de funcionamiento de los equipos necesarios para desarrollar el sistema de monitoreo que se basa en la condición.</p>	<p>La definición de los componentes requeridos con su logística de operación.</p>
<p><b>Objetivo específico n.º 3:</b> Desarrollar un plan piloto que muestre una aplicación para este sistema de monitoreo que se basa en la condición en tiempo real, para el establecimiento de la confiabilidad y estado de las estaciones de recarga.</p>	<p>Desarrollar un plan piloto capaz de mostrar una aplicación desarrollada para este sistema de monitoreo.</p>	<p>Investigaciones (<i>papers</i>), tesis, artículos científicos, informes, planes y proyectos mundiales y <i>software</i>.</p>	<p>Uso de la aplicación para conocer los parámetros de las estaciones de recarga a tiempo real.</p>	<p>Un prototipo de una aplicación capaz de mostrar todos los parámetros de operación y mantenimiento de las estaciones de recarga.</p>
<p><b>Objetivo específico n.º 4:</b> Desarrollar un estudio técnico-financiero de la instalación del sistema de monitoreo en tiempo real en cada estación de recarga para la empresa Jasec, lo que permite una valoración para la toma de decisiones de un eventual desarrollo de este tipo de sistemas en todo el país.</p>	<p>Recopilación de datos técnico-financieros del sistema de monitoreo que se basa en la condición.</p>	<p>Investigaciones (<i>papers</i>), tesis, artículos científicos, informes, planes, páginas web de ventas y proyectos mundiales.</p>	<p>Uso de parámetros, datos y técnicas de cálculo financiero de las investigaciones realizadas.</p>	<p>Muestra de cálculos y de estimaciones del impacto financiero de la implementación del sistema de monitoreo en las estaciones de recarga.</p>

Cronograma proyectado del desarrollo del proyecto:

Diagrama de Gantt. Asignaciones de responsabilidad		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Objetivo n.º 1	Recopilación de parámetros técnicos del funcionamiento correcto de una estación de recarga de automóviles eléctricos.	■	■	■													
	Visitar las estaciones de recarga físicamente, para observar la estructura de esta y confirmar los parámetros del funcionamiento correcto de las estaciones				■	■											
Objetivo n.º 2	Recopilación de los componentes requeridos para la logística del monitoreo de la condición de las estaciones de recarga.						■	■	■								
Objetivo n.º 3	Desarrollar un plan piloto capaz de mostrar una aplicación desarrollada para este sistema de monitoreo.									■	■	■					
Objetivo n.º 4	Recopilación de datos técnico-financieros del sistema de monitoreo que se basa en la condición.												■	■			
	Desarrollo de cálculos y de estimaciones del impacto financiero de la implementación del sistema de monitoreo en las estaciones de recarga.														■	■	■

## **11. Análisis de la situación actual de las estaciones de carga de Jasec**

### **11.1 Análisis de criticidad**

Primero, es importante destacar que Jasec en la actualidad tiene en funcionamiento cuatro estaciones de carga semirrápida, las cuales están ubicadas todas en Cartago centro. La primera está al lado de las ruinas, la segunda se ubica al lado de la Basílica de Los Ángeles, la tercera en las oficinas centrales de Jasec y la cuarta está en la municipalidad El Guarco. Por otro lado, solo disponen de una estación de carga rápida, la cual está ubicada al frente del bar restaurante el Quijongo y al lado del plantel municipal de El Guarco.

Lastimosamente, el Departamento de Mantenimiento de Jasec no ha registrado los principales modos de fallas de las estaciones y menos la frecuencia con los que ocurren. Por lo tanto, se analiza la criticidad entre los dos tipos de estaciones (semirrápida y rápida), al analizar sus elementos internos e impactos, tanto para Jasec como para el cliente y la comunidad, para conocer cuál de las dos es más crítica y, por ende, determinar cuál de las dos necesita más el sistema de monitoreo de la condición.

## Estación de carga semirrápida Circutor (RVE-WBM-SMART)



# RVE-WBM-SMART

Cajas de recarga para interiores

Código: V23015.

**Ilustración 18. Estación de carga semirrápida**

**Fuente: Circutor (2017).**

Inicialmente, con la ayuda del manual de la estación se obtuvieron todas las principales especificaciones de funcionamiento de la electrolinera, las cuales se muestran en la Tabla 1:

**Tabla 1. Especificaciones de funcionamiento de la estación de carga semirrápida**

Tipo de red	Voltaje de alimentación (V)	Corriente de alimentación (A)	Potencia máxima de salida (kW)	Tipo de conector
Monofásica (L-N-T)	230V $\pm$ 10%	32	7,4	Tipo 2

En la primera visita a las oficinas centrales de Jasec, junto con el técnico Onnis Arce Umaña y el ingeniero subcontratado Evelardo Artavia, se llevaron a cabo varias inspecciones a las estaciones de carga semirrápidas para revisar su funcionamiento y realizarle un mantenimiento preventivo. Esto se realiza anualmente y consta de revisar las conexiones, actualizar el *firmware* del *software*, limpiar y aspirar suciedad y polvo, verificar que no haya aberturas por las cuales pueda ingresar líquidos, entre otras (Ilustración 19).



**Ilustración 19. Inspección a las estaciones de carga semirrápida**

En la inspección realizada se visualizó que internamente las estaciones de carga semirrápida cuentan con los siguientes elementos:

- Un *breaker* de 2 polos 32 A y 400 V (Siemens)
- Un contactor MC-32 A 230 VAC (LS Electric)
- Un medidor de energía alterna (Circutor)
- Una fuente de 12VDC
- Un modo 3, controlador de operación de la estación (Circutor)
- Una placa de circuito de control impreso

Es importante destacar que el ingeniero Evelardo Artavia tiene amplia experiencia con estas estaciones y mencionó que los principales modos de fallas de este tipo de estaciones son los siguientes:

- Daños de los elementos de la placa impresa, debido a picos de voltaje y corriente.
- Ingreso de condensado, el cual daña los sistemas electrónicos.
- Vandalismo y mal uso de los clientes.

En la Ilustración 20 se muestra un esquema de la estación de carga semirrápida que se basa en la norma ISO 17359 con los componentes y procesos usuales que deben considerarse en el proceso de gestión de la estación.

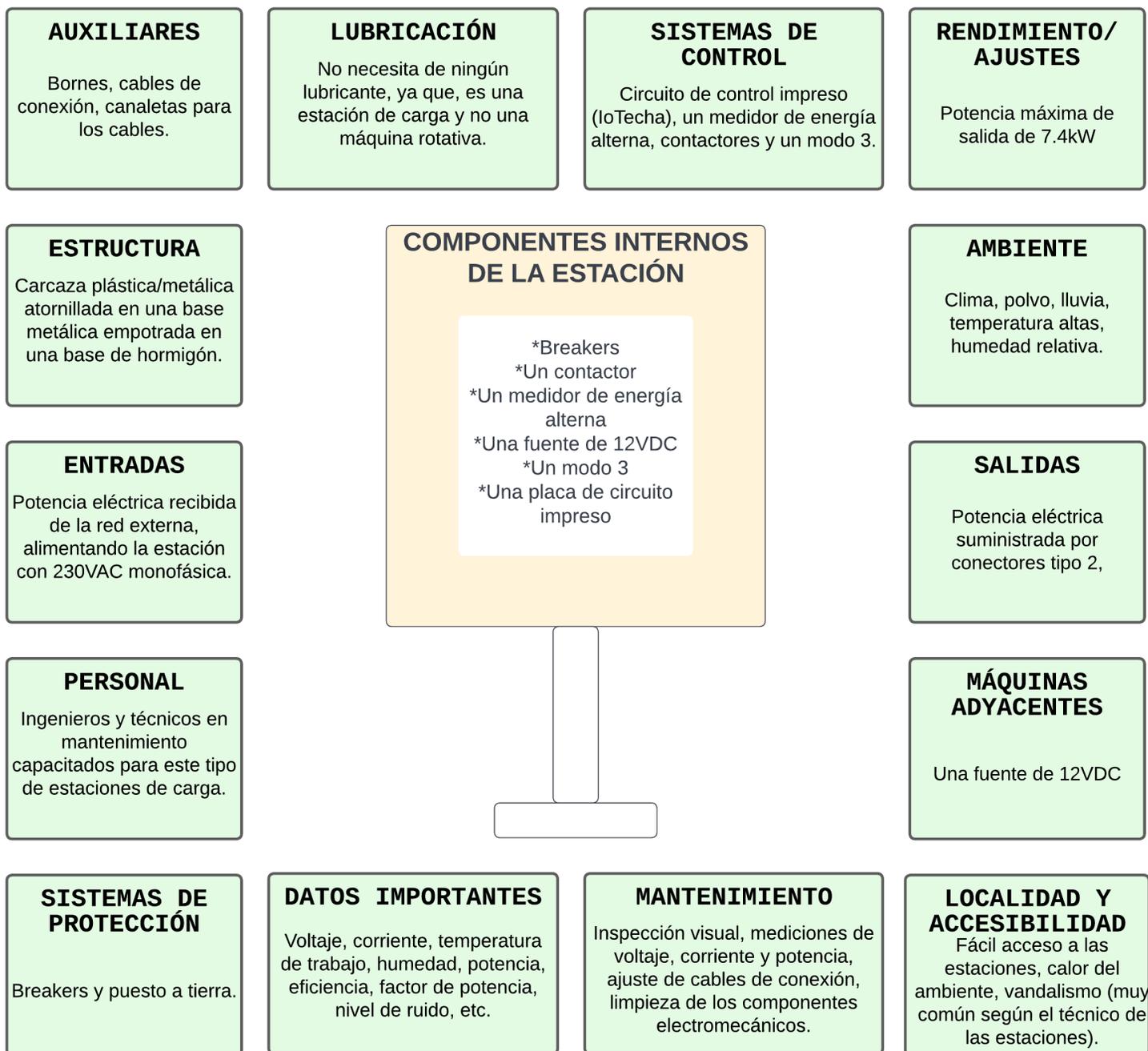


Ilustración 20. Factores de la estación de carga semirrápida que influyen en el control de la condición

## Estación de carga rápida Circutor (Serie Raption 50 DÚO)



Ilustración 21. Estación de carga rápida

Fuente: Circutor (2017).

Inicialmente, con la ayuda del manual de la estación se obtuvieron todas las principales especificaciones de funcionamiento de la electrolinera. Estas se muestran en la Tabla 2 y Tabla 3:

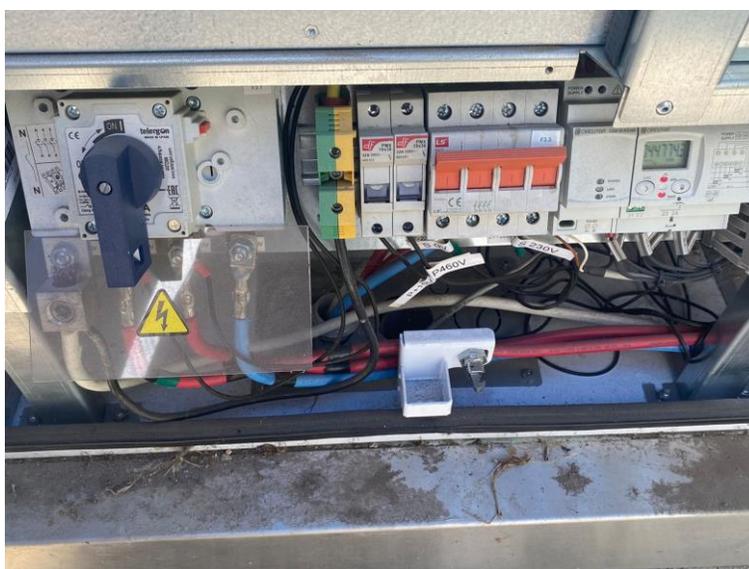
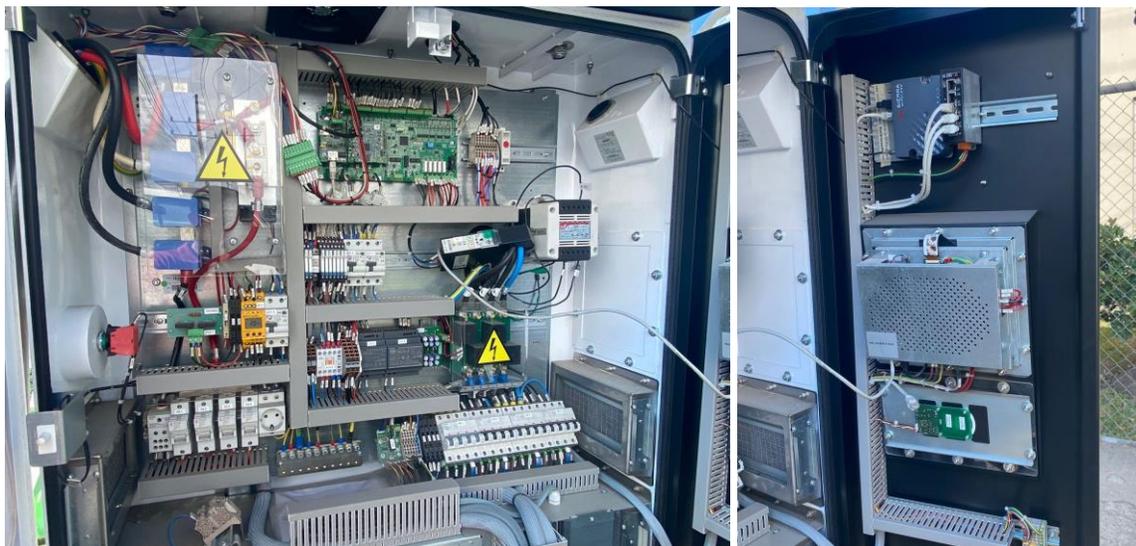
Tabla 2. Especificaciones de funcionamiento de la estación de carga rápida, Parte 1

Tipo de red	Voltaje de alimentación (VAC)	Corriente de alimentación (A)	Potencia máxima de salida (kW)	Tipos de conector	Factor de Potencia	THD
Trifásica (3L-N-T)	480 ± 10%	63	50	CCS1, CHADEMO	> 0,98	< 5%

Tabla 3. Especificaciones de funcionamiento de la estación de carga rápida, Parte 2

Temperatura de trabajo máxima (°C)	Humedad relativa	Nivel de ruido (dB)	Eficiencia	Consumo en reposo (W)	Voltaje de salida (VDC)	Corriente de salida (A)
45	95 % sin condensación	< 55	95 %	38	50-500	0-125

En la segunda visita a las oficinas centrales de Jasec, junto con el técnico Onnis Arce Umaña, se inspeccionó la estación de carga rápida para revisar su funcionamiento (Ilustración 22). En este caso se realizaron las mediciones de voltaje y corriente para verificar que el voltaje y la corriente de entrada estuvieran entre los rangos permitidos por la estación.



**Ilustración 22. Inspección a la estación de carga rápida**

En la inspección realizada se visualizó que internamente las estaciones de carga rápida cuentan con los siguientes elementos:

- Una placa de circuito impreso (IoTecha)
- Un termostato 10 A 250 VAC (Finder)
- Una fuente de 12VDC (Omron)
- Tres *breakers* de 2 polos 230 VAC y 30 mA
- Un medidor de energía alterna y controlador de SET/RESET de la estación.
- Un convertidor de voltaje AC/DC de 480 VAC a 50-500VDC
- Un transformador monofásico 480/230 V (df electric)
- Un contactor MC-32 A 230 VAC (LS Electric)
- Dos fuentes de alimentación HDR-100-12N y HDR-60-24 AC/DC Input: 100-240 VAC, Output: 12/24VDC (Mean Well).
- Cuatro *breakers* de 4 polos 400VDC y 20 A (Siemens)
- Cuatro portafusibles EFH 14 DC, 50 A y 1000VDC (ETI)
- Un bloque de distribución de potencia 1P 1X6 160 A (Noark)
- Un Isómero IsoGEN423 (Bender)
- Un seleccionador bajo carga con base portafusible 60 A (Telergon)
- Dos portafusibles PMX, 32 A y 690 VAC (df electric)
- Un *breaker* de 4 polos 230/400 VAC y 20 A (LS Eletric)
- Un contador de energía eléctrica trifásica CEM-C30 (Circutor)
- Un módulo de comunicación CEM M-RS485 (Circutor)
- Un Router AirLink MP70 (Sierra Wireless)
- 37 bornes

En la Ilustración 23 se muestra un esquema de la estación de carga rápida que se basa en la norma ISO 17359 con los componentes y procesos usuales que deben considerarse en el proceso de gestión de la estación.

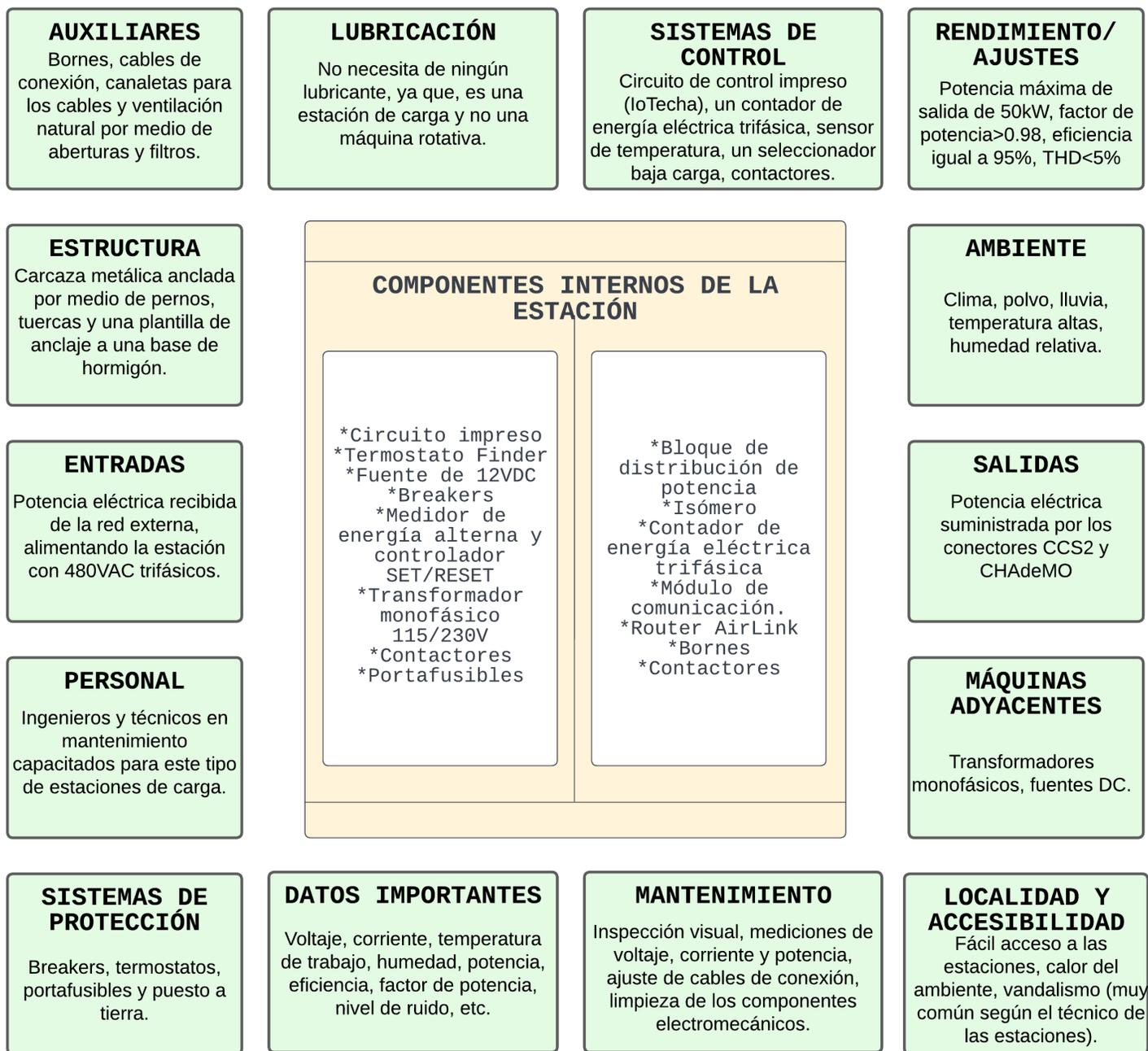


Ilustración 23. Factores de la estación de carga rápida que influyen en el control de la condición

Además, se calculó la actual confiabilidad de las estaciones de carga semirrápida como la rápida, en donde la fórmula que se utiliza se puede observar en la Ecuación 1:

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas de parada por mantenimiento no programado} * 100}{\text{Horas Totales}}$$

**Ecuación 1. Confiabilidad de las estaciones de carga de Jasec**

Para las estaciones de carga semirrápida se consultó al técnico Onnis Arce Umaña de su funcionamiento, quien mencionó que las estaciones de carga semirrápida por lo general fallan entre 3 a 4 veces al año y su tiempo de reparación es de un día por cada falla. Por lo tanto, su confiabilidad es del 98.9 %, mientras que la estación de carga rápida por el momento no ha fallado, por ende, su confiabilidad es del 100 %. Estos datos dan a conocer que la confiabilidad actual de las estaciones es muy buena, por lo que el sistema de monitoreo tiene la función de mantener esta confiabilidad, ya que con el tiempo todos los sistemas tienden a la baja.

Posteriormente, se llevaron a cabo los análisis de criticidad a cada tipo de estación para justificar con criterio ingenieril la decisión de implementar el sistema propuesto en este proyecto en estas áreas y equipos. Como se muestra en la Tabla 4 y Tabla 5, se aplicó el análisis a los tipos de estaciones mencionados.

Según la metodología expuesta en el curso de Administración de Mantenimiento 1 por el ingeniero Sebastián Mata, si la calificación de un equipo da mayor que 12 puntos, se considera como un equipo CRÍTICO. Por lo tanto, al ver las siguientes tablas, se denota que el equipo más crítico es la estación de carga rápida con una puntuación de 14 puntos, sobre todo, porque por ley no se puede cobrar la recarga de las estaciones de carga semirrápida, por ende, la de carga rápida es más prioritaria.

**Tabla 4. Análisis de criticidad para la estación de carga semirrápida**

Equipo: Estación de carga semi-rápida		Código: RVE-WBM-SMART	
DATOS DE EQUIPO		Foto del equipo	
Proveedor: CIRCUTOR			
Descripción del equipo: Suministrar carga eléctrica a los vehículos eléctricos de los ciudadanos de Cartago de			
Características principales: Alimentación 230V± 10%			
Valores de referencia: 230 V± 10%, 32 A, 7.4 kW, 3.4 kg			
Análisis de criticidad			
Criterios de evaluación		Definición	Calificación
A	Impacto en seguridad	Medida en que su falla podría provocar un cortocircuito capaz de dañar a los clientes o a un persona cerca de la zona	2
B	Impacto en el medio ambiente	Medida en que su falla podría provocar una baja en la eficiencia del sistema lo cual provoca una necesidad más alta de voltaje de la red, desaprovechando energía innecesariamente	1
C	Impacto en la producción total	Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total de generación de ingresos a la empresa.	1
D	Impacto en la producción de línea	Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total de más funciones además de la recarga	0
E	Impacto en la integridad de otros equipos	Medida en que por su inadecuada operación repercutan daños a otros equipos	1
F	Impacto en la calidad	Provoca una alteración directa en la calidad de recarga, no cumpliendo con los parámetros adecuados de carga del vehículo eléctrico	2
G	Valor económico	Su fallo provoca una disminución de ingresos por su uso.	0
H	Dificultades de adquisición	Su disponibilidad de repuestos no es inmediata y la importación del equipo o instalación requiere de un tiempo prolongado	1
Calificación del equipo			8
Tipo de equipo		<b>NO CRÍTICO</b>	
Rúbrica de calificación		Modelo de mantenimiento	
0	Nada importante	Correctivo	
1	Poco importante	Condicional	
2	Importante	Sistemático	X
3	Muy importante	Alta disponibilidad	

**Tabla 5. Análisis de criticidad para la estación de carga rápida**

Equipo: Estación de carga rápida RAPTION 50		Código: M186A01-01-18C	
DATOS DE EQUIPO		Foto del equipo	
Proveedor: CIRCUTOR			
Descripción del equipo: Suministrar carga eléctrica a los vehículos eléctricos de los ciudadanos de Cartago de			
Características principales: Alimentación 480V± 10%			
Valores de referencia: 480 V± 10%, 63 A, 50 kW, 235 kg			
Análisis de criticidad			
Criterios de evaluación		Definición	Calificación
A	Impacto en seguridad	Medida en que su falla podría provocar un cortocircuito capaz de dañar a los clientes o a un persona cerca de la zona	2
B	Impacto en el medio ambiente	Medida en que su falla podría provocar una baja en la eficiencia del sistema lo cual provoca una necesidad más alta de voltaje de la red, desaprovechando energía innecesariamente	1
C	Impacto en la producción total	Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total de generación de ingresos a la empresa.	2
D	Impacto en la producción de línea	Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total de más funciones además de la recarga	0
E	Impacto en la integridad de otros equipos	Medida en que por su inadecuada operación repercutan daños a otros equipos	2
F	Impacto en la calidad	Provoca una alteración directa en la calidad de recarga, no cumpliendo con los parámetros adecuados de carga del vehículo eléctrico	2
G	Valor económico	Su fallo provoca una disminución de ingresos por su uso.	3
H	Dificultades de adquisición	Su disponibilidad de repuestos no es inmediata y la importación del equipo o instalación requiere de un tiempo prolongado	2
Calificación del equipo			14
Tipo de equipo		<b>CRÍTICO</b>	
Rúbrica de calificación		Modelo de mantenimiento	
0	Nada importante	Correctivo	
1	Poco importante	Condicional	X
2	Importante	Sistemático	
3	Muy importante	Alta disponibilidad	

## 11.2 Análisis de modos de falla y efectos (Amfec)

Marín Hernández (2020) señala:

Como establecen (Serra *et al.*, 2008), para realizar un sistema de monitoreo se necesita conocer a profundidad el funcionamiento de los equipos, se debe hacer una revisión de las fallas más comunes y de las estrategias de diagnóstico que se aplican actualmente. Por esta razón se procede a analizar cada sistema tomando en cuenta las fallas funcionales, los diferentes modos de falla para cada falla funcional, así como sus consecuencias (p. 38).

Inicialmente, se comienza por analizar la electrolinera de carga rápida que se instaló cerca del bar restaurante El Quijongo, la cual tiene que recargar los vehículos eléctricos de los clientes de la zona hasta un nivel de carga del 80 %, lo que garantiza un voltaje de alimentación de  $480\text{ V} \pm 10\%$  junto con una corriente máxima de 63 A y una administración de carga en voltaje continuo (DC) de entre 50-500 V, por medio de los conectores tipo CHAdeMO y CCS1, junto con una potencia máxima de salida de 50 kW.

Al conocer la función principal del sistema, se toma en cuenta la opinión experta del ingeniero Evelardo Artavia para definir los principales modos de falla de la estación de carga rápida. Entre ellas, las principales son:

1. La estación no inicia la recarga debido al daño del circuito de control por picos de voltaje y corriente o por daños en la red.
2. Los cables de conexión se pueden aflojar o dañar, lo que provoca caídas de voltaje o hasta cortocircuitos.
3. El ingreso de humedad o condensados dañan los elementos electrónicos internos de la estación de carga.
4. Daños en los pines de los conectores, lo que imposibilita la recarga de los vehículos.
5. Las altas temperaturas de trabajo detienen los procesos de recarga.

Por otro lado, al realizar el análisis de las estaciones de carga semirrápida, las cuales tienen que recargar los vehículos eléctricos de los clientes de las zonas, garantizando un voltaje de alimentación de  $230\text{ V} \pm 10\%$  junto con una corriente máxima de 32 A, también es importante destacar que al ser una estación de carga semirrápida la misma no cuenta con un convertidor de voltaje AC/DC, sino que esta función la realiza el vehículo por cargar, por lo tanto, su velocidad de recarga es menor. Además, transmite la recarga por medio de conectores tipo 2, junto con una potencia máxima de salida de 7,4 kW.

Al conocer la función principal del sistema, se toma en cuenta la opinión experta del ingeniero Evelardo Artavia para definir los principales modos de falla de la estación de carga rápida. Entre ellas, las principales son:

1. La estación no inicia la recarga debido al daño del circuito de control por picos de voltaje y corriente o por daños en la red.
2. Los cables de conexión se pueden aflojar o dañar, lo que provoca caídas de voltaje o hasta cortocircuitos.
3. El ingreso de humedad o condensados dañan los elementos electrónicos internos de la estación de carga.
4. Las altas temperaturas de trabajo dañan los sistemas electrónicos y bajan la eficiencia de los sistemas.

Con base en el manual de instalación de Circutor Serie Raption 50 (estación de carga rápida) y del RVE-WB-SMART (estación de carga semirrápida), las opiniones de expertos del ingeniero Evelardo Artavia y el técnico Onnis Arce y los datos de placa del equipo, se desarrolla el Amfec de ambos tipos de estaciones:

**Tabla 6. Análisis de modo de falla, efecto y criticidad para la estación de carga rápida Serie Raption 50 DÚO, parte 1**

Función	Falla funcional	Modo de Falla	Efecto Qué sucede cuando se produce la falla	Consecuencias
1. Garantizar un voltaje de alimentación de 480V±10% junto a una corriente máxima de 63A	1.1 Alimentación a más de 528V y 63A	1.1.1 Picos de voltaje y corriente	Estos picos de voltaje y corriente provocan que los componentes electrónicos internos se dañen, lo que detiene el proceso de recarga.	Operacional: Daño a los sistemas y componentes eléctricos internos de la estación y hasta el posible daño a los vehículos eléctricos de los clientes.
		1.1.2 La red está administrando un mayor voltaje y corriente	Como la red alimenta la estación a un mayor voltaje y corriente que los permisibles ocurre que los componentes electrónicos internos se dañen, lo que detiene el proceso de recarga.	
	1.2 Alimentación a menos de 432 V	1.2.1 La red está administrando un menor voltaje	Como la red alimenta la estación a un menor voltaje y corriente que los permisibles ocurre que el funcionamiento y la eficiencia de la estación sea menor.	Operacional: Disminuye la eficiencia de recarga de las estaciones, lo cual provoca disgustos a los clientes y posibles cortocircuitos por cables flojos.
		1.2.2 Se aflojó o dañó un cable de conexión	Como hay un cable de conexión que no está bien conectado el voltaje de alimentación se va a reducir, provocando que el funcionamiento de la estación baje.	
	1.3 No se esta alimentando el sistema (0V)	1.3.1 La red no está funcionando	Como la red está presentando averías y no está alimentando será imposible que la estación pueda entrar en funcionamiento.	Operacional: Imposibilidad del cliente de recargar su vehículo, provocando molestias, debido a picos de voltaje altos, entrada de humedad y altas temperaturas, las cuales dañan los componentes eléctricos de la estación.
		1.3.2 Picos de corriente altos o cortocircuitos	Al ser tan altos los picos de voltaje y corriente provocan que los sistemas de control principales (breakers) se disparen, lo que detiene el proceso de recarga.	
		1.3.3 Entrada de humedad o condensados	Los componentes electrónicos al entrar en contacto con líquidos se pueden dañar y provocar cortocircuitos lo que causa que la estación deje de funcionar.	
		1.3.4 Incremento en la temperatura de trabajo a más de 45°C	Al incrementar la temperatura de trabajo los componentes electrónicos empiezan a trabajar de una forma más ineficiente, provocando que el termostato interno se active y la estación deje de funcionar.	
		1.3.5 Se aflojó o dañó un cable de conexión	Si un cable flojo entra en contacto con otro cable o algún metal, provocará un cortocircuito que dañe los componentes internos de la estación y/o dispare los breakers.	

**Tabla 7. Análisis de modo de falla, efecto y criticidad para la estación de carga rápida Serie Raption 50 DÚO, parte**

2

Función	Falla funcional	Modo de Falla	Efecto Qué sucede cuando se produce la falla	Consecuencias
2. Recargar los vehículos eléctricos de los clientes de la zona hasta un nivel de carga de 80% con un voltaje de salida de 50-500 VDC junto a una corriente máxima de 125A	2.1 Recarga a más de 500VDC y 125A	2.1.1 Picos de voltaje y corriente	Estos picos de voltaje y corriente provocan que los componentes electrónicos internos se dañen, lo que detiene el proceso de recarga.	Operacional: Daño a los sistemas y componentes eléctricos internos de la estación y hasta el posible daño a los vehículos eléctricos de los clientes.
		2.1.2 La red está administrando un mayor voltaje y corriente	Como la red alimenta la estación a un mayor voltaje y corriente que los permisibles ocurre que los componentes electrónicos internos se dañen, lo que detiene el proceso de recarga.	
	2.2 Recarga a menos de 50 V	2.2.1 La red está administrando un menor voltaje	Como la red alimenta la estación a un menor voltaje y corriente que los permisibles ocurre que el funcionamiento y la eficiencia de la estación sea menor.	Operacional: Disminuye la eficiencia de recarga de las estaciones, lo cual provoca disgustos a los clientes y posibles cortocircuitos por cables flojos.
		2.2.2 Se aflojó o dañó un cable de conexión	Como hay un cable de conexión que no está bien conectado el voltaje de recarga se va a reducir, provocando que el funcionamiento de la estación baje.	
	2.3 No se está recargando el vehículo (0V)	2.3.1 La red no está funcionando	Como la red está presentando averías y no está alimentando será imposible que la estación pueda entrar en funcionamiento.	Operacional: Imposibilidad del cliente de recargar su vehículo, provocando molestias, debido a picos de voltaje altos, entrada de humedad, altas temperaturas, cables flojos o dañados e irregularidades en el convertidor lo cual daña los componentes eléctricos de la estación.
		2.3.2 Picos de corriente altos o cortocircuitos	Al ser tan altos los picos de voltaje y corriente provocan que los sistemas de control (fusibles) se disparen, lo que detiene el proceso de recarga.	
		2.3.3 Entrada de humedad o condensados	Los componentes electrónicos al entrar en contacto con líquidos se pueden dañar y provocar cortocircuitos lo que causa que la estación deje de funcionar.	
		2.3.4 Incremento en la temperatura de trabajo a más de 45°C	Al incrementar la temperatura de trabajo los componentes electrónicos empiezan a trabajar de una forma más ineficiente, provocando que el termostato interno se active y la estación deje de funcionar.	
		2.3.5 Se aflojó o dañó un cable de conexión	Si un cable flojo entra en contacto con otro cable o algún metal, provocará un cortocircuito que dañe los componentes internos de la estación y/o dispare los breakers.	
		2.3.6 Daños en los pines del conector de la estación	Si un pin del conector se quiebra o se dobla será imposible que el cliente pueda insertar el conector en su vehículo, lo cual imposibilita la recarga.	
2.3.7 Daños o irregularidades en el convertidor AC/DC		Al haber irregularidades en el convertidor AC/DC se puede producir voltajes DC anormales que dañen los sistemas o disparen los fusibles.		

**Tabla 8. Análisis de modo de falla, efecto y criticidad para la estación de carga semirrápida Serie RVE-WB-SMART**

<b>Función</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>Modo de Falla</b>	<b>Efecto Qué sucede cuando se produce la falla</b>	<b>Consecuencias</b>
1. Recargar los vehículos eléctricos de los clientes de la zona de forma gratuita con un voltaje de alimentación de 230V±10% junto a una corriente máxima de 32A	1.1 Alimentación a más de 253V y 32A	1.1.1 Picos de voltaje y corriente	Estos picos de voltaje y corriente provocan que los componentes electrónicos internos se dañen, lo que detiene el proceso de recarga.	Operacional: Daño a los sistemas y componentes eléctricos internos de la estación y hasta el posible daño a los vehículos eléctricos de los clientes.
		1.1.2 La red está administrando un mayor voltaje y corriente	Como la red alimenta la estación a un mayor voltaje y corriente que los permisibles ocurre que los componentes electrónicos internos se dañen, lo que detiene el proceso de recarga.	
	1.2 Alimentación a menos de 207 V	1.2.1 La red está administrando un menor voltaje	Como la red alimenta la estación a un menor voltaje y corriente que los permisibles ocurre que el funcionamiento y la eficiencia de la estación sea menor.	Operacional: Disminuye la eficiencia de recarga de las estaciones, lo cual provoca disgustos a los clientes y posibles cortocircuitos por cables flojos.
		1.2.2 Se aflojó o dañó un cable de conexión	Como hay un cable de conexión que no está bien conectado el voltaje de alimentación se va a reducir, provocando que el funcionamiento de la estación baje.	
	1.3 No se esta alimentando el sistema (0V)	1.3.1 La red no está funcionando	Como la red está presentando averías y no está alimentando será imposible que la estación pueda entrar en funcionamiento.	Operacional: Imposibilidad del cliente de recargar su vehículo, provocando molestias, debido a picos de voltaje altos, entrada de humedad y altas temperaturas, las cuales dañan los componentes eléctricos de la estación.
		1.3.2 Picos de corriente altos o cortocircuitos	Al ser tan altos los picos de voltaje y corriente provocan que los sistemas de control principales (breakers) se disparen, lo que detiene el proceso de recarga.	
		1.3.3 Entrada de humedad o condensados	Los componentes electrónicos al entrar en contacto con líquidos se pueden dañar y provocar cortocircuitos lo que causa que la estación deje de funcionar.	
		1.3.4 Incremento en la temperatura de trabajo a más de 45°C	Al incrementar la temperatura de trabajo los componentes electrónicos empiezan a trabajar de una forma más ineficiente, provocando posibles fallas del sistema.	
		1.3.5 Se aflojó o dañó un cable de conexión	Si un cable flojo entra en contacto con otro cable o algún metal, provocará un cortocircuito que dañe los componentes internos de la estación y/o dispare los breakers.	

## 12. Monitoreo de la condición de las estaciones de cargas

### 12.1 Variables por monitorear

Según los resultados que se muestran en el Amfec de la estación de carga rápida, se pudo determinar sus variables más importantes por monitorear, las cuales se detallan a continuación:

1. Voltaje de alimentación trifásico AC (V)
2. Voltaje de suministro DC (V)
3. Corriente de alimentación trifásica AC (A)
4. Corriente de suministro DC (A)
5. Temperatura (°C)
6. Humedad (%HR)

Por otro lado, con el Amfec de la estación de carga semirrápida, se pudo determinar que las variables más importantes por monitorear son las siguientes:

1. Voltaje AC (V)
2. Corriente AC (A)
3. Temperatura (°C)
4. Humedad (%HR)

Al tomar en cuenta lo anterior y las necesidades de las partes interesadas, se lleva a cabo un enfoque para el sistema de monitoreo y alertas de fallas. Por lo tanto, se tuvo como prioridad investigar cuáles son los tipos de sensores más eficientes para detectar las variables mostradas, los microcontroladores capaces de realizar estos tipos de monitoreos y envíos de datos en tiempo real y los *software* capaces de desarrollar una interfaz de usuario para el monitoreo de las estaciones y el envío de alertas por eventuales fallas o irregularidades del sistema.

## 12.2 Hardware

### 12.2.1 Microcontrolador Arduino UNO

Para la arquitectura y desarrollo del sistema de monitoreo de la condición se necesita de un dispositivo con gran capacidad de procesamiento, con múltiples entradas analógicas para captar las variables de los sensores y, a la vez, que cuente con la capacidad de transmitir los datos analizados. Por lo tanto, se seleccionó el microprocesador Arduino UNO por sus propiedades elevadas, tanto de procesamiento como versatilidad respecto a la gran cantidad de información, contenido al que se puede acceder (bastedad de librerías) y programación abierta (Guevara Torres, 2021). Las principales características de este microcontrolador se muestran a continuación en la Tabla 9:

**Tabla 9. Especificaciones técnicas del microcontrolador Arduino UNO**

Especificación	Arduino UNO
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje operativo	5V
Voltaje de entrada	7-12V
Pines de entrada/Salidas digitales	14 (de las cuales 6 son salidas PWM)
Pines de entradas Análogas	6
Memoria Flash	32KB de los cuales 0.5KB es usado por Bootloader
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidad del reloj	16MHZ

**Fuente: Elaboración propia con base en el fabricante.**

En el siguiente diagrama de conexión (Ilustración 24) se observan las partes del Arduino UNO:

- Puerto USB: alimentación por USB
- Power Jack: alimentación por entrada Jack.
- LED RX TX: indicaciones de estar recibiendo o transmitiendo datos.
- Reset: reinicio de cualquier código del Arduino.
- I/O digitales: pines digitales del 0 al 13 y los pines 3, 5, 6, 9, 10 y 11 tienen modulación por ancho de pulsos (PWM).
- LED indicador de encendido
- Pines analógicos: del pin A0 a A5.
- Entradas/Salidas de voltaje

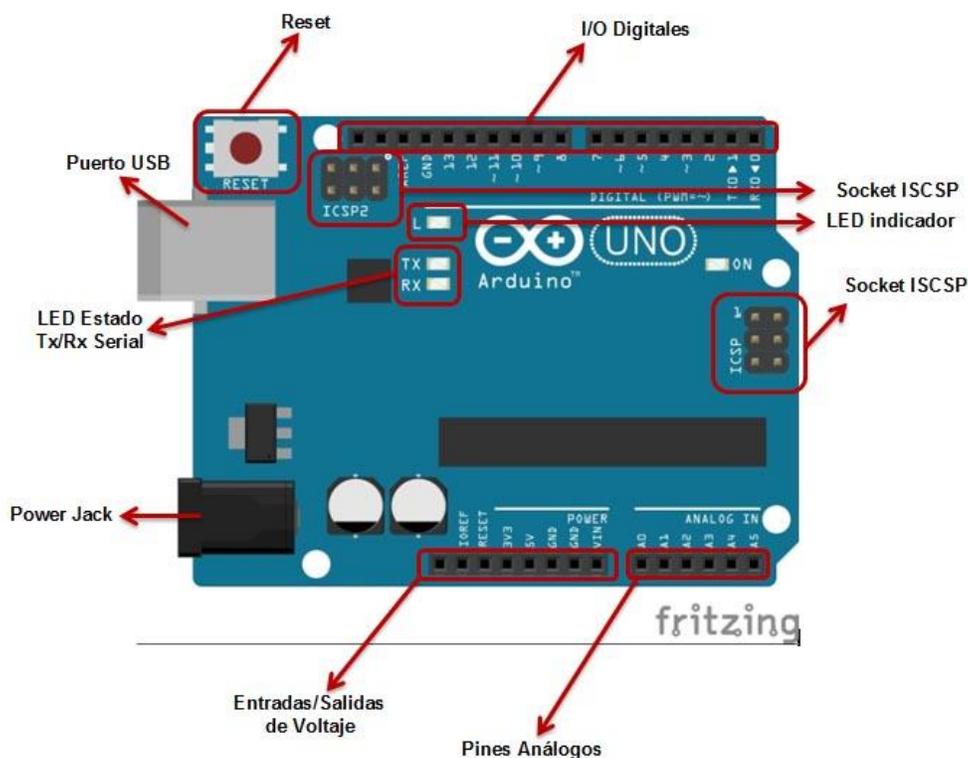


Ilustración 24. Diagrama de conexión del Arduino UNO

Fuente: Guerrero (2014).

### 12.2.2 Módulo SIM900 GSM SPRS Shield

De acuerdo con Macea Contreras y Aldair Contreras (2020):

El GPRS SIMCOM SIM900 GSM Quad band GSM shield es una tarjeta ultra compacta de comunicación inalámbrica. Además, es compatible con todos los modelos de Arduino con el formato UNO, es decir, que la puedes controlar con otros microcontroladores también. La tarjeta está basada en el módulo SIM900 GSM 4, en donde, el GPRS está configurado y controlada por vía UART usando comandos AT. Por lo tanto, sólo se conecta la tarjeta al microcontrolador Arduino y comienza a comunicarse a través de comandos AT. Ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control, mandar mensajes de texto a celulares, etc. (HETPRO, 2018) (pp. 34-35).

Las principales características de este módulo se muestran a continuación en la Tabla 10:

**Tabla 10. Especificaciones técnicas del módulo SIM900 GSM/GPRS**

Especificación	SIM900 GSM/GPRS
Microcontrolador	Cuatro bandas GSM/GPRS: 850,900,1800,1900 MHz
Voltaje operativo	5V
Voltaje de entrada	7-12V
GPRS multi-slot class	10/8
Clase 4	(2 W @850/ 900 MHz)
Clase 1	(1 W @1800/1900MHz)
Control vía comandos AT	GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands
Antena	GSM con conector SMA
Temperatura de trabajo	menos 40°C a 85°C

Fuente: Elaboración propia con base en el fabricante.

En el siguiente diagrama de conexión (Ilustración 25) se observan las partes del módulo SIM900 GSM/GPRS:

- Fuente de alimentación con puerto Jack
- Selector de alimentación
- Regulador de voltaje
- Entrada de parlantes y micrófono
- Led de estatus
- Puertos seriales (entradas digitales y analógicas del Arduino)
- Conexión SMA de la antena

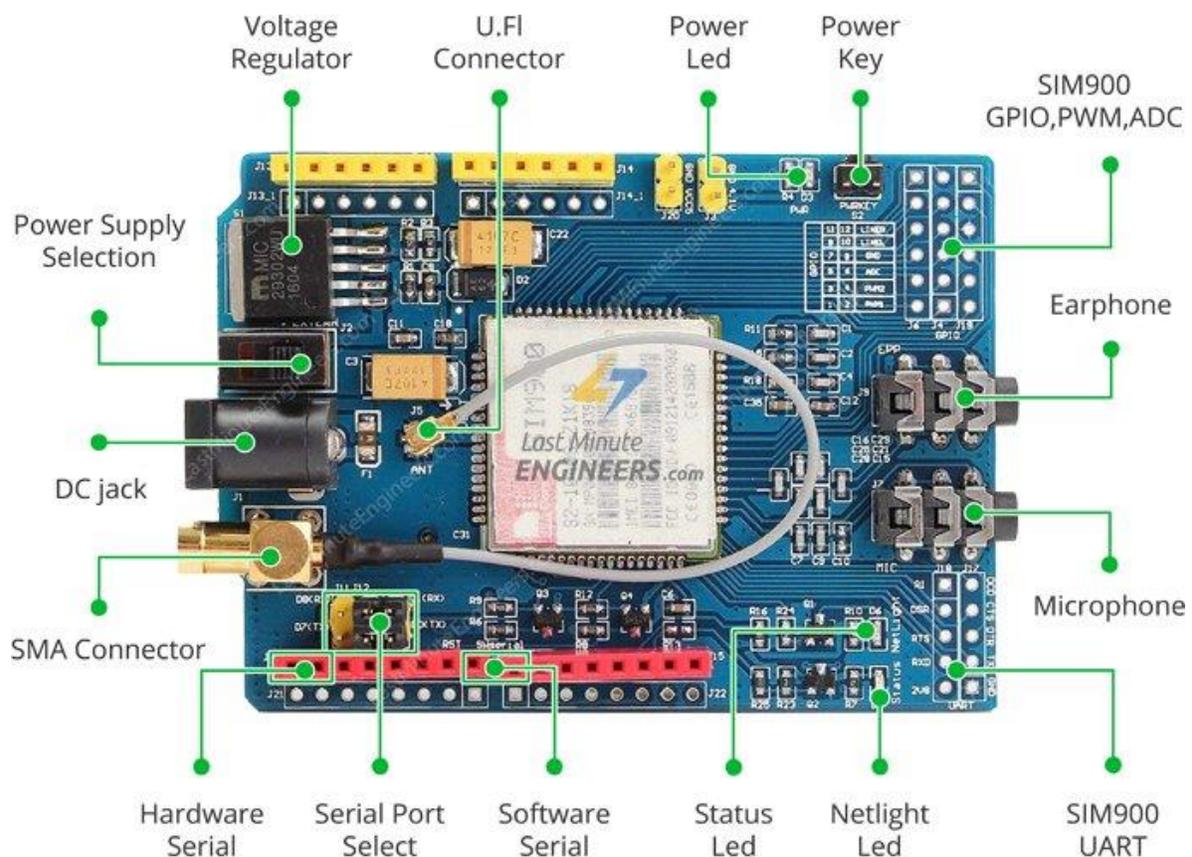


Ilustración 25. Diagrama de conexión del módulo SIM900 GSM/GPRS

Fuente: HETPRO (s. f.).

### 12.2.3 Sensor de voltaje de entrada (AC) para la estación de carga rápida

El voltaje de alimentación de la estación de carga rápida es trifásico con un valor de 480 V $\pm$ 10 %. Esto quiere decir que tiene como voltaje máximo un valor de 528 V y como mínimo de 432 V.

Por lo tanto, el sensor seleccionado consiste en un transductor de voltaje AC, de la marca Huabai Huadian Automation y funciona mediante la conversión de las tensiones AC en señales utilizables en el control de procesos mediante el principio electromagnético de inducción. En la Tabla 11 se pueden observar sus principales especificaciones:

**Tabla 11. Especificaciones del sensor de voltaje trifásico AC**

Características	Magnitud
Rango de entrada	0-800VAC
Precisión	0.1%; 0.2%; 0.5%
Voltaje de salida	0-5VDC
Voltaje de alimentación	12/24V
Ilustración	

Fuente: Elaboración propia con base en el fabricante.

### 12.2.4 Sensor de voltaje de salida (DC) para la estación de carga rápida y el voltaje de entrada (AC) de la estación de carga semirrápida

El voltaje de salida de la estación de carga rápida es de corriente directa (DC), el cual no es constante en el tiempo, por lo que se tiene que monitorear y este puede llegar a valores máximos de 500 V. Por otra parte, el voltaje de alimentación de la estación de carga semirrápida es de 230 VAC±10 %, lo cual quiere decir que tiene como voltaje máximo un valor de 253 V y como mínimo de 207 V

Por lo tanto, el sensor seleccionado consiste en un transmisor de voltaje AC/DC, de la marca Qidian Automation y funciona mediante la conversión de la medida corriente en señal de voltaje DC proporcional a la corriente principal por medio el principio electromagnético de inducción. En la Tabla 12 se pueden observar sus especificaciones:

**Tabla 12. Especificaciones del sensor de voltaje AC/DC**

Características	Magnitud
Rango de entrada	0-600V
Precisión	0.2%; 0.5%
Voltaje de salida	0-5VDC
Voltaje de alimentación	12/24V
Ilustración	

Fuente: Elaboración propia con base en el fabricante.

Es importante destacar que se necesitan cuatro unidades de este tipo de sensores para la estación de carga rápida y una unidad para la semirrápida.

### 12.2.5 Sensor de corriente de entrada (AC) para la estación de carga rápida y semirrápida

La corriente de alimentación de la estación de carga rápida tiene un valor máximo permitido de 63 A, mientras que la estación de carga semirrápida tiene un valor máximo de 32 A. Por lo tanto, el sensor seleccionado es de corriente de núcleo dividido, de la marca YHDC. Sus principales especificaciones se pueden observar en la Tabla 13:

Tabla 13. Especificaciones del sensor de corriente AC

Características	Magnitud
Rango de entrada	0-100A
Precisión	0.2%; 0.5%
Voltaje de salida	0-5VDC
Voltaje de alimentación	5V
Ilustración	

Fuente: Elaboración propia con base en el fabricante.

Es importante destacar que se necesitan tres unidades de este tipo de sensores para la estación de carga rápida y una unidad para la semirrápida.

### 12.2.6 Sensor de corriente de salida (DC) para la estación de carga rápida

La corriente de salida de la estación de carga rápida tiene un valor máximo permitido de 125 A. Por lo tanto, el sensor seleccionado es de corriente de núcleo dividido, de la marca YHDC. Sus principales especificaciones se pueden observar en la Tabla 14:

**Tabla 14. Especificaciones del sensor de corriente DC**

Características	Magnitud
Rango de entrada	0-200A
Precisión	1%
Voltaje de salida	$\pm 4V$
Voltaje de alimentación	12V
Ilustración	

Fuente: Elaboración propia con base en el fabricante.

Es importante destacar que se necesitan cuatro unidades de este tipo de sensores para la estación de carga rápida.



En la Ilustración 27 se puede observar un diagrama preliminar de la ubicación de los sensores en la estación de carga semirrápida:

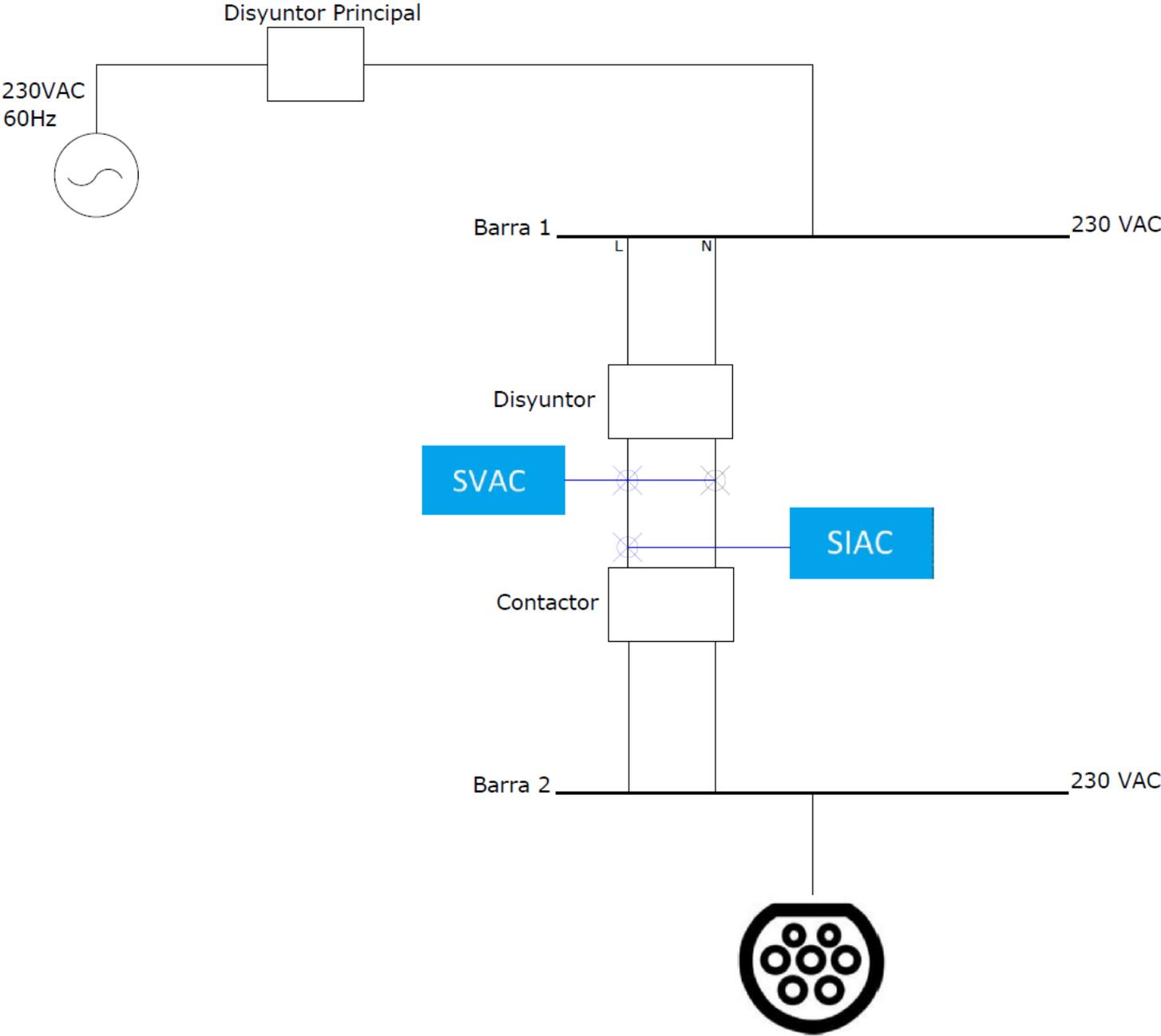


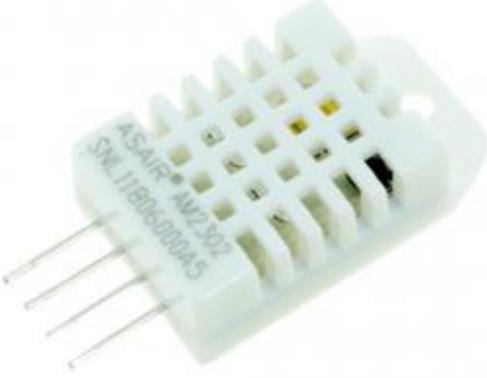
Ilustración 27. Diagrama de ubicación de los sensores de la estación de carga semirrápida

### 12.2.7 Sensor de temperatura y humedad DHT22

La temperatura de trabajo de la estación de carga rápida y semirrápida no puede superar un valor mayor que 45 °C, mientras que la humedad relativa no puede superar un valor mayor que 95 % sin condensación.

Por lo tanto, el sensor seleccionado consiste en un sensor de temperatura y humedad DHT22, el cual utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante. Se puede observar sus principales especificaciones en la Tabla 15:

**Tabla 15. Especificaciones del sensor de temperatura y humedad**

Características	Magnitud
Rango de entrada	0 a 100% de HR/-40°C a 80°C
Precisión	2% HR/0.5°C
Tiempo de sensado	2s
Voltaje de alimentación	5V
Ilustración	

Fuente: Elaboración propia con base en el fabricante.

### 12.2.8 Convertidor analógico-digital (ADS1115)

Según Mejor Software (s. f.): “Un convertidor analógico-digital es un dispositivo electrónico, donde la señal analógica suministrada se convierte en una señal digital que se produce en la salida” (s. p.).

Al usar estos tipos de convertidores analógicos-digitales se pueden conectar sensores analógicos a pines digitales de la placa Arduino y así utilizar menos placas de Arduino, lo que disminuye el costo de implementación y de cableado. Esto también provoca una reducción en el tamaño de la programación.

Por lo tanto, se utilizó el convertidor analógico ADS1115 (Ilustración 28), el cual posee 4 canales de 16 bits y tiene una precisión entre 0.01 %-0.15 %, lo que lo hace muy preciso. Es importante destacar que se necesitarán 4 para la estación de carga rápida y 1 para la estación de carga semirrápida.

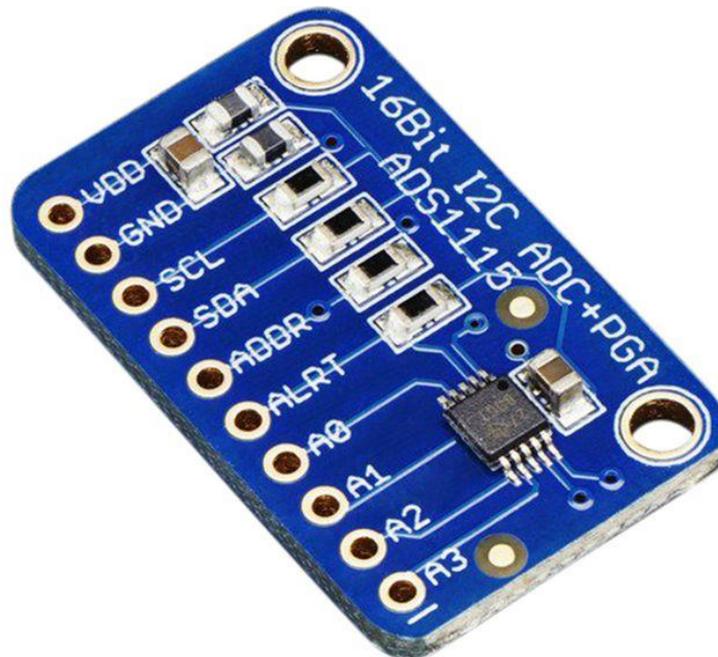


Ilustración 28. Convertidor analógico-digital ADS1115

Fuente: Amazon (2022).

### 12.3 Diagramas de conexión de los sistemas de monitoreo de las estaciones

En la Ilustración 29 se puede observar el diagrama de conexión para el sistema de monitoreo de la estación de carga rápida. Este cuenta con todos los elementos mostrados junto con su forma de conexión con el Arduino, el módulo SIM900 y la fuente de 12/24 V.

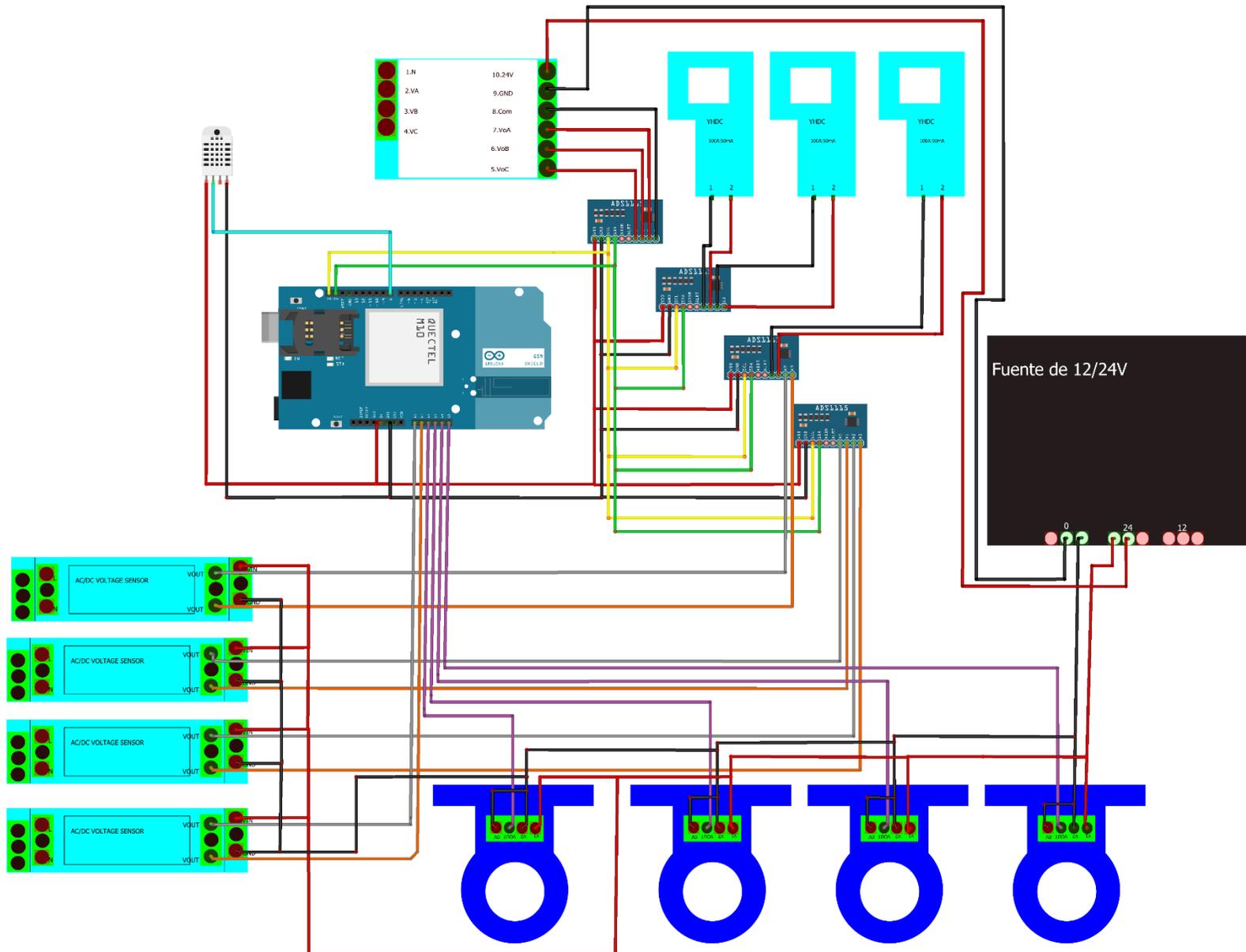
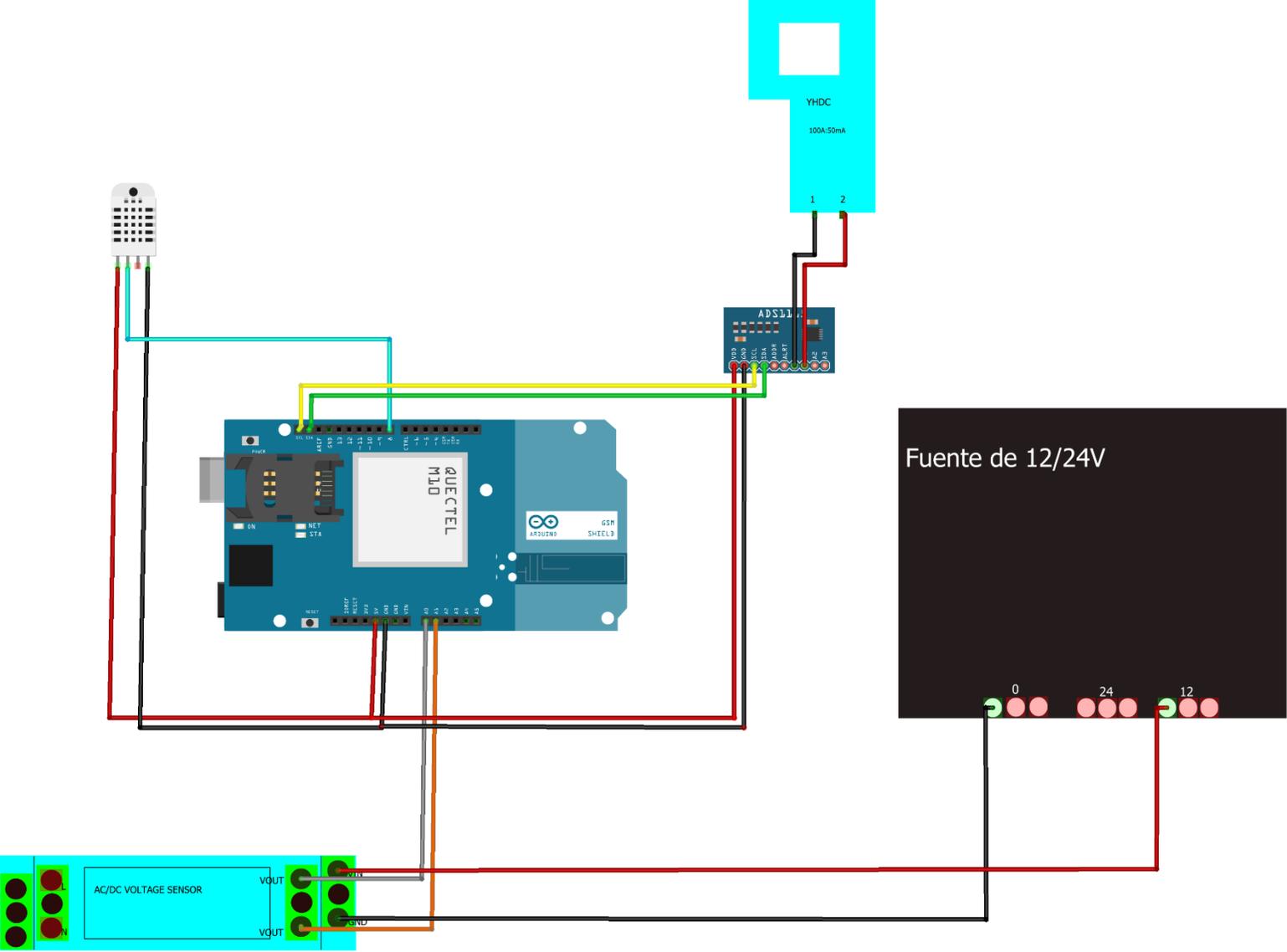


Ilustración 29. Diagrama de conexión del circuito de monitoreo de la estación de carga rápida

fritzing

En la Ilustración 30 se puede observar el diagrama de conexión para el sistema de monitoreo de la estación de carga semirrápida. Este cuenta con todos los elementos mostrados junto con su forma de conexión con el Arduino, el módulo SIM900 y la fuente de 12/24 V.



fritzing

Ilustración 30. Diagrama de conexión del circuito de monitoreo de la estación de carga semirrápida

#### 12.4 Estructura del sistema de monitoreo

Para el desarrollo del sistema de monitoreo, primero se procede con la compra e instalación de los sensores seleccionados (sección 12.2) para la adquisición de los datos relevantes para el monitoreo de las estaciones de carga rápida y semirrápidas. Estos sensores se deben conectar de una manera adecuada (sección 12.3) al módulo seleccionado de Arduino, para ser capaz de recibir las señales de los sensores y poder enviarlas por medio del módulo sim900 a un servidor de datos en tiempo real. Lo anterior ya que, actualmente, las estaciones de carga están ubicadas lejos de las oficinas de Jasec y no cuentan con servicio de Internet por el momento.

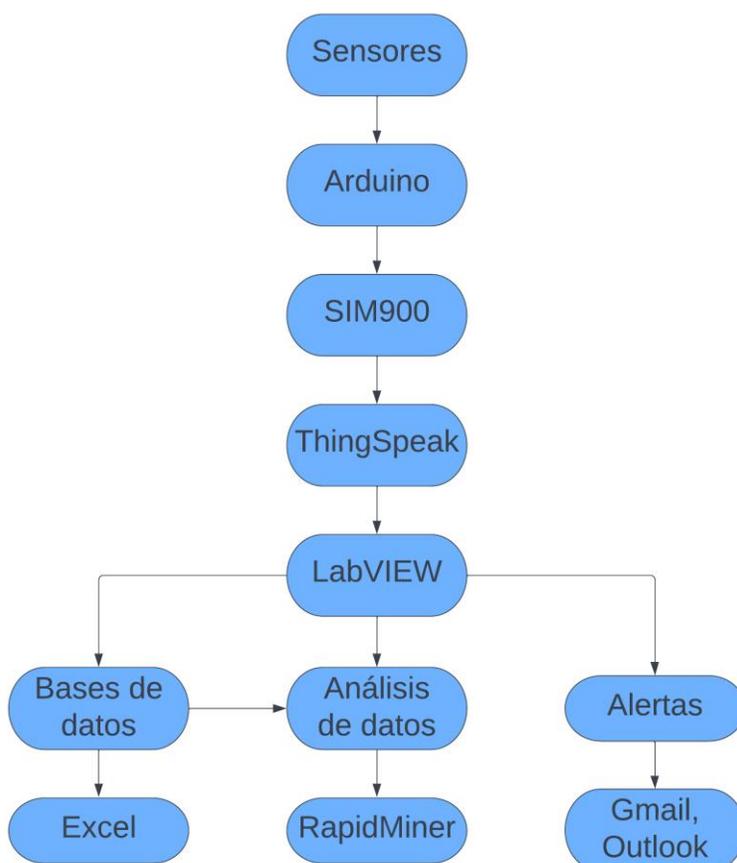
El servidor seleccionado para este proyecto es el de ThingSpeak, ya que permite 1 mes de uso gratuito, su anualidad es barata y cumple con los requisitos para obtener los datos en tiempo real. Además de ser capaz de comunicarse con el *software* de LabVIEW para utilizar los datos que se obtienen.

Como se mencionó, se decidió utilizar el *software* LabVIEW para el desarrollo de la interfaz de usuario del sistema de monitoreo de las estaciones. Esto ya que dispone de un entorno de programación gráfico, el cual facilita su desarrollo y entendimiento de la programación.

Cuando los datos de las estaciones pasan por todo este recorrido y son capaces de llegar a LabVIEW, es cuando el sistema de monitoreo inicia sus funciones. Estas labores consisten en que los técnicos y operarios tengan a disposición los parámetros en tiempo real de las estaciones de carga, a la vez, de un sistema de alertas sobre anomalías en los datos que se obtienen.

Además, es importante destacar que todos los datos que se obtienen se ingresan en una base de datos de manera automática, lo que permite un análisis de comportamiento de las estaciones en el futuro. Para este proceso de análisis en el futuro se utiliza el *software* de RapidMiner, el cual se conectará con la base de datos realizada con el *software* Microsoft Excel.

Cabe destacar que todas las alertas que ocurran por cualquier anomalía en las estaciones de carga son notificadas de manera inmediata por el sistema de monitoreo vía correo electrónico a los técnicos a cargo, con el fin de mantener un control más riguroso y seguro de las estaciones. A continuación, se muestra un esquema de la estructura del sistema (Ilustración 31).



**Ilustración 31. Estructura del sistema de monitoreo**

#### 12.4.1 Prototipo realizado para el proyecto

Es importante mencionar que para este proyecto se llevó a cabo un prototipo, en donde los sensores se simularon utilizando potenciómetros. Esto se debe a la falta de presupuesto de la empresa Jasec, el cual se puede observar en la Ilustración 32.

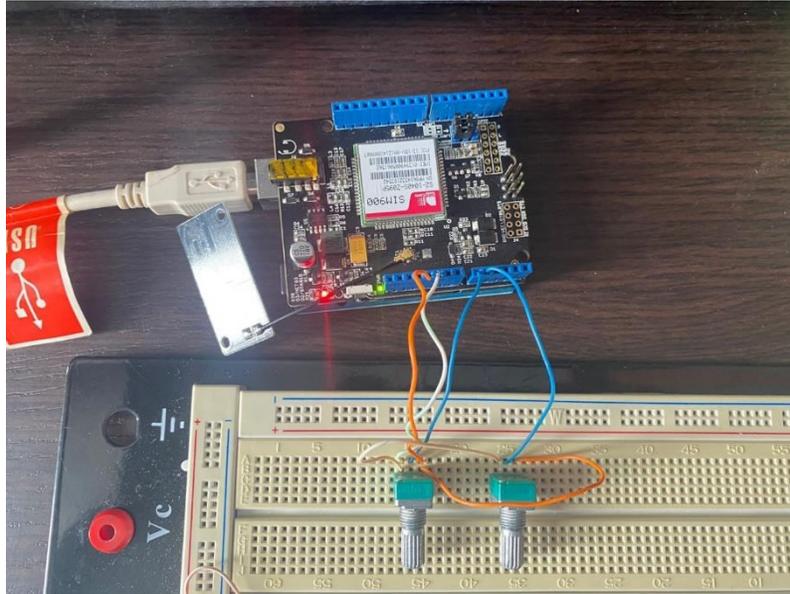


Ilustración 32. Prototipo para el sistema de monitoreo de las estaciones de carga

El prototipo realizado cuenta con los siguientes componentes:

- Un Arduino UNO
- Un módulo SIM900 GSM/GPRS
- Dos potenciómetros, los cuales simulan los sensores de temperatura y voltaje
- Una protoboard
- Cables de conexión

Con este prototipo se pudo simular con éxito el recibimiento de los datos de los potenciómetros por parte del Arduino, la conexión correcta a Internet con el módulo SIM900, el envío de los datos en tiempo real al servidor de ThingSpeak, la lectura de estos datos por parte de LabVIEW para poder mostrarlos en una interfaz de usuario y activar alarmas si ocurre una eventual irregularidad.

## 12.4.2 Programación de Arduino y el módulo SIM900

Es importante destacar que se deben instalar todas las librerías necesarias para conectar el módulo SIM900 (librería GSM) y los sensores (librería DHT sensor para el sensor de temperatura y humedad) al Arduino UNO.

Posteriormente, se procede a configurar los pines seriales del Arduino según la ubicación de cada sensor en la sección 12.3. Después de esta configuración se procede a inicializar el módulo SIM900, lo cual se hace por medio del pin 9 de las entradas digitales del módulo. Inicializado el módulo, se programan los sensores por utilizar, por medio del comando *void* y el nombre de la función del sensor (Ilustración 33).



```
final Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

final
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
SoftwareSerial Sim900Serial(7, 8);//Configuración de los pines serial por software
int potPin = 0;
int temperatura = 0;
int potPin1 = 1;
int voltaje = 0;
String request_url = "";

void setup()
{
  Sim900Serial.begin(19200);//Arduino se comunica con el SIM900 a una velocidad de 19200bps
  Serial.begin(19200);//Velocidad del puerto serial de arduino
  //Encendido del módulo por software
  digitalWrite(9, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(9, LOW);
  delay(20000);//Tiempo prudencial para el escudo inicie sesión de red con tu operador
}

void grados() {//Función para la lectura del sensor de temperatura
  temperatura=(analogRead(potPin))/20;/// getTempCByIndex(0) se refiere al primer
  //sensor si es que tubieramos más de uno conectado en el cable
  Serial.print("La temperatura es: ");
  Serial.print(temperatura);//Imprime la temperatura
  Serial.println(" Grados centigrados");
  delay(20);
}

void voltios() {//Función para la lectura del sensor de voltaje
  voltaje=(analogRead(potPin1))/20;/// getTempCByIndex(0) se refiere al primer
  //sensor si es que tubieramos más de uno conectado en el cable
  Serial.print("El voltaje es: ");
  Serial.print(voltaje);//Imprime el voltaje
  Serial.println(" Voltios");
  delay(20);
}
```

Ilustración 33. Programación inicial en Arduino

Después se programaron los comandos AT (Ilustración 34), los cuales permiten al módulo SIM900 conectarse a la red de telefonía, en este caso a la de kölbi ICE y mandar los datos por Internet al servidor de datos en tiempo real ThingSpeak. Para esto, primero se consulta la conexión de la red y se configura el APN de la telefonía, con el fin de obtener una IP única de la red y así enviar los datos de los sensores por Internet, en donde se reciben por la página de ThingSpeak gracias a la *key* dado por este servidor.

```

void loop(){
comandosAT();//Llama a la función comandosAT
if(Sim900Serial.available())//Verificamos si hay datos disponibles desde el SIM900
Serial.write(Sim900Serial.read());//Escribir datos
}
void comandosAT(){

Sim900Serial.println("AT+CIPSTATUS");//Consultar el estado actual de la conexión
delay(2000);
Sim900Serial.println("AT+CIPMUX=0");//comando configura el dispositivo para una conexión IP única o múltiple 0=única
delay(3000);
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println("AT+CSTT=\"kolbi4g\",\"\","\"");//comando configura el APN, nombre de usuario y contraseña.
delay(1000);
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println("AT+CIICR");//REALIZAR UNA CONEXIÓN INALÁMBRICA CON GPRS O CSD
delay(3000);
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println("AT+CIFSR");// Obtenemos nuestra IP local
delay(2000);
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println("AT+CIPSPRT=0");//Establece un indicador '>' al enviar datos
grados();
voltios();
delay(6000);
request_url += "sfield1=";
request_url += temperatura;
request_url += "sfield2=";
request_url += voltaje;
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", \"80\")");//Indicamos el tipo de conexión, url o dirección IP y puerto al que realizamos la conexión
delay(3000);
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println("AT+CIPSEND");//ENVÍA DATOS A TRAVÉS DE una CONEXIÓN TCP O UDP
delay(4000);
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println("GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=84C53WG49TPI1FCP" + request_url);
delay(4000);
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println((char)26);
delay(5000);//Ahora esperaremos una respuesta pero esto va a depender de las condiciones de la red y este valor quizá debamos modificarlo dependiendo de las condiciones de la red
Sim900Serial.println();
mostrarDatosSeriales();
Sim900Serial.println("AT+CIPSHUT");//Cierra la conexión(Desactiva el contexto GPRS PDP)
delay(5000);
mostrarDatosSeriales();
}
void mostrarDatosSeriales(){//Muestra los datos que va entregando el sim900
{
while(Sim900Serial.available()!=0)
Serial.write(Sim900Serial.read());
}
}

```

**Ilustración 34. Programación de comandos AT en Arduino**

### 12.4.3 Servidor de datos en tiempo real ThingSpeak

La configuración de un canal para recibir datos en tiempo real en ThingSpeak es bastante sencilla, ya que solo se debe seleccionar la opción de *New Channel*, para posteriormente, crearle un nombre al canal y sus entradas de datos como se muestra en la Ilustración 35. Es importante no olvidar guardar los cambios realizados en la parte posterior de la página. Al finalizar estos dos simples pasos, ya se tiene listo el canal para recibir y mandar los datos de las estaciones en tiempo real.

The screenshot shows the ThingSpeak interface. At the top, there's a navigation bar with 'Channels', 'Apps', 'Devices', and 'Support'. Below it, a green notification says 'Signed in successfully.' The main area is titled 'My Channels' and includes a 'New Channel' button and a search bar. A table lists two channels:

Name	Created	Updated
Estación de carga rapida	2022-08-31	2022-09-01 17:20
Estación de carga rapida 1	2022-09-01	2022-09-02 19:40

Below the table are four preview charts for 'Estación de carga rapida 1':

- Field 1 Chart: Temperatura (°C) showing a constant value of 13.
- Field 2 Chart: Humedad (%HR) showing a constant value of 23.
- Field 3 Chart: VA (V) showing a constant value of 0.
- Field 4 Chart: VB (V) showing a constant value of 0.

The right side shows the 'Channel Settings' form:

- Percentage complete: 30%
- Channel ID: 1847749
- Name: Estación de carga rapida 1
- Description: (empty)
- Field 1: Temperatura (°C) [checked]
- Field 2: Humedad (%HR) [checked]
- Field 3: VA (V) [checked]
- Field 4: VB (V) [checked]
- Field 5: VC (V) [checked]
- Field 6: IA (A) [checked]
- Field 7: IB (A) [checked]
- Field 8: IC (A) [checked]
- Metadata: (empty)
- Tags: (empty)

Ilustración 35. Configuración de un canal en ThingSpeak

Fuente: ThingSpeak (2022).

Además, es importante destacar que en el apartado de *API Keys* del canal creado (Ilustración 36), se puede obtener la *Write API Key*, la cual lo utiliza el Arduino como se mostró en la programación anterior (Ilustración 34) para mandar los datos de los sensores al servidor de ThingSpeak. La *Read API Keys* la usa el *software* LabVIEW para recibir los datos desde ThingSpeak y poder utilizarlos para la interfaz de muestreo de datos.

Private View Public View Channel Settings Sharing **API Keys** Data Import / Export

### Write API Key

Key: 84C53WG49TPI1FCP

Generate New Write API Key

### Read API Keys

Key: OF03LJ8L5M9NX3ZE

Note:

Save Note Delete API Key

Add New Read API Key

### Help

API keys enable you to write data to a channel or read data from a private channel. API keys are auto-generated when you create a new channel.

#### API Keys Settings

- **Write API Key:** Use this key to write data to a channel. If you feel your key has been compromised, click **Generate New Write API Key**.
- **Read API Keys:** Use this key to allow other people to view your private channel feeds and charts. Click **Generate New Read API Key** to generate an additional read key for the channel.
- **Note:** Use this field to enter information about channel read keys. For example, add notes to keep track of users with access to your channel.

#### API Requests

##### Write a Channel Feed

```
GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=84C53WG49TPI1FCP&field=
```

##### Read a Channel Feed

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/1847749/feeds.json?api_key=C
```

##### Read a Channel Field

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/1847749/fields/1.json?api_ke
```

##### Read Channel Status Updates

```
GET https://api.thingspeak.com/channels/1847749/status.json?api_key=
```

[Learn More](#)

**Ilustración 36. API Keys**

**Fuente: ThingSpeak (2022).**

### 12.4.4 Programación en LabVIEW

Primero, en la Ilustración 37 se muestra la interfaz de usuario desarrollada para el sistema de monitoreo de la estación de carga rápida, debido a que esta posee más variables por monitorear, lo que la hace más compleja de programar que la estación de carga semirrápida. En esta interfaz los técnicos y encargados de las estaciones son capaces de observar los parámetros de voltaje y de corriente trifásica de alimentación, los valores de voltaje y de corriente directa de salida, las potencias, la temperatura y la humedad de las electrolinerías.

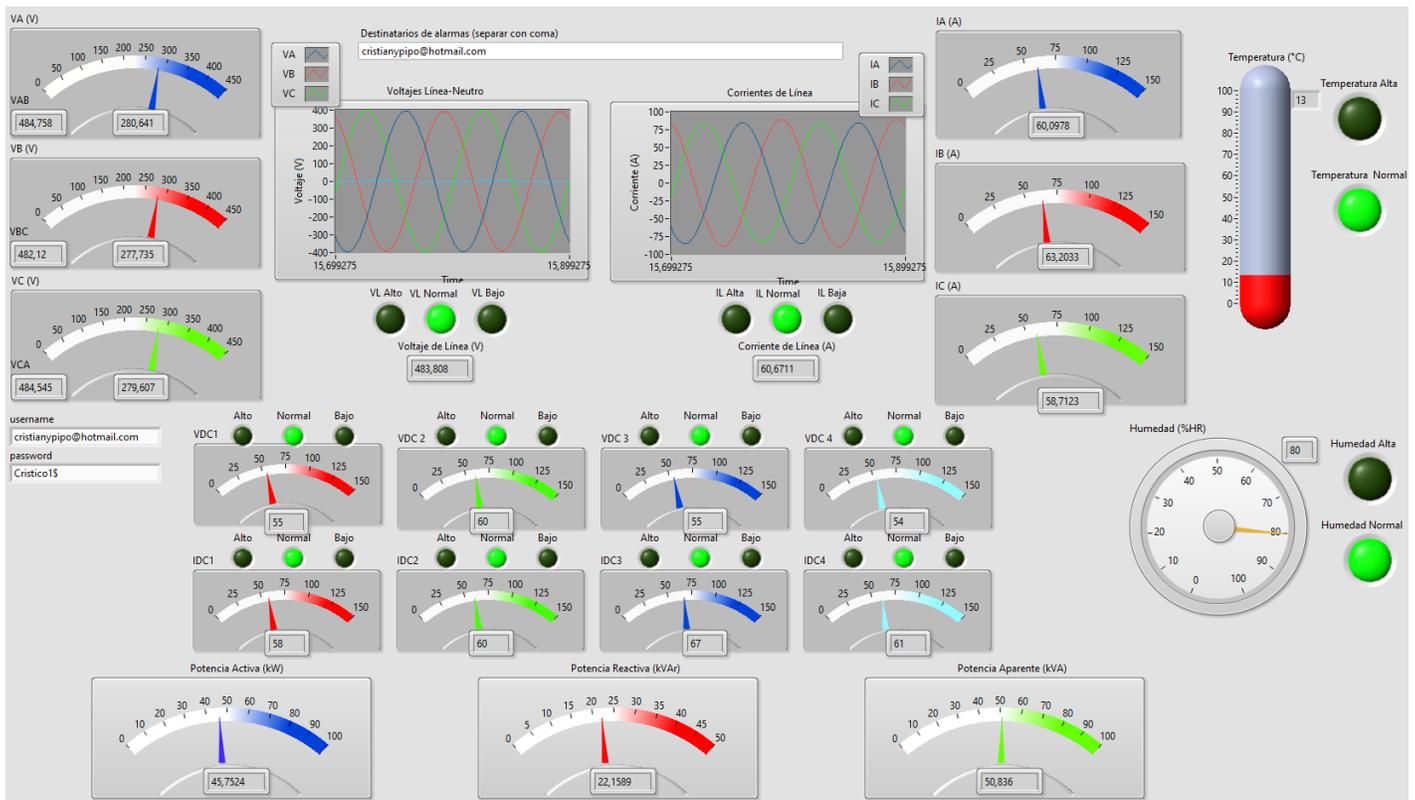
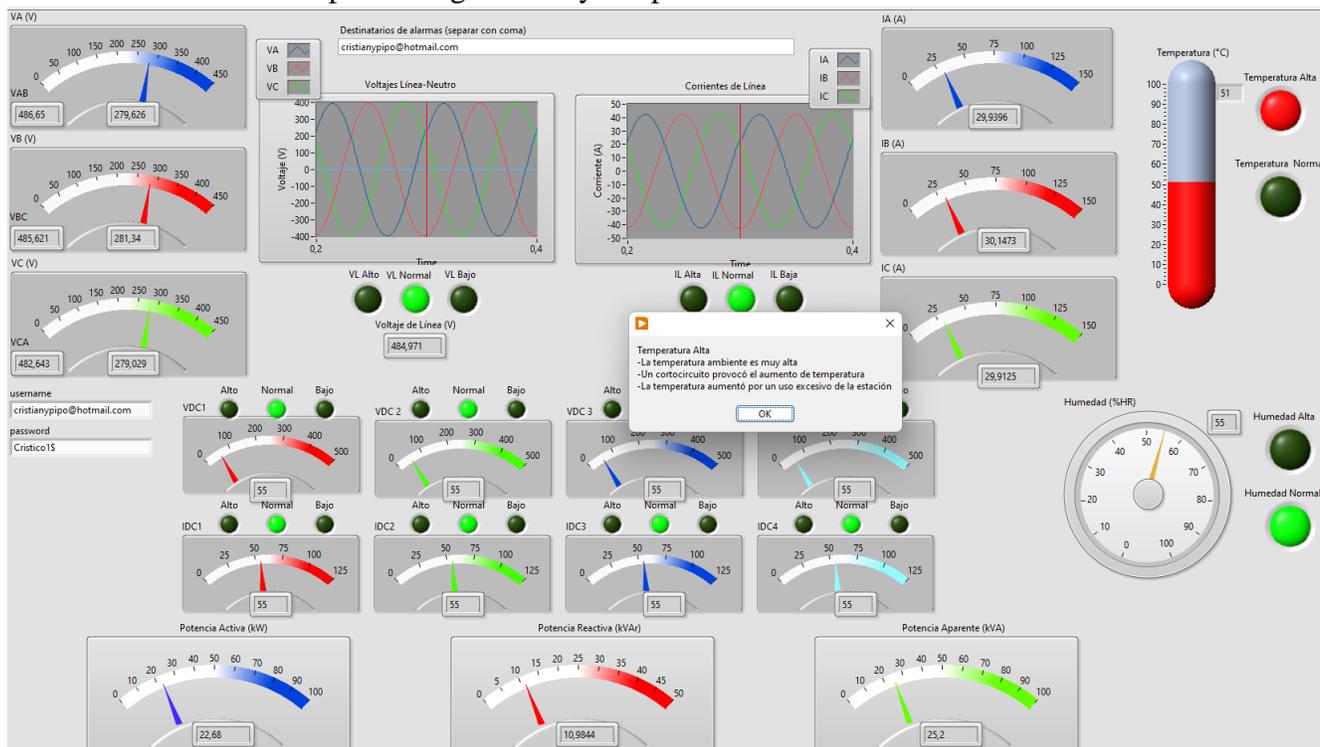


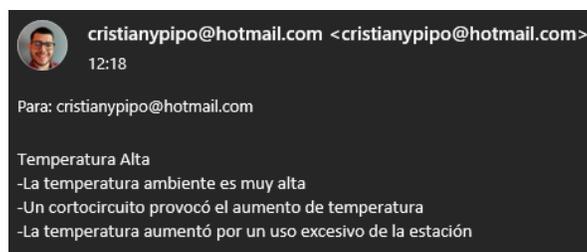
Ilustración 37. Interfaz del sistema de monitoreo de la estación de carga rápida

Asimismo, se llevó a cabo una simulación del programa para observar de una mejor manera los indicadores visuales y también se simuló que el valor de temperatura fuera mayor al rango permitido. Por lo tanto, se puede observar en la Ilustración 38 que aparece una alarma mencionando el tipo de irregularidad y sus posibles modos de fallas.



**Ilustración 38. Interfaz del Sistema de Monitoreo de la estación de carga rápida sistema de alarmas**

Además, como parte del sistema, en el momento de desplegarse la notificación de temperatura alta, el programa envía un correo electrónico a los destinatarios seleccionados (Ilustración 39). Esto con el fin de alertar las irregularidades y fallas del sistema en el momento que sucedan.

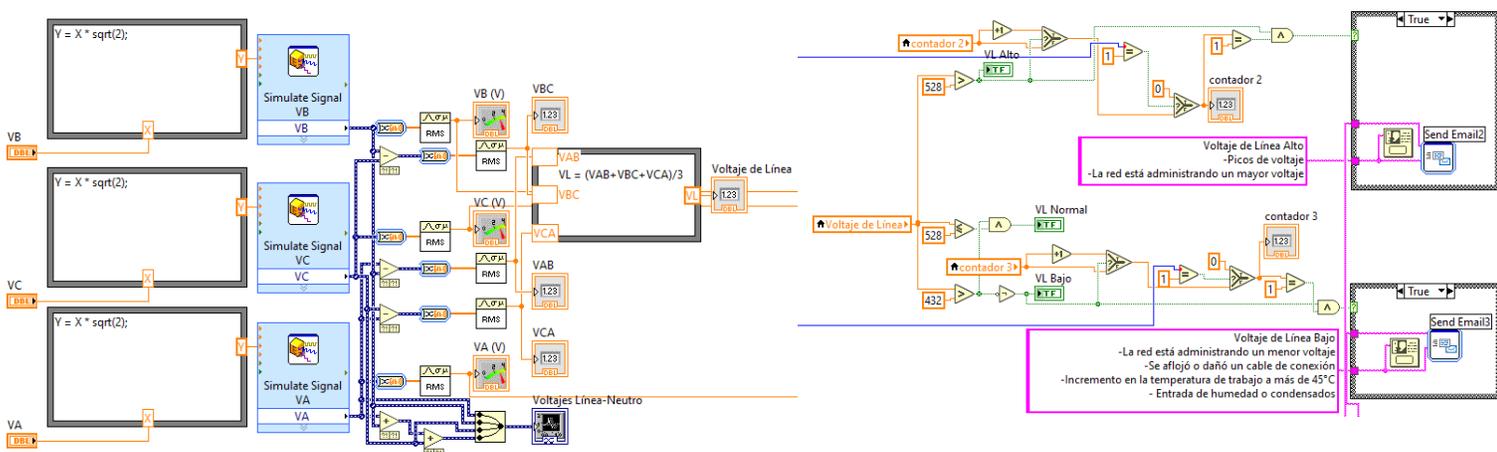


**Ilustración 39. Alarma enviada por correo electrónico**

Fuente: Outlook.

Con base en lo visto, se explica la programación realizada en el *software* LabVIEW para que este sistema de monitoreo funcione. Primero, se inició con la programación de los indicadores y graficadores de los voltajes trifásicos (Ilustración 40), en donde se puede observar que se toman los datos iniciales y se multiplican por raíz de 2, con el fin de obtener los valores picos y así ser capaces de simular las ondas senoidales del voltaje.

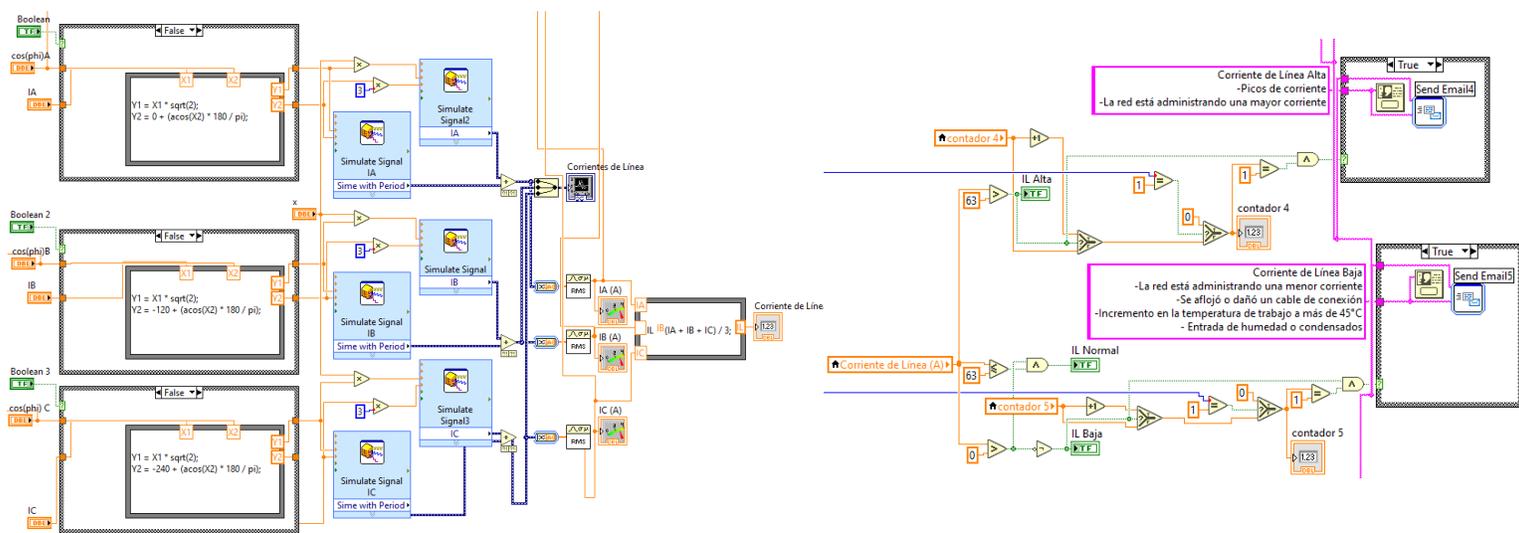
Posteriormente, se obtienen los valores RMS, los cuales se observan en los indicadores colocados en la interfaz de usuario, después se toman los voltajes entre líneas (VA-VB, VB-VC, VC-VA) y se les calcula su promedio para obtener el voltaje línea de la estación. Por último, se programó su sistema de alarma, el cual se accionará y mostrará las posibles causas de falla de la estación cuando el valor de voltaje de línea sea mayor que 528 V (voltaje de línea alto), es decir, menor que 432 V (voltaje de línea bajo).



**Ilustración 40. Programación de los parámetros de los voltajes trifásicos de alimentación**

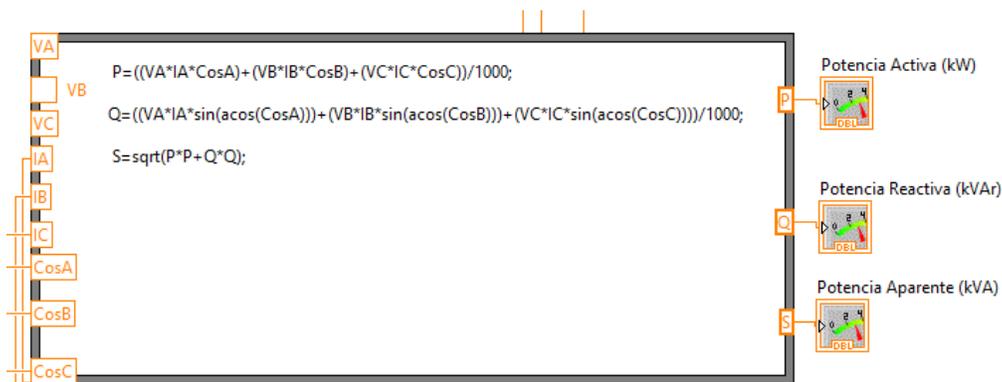
Después, se continuó con la programación de los indicadores y graficadores de las corrientes trifásicas (Ilustración 41), en donde se puede observar que se toman los datos iniciales y se multiplican por raíz de 2. Esto con el fin de obtener los valores picos y así ser capaces de simular las ondas senoidales de corriente y también se agrega el desfase que tiene cada onda trifásica.

Posteriormente, se obtienen los valores RMS, los cuales se observan en los indicadores colocados en la interfaz de usuario, después se toman los valores de corriente y se les calcula su promedio para obtener el voltaje línea de la estación. Por último, se programó su sistema de alarma, el cual se accionará y mostrará las posibles causas de fallas de la estación cuando el valor de corriente de línea sea mayor que 63 A (corriente de línea alta), es decir, menor que 0 A (corriente de línea baja).



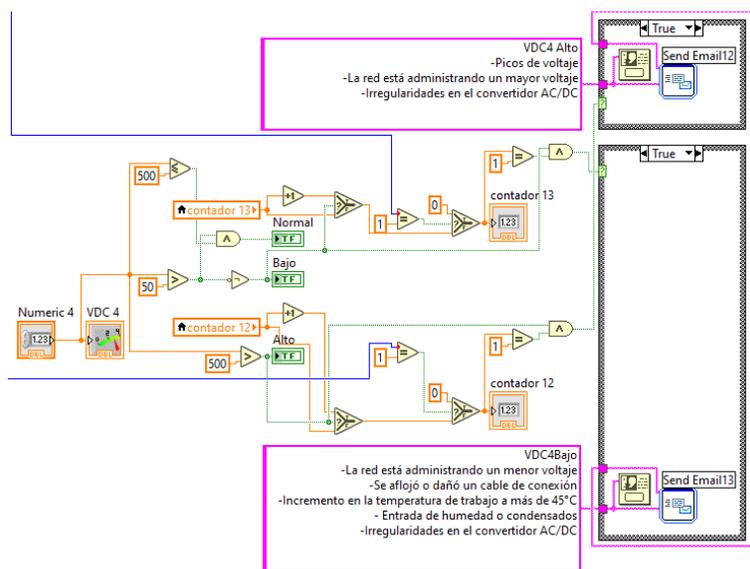
**Ilustración 41. Programación de los parámetros de corrientes trifásicas de alimentación**

Con los datos de voltaje, corriente y factor de potencia, se calcula la potencia activa (kW), reactiva (kVar) y aparente (kVA), como se muestra en la Ilustración 42. Esto con el fin de mostrar estos datos tan importantes al encargado de las estaciones y para mantener un registro.



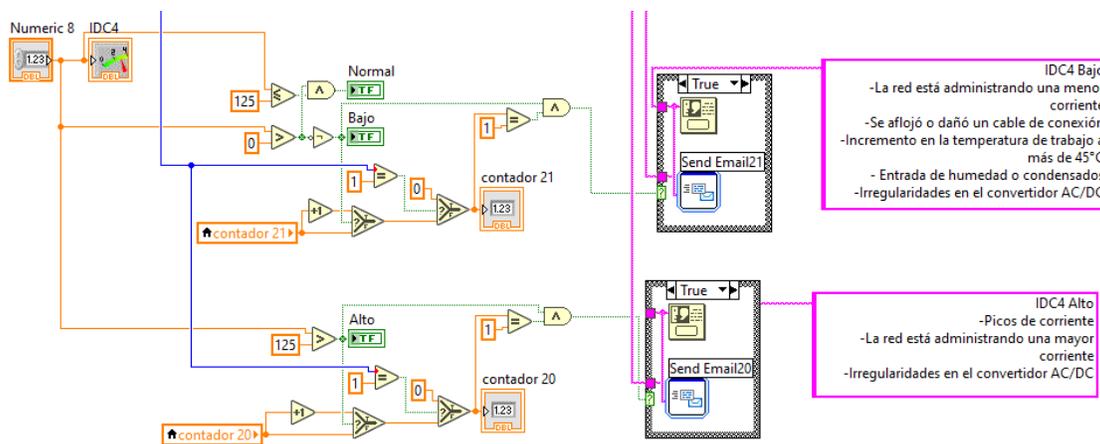
**Ilustración 42. Programación de las potencias de la estación**

Posteriormente, se realiza la programación de los indicadores de voltaje DC (Ilustración 43), a los cuales se les llevó a cabo un sistema de alarma, el cual se accionará y mostrará las posibles causas de fallas de la estación cuando el voltaje sea mayor que 500 V (VDC Alto) o menos a 50 V (VDC Bajo) (Nota: para cada dato de voltaje DC se realizó la misma programación).



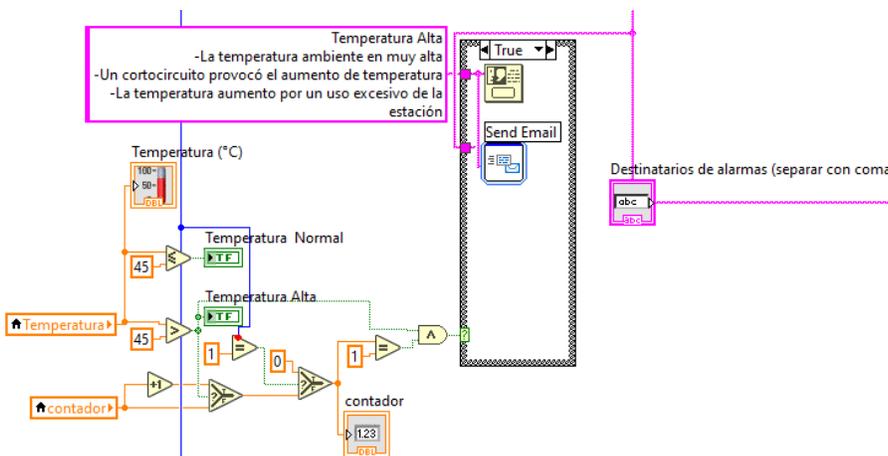
**Ilustración 43. Programación de los parámetros de los voltajes DC de salida**

Después, se realiza la programación de los indicadores de corriente DC (Ilustración 44), a los cuales se les llevó a cabo un sistema de alarma, el cual se accionará y mostrará las posibles causas de fallas de la estación cuando el voltaje sea mayor que 125 A (IDC Alto) o menos a 0 A (IDC Bajo) (Nota: para cada dato de corriente DC se realizó la misma programación).



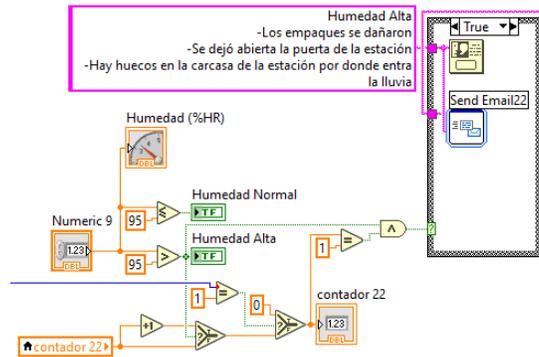
**Ilustración 44. Programación de los parámetros de las corrientes DC de salida**

Posteriormente, se realizó la programación de los indicadores de temperatura (Ilustración 45), en donde se puede ver que su sistema de alarma se activará y mostrará sus posibles causas de fallas cuando la temperatura de trabajo llegue a más de 45 °C (temperatura alta).



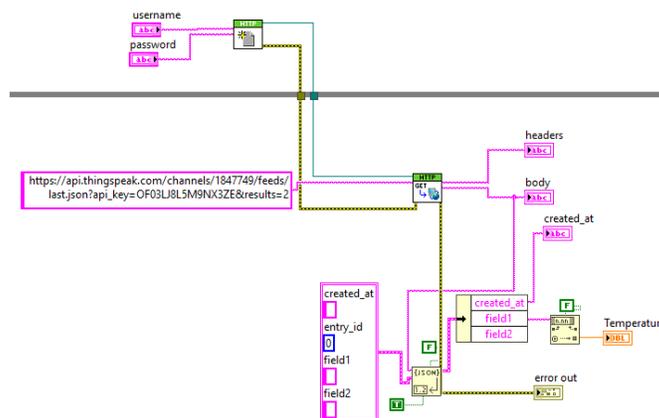
**Ilustración 45. Programación del indicador de temperatura máxima de trabajo**

Posteriormente, se realizó la programación de los indicadores de humedad (Ilustración 46), en donde se puede ver que su sistema de alarma se activará y mostrará sus posibles causas de fallas cuando la humedad relativa alcance valores del 95 % (humedad alta).



**Ilustración 46. Programación del indicador de humedad relativa**

Además, en la Ilustración 47 se puede observar la programación realizada para obtener los datos desde el servidor de ThingSpeak, en donde el primer bloque *HTTP* tiene la función de ingresar a la página de ThingSpeak, por medio del usuario y contraseña brindada, el segundo bloque *GET* obtiene los datos de los sensores gracias a la *KEY* de lectura que se muestra (Ilustración 36). Por último, se lleva a cabo un filtro en donde solo se toman los datos deseados de la página, en este caso los de campo 1, los cuales eran los datos de temperatura.



**Ilustración 47. Programación para recibir los datos desde ThingSpeak**

Por último, como parte fundamental del sistema de monitoreo, los datos que se obtienen se deben almacenar en una base de datos para su análisis. Por lo tanto, en la Ilustración 48 se puede ver la programación realizada para guardar al instante la información que se obtiene en una hoja de Microsoft Excel.

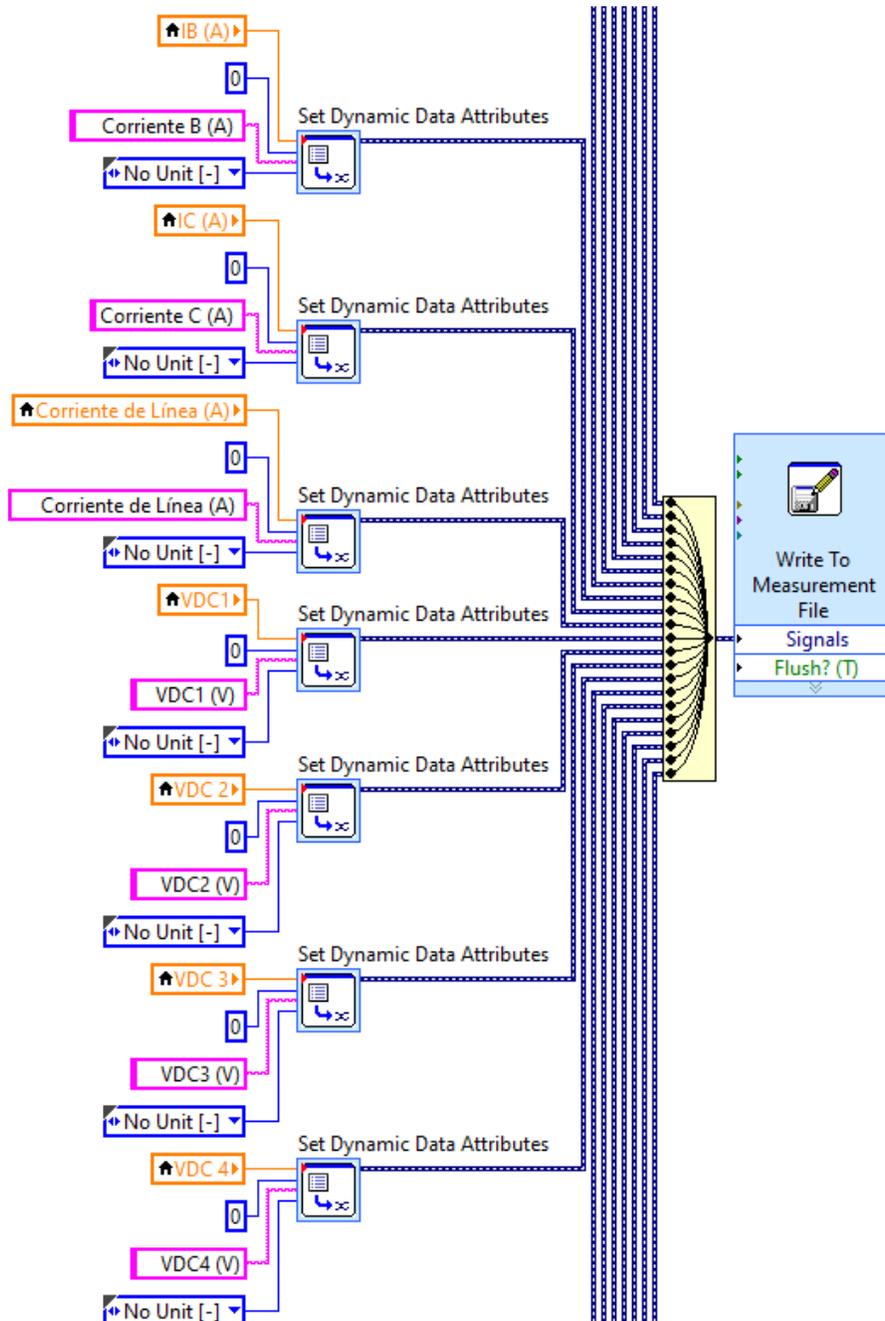


Ilustración 48. Programación para el almacenaje de datos en Microsoft Excel

En la Ilustración 49 se puede observar la base de datos que se lleva a cabo, de forma automática, en el *software* Microsoft Excel.

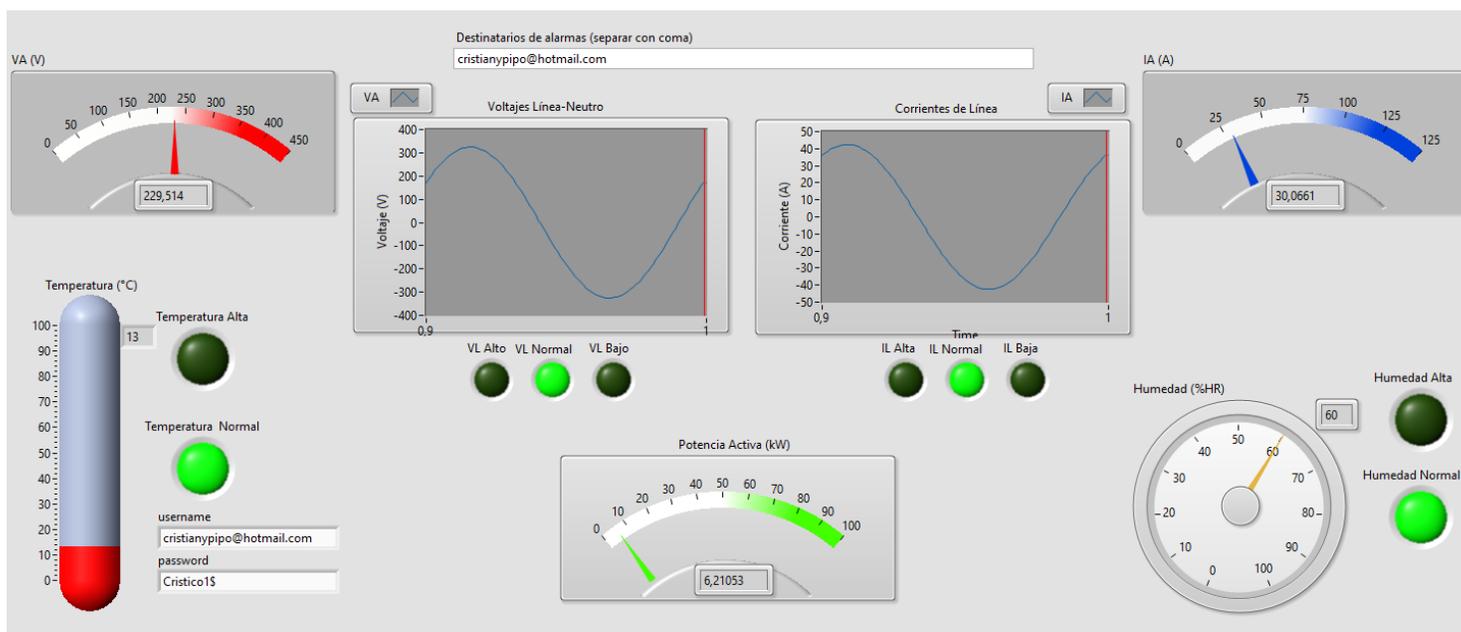
Este divide por columna los datos y siempre digita el momento exacto en el cual se registraron.

Time	Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Voltaje Fase A (V)	Voltaje Fase B (V)	Voltaje Fase C (V)	Voltaje de Línea (V)	Corriente A (A)	Corriente B (A)	Corriente C (A)	Corriente de Línea (A)	VDC1 (V)	VDC2 (V)	VDC3 (V)	VDC4 (V)	IDC1 (A)	IDC2 (A)	IDC3 (A)	IDC4 (A)	Potencia Activa (kW)	Potencia Reactiva (kVar)	Potencia Aparente (kVA)
20/9/2022 10:53:27,847	13	80	280,315504	277,998429	279,665349	483,805315	60,025097	63,255438	58,735016	60,67185	55	60	55	54	58	60	67	61	45,753324	22,159346	50,837027
20/9/2022 10:53:28,848	13	80	279,305306	278,367927	280,304342	483,803797	59,815409	63,307825	58,892152	60,671795	55	60	55	54	58	60	67	61	45,75362	22,159489	50,837355
20/9/2022 10:53:29,849	13	80	279,461522	278,357275	280,158374	483,803449	59,846144	63,311054	58,858905	60,672034	55	60	55	54	58	60	67	61	45,753842	22,159597	50,837602
20/9/2022 10:53:30,849	13	80	279,626147	278,325267	280,025628	483,803342	59,879291	63,30939	58,827869	60,672183	55	60	55	54	58	60	67	61	45,753956	22,159652	50,837729
20/9/2022 10:53:31,850	13	80	279,796571	278,272402	279,90822	483,80348	59,914324	63,302857	58,799537	60,67224	55	60	55	54	58	60	67	61	45,753961	22,159655	50,837734
20/9/2022 10:53:32,850	13	80	279,970098	278,199502	279,808021	483,803859	59,950688	63,291559	58,774359	60,672202	55	60	55	54	58	60	67	61	45,753856	22,159604	50,837617
20/9/2022 10:53:33,850	13	80	280,14399	278,107701	279,726631	483,804474	59,987808	63,27567	58,752737	60,672072	55	60	55	54	58	60	67	61	45,753642	22,1595	50,83738
20/9/2022 10:53:34,850	13	80	280,315504	277,998429	279,665349	483,805315	60,025097	63,255438	58,735016	60,67185	55	60	55	54	58	60	67	61	45,753324	22,159346	50,837027
20/9/2022 10:53:35,852	13	80	280,481944	277,87339	279,625156	483,806367	60,061967	63,231177	58,72148	60,671542	55	60	55	54	58	60	67	61	45,752906	22,159144	50,836562
20/9/2022 10:53:36,851	13	80	280,640696	277,734536	279,606695	483,807616	60,097839	63,203267	58,712344	60,67115	55	60	55	54	58	60	67	61	45,752394	22,158896	50,835994
20/9/2022 10:53:37,851	13	80	280,789271	277,584037	279,610262	483,80904	60,132148	63,172142	58,707754	60,670682	55	60	55	54	58	60	67	61	45,751798	22,158607	50,835331
20/9/2022 10:53:38,852	13	80	280,925344	277,424251	279,635799	483,810618	60,164357	63,13829	58,707785	60,670144	55	60	55	54	58	60	67	61	45,751126	22,158281	50,834584
20/9/2022 10:53:39,852	13	80	281,046788	277,257683	279,682897	483,812326	60,193962	63,10224	58,712436	60,669546	55	60	55	54	58	60	67	61	45,750388	22,157924	50,833765
20/9/2022 10:53:40,854	13	80	281,151709	277,086951	279,750804	483,814136	60,2205	63,064557	58,721631	60,668896	55	60	55	54	58	60	67	61	45,749597	22,157541	50,832886
20/9/2022 10:53:41,854	13	80	281,238471	276,914742	279,838433	483,81602	60,243556	63,025833	58,735225	60,668205	55	60	55	54	58	60	67	61	45,748765	22,157138	50,831961
20/9/2022 10:53:42,855	13	80	281,305723	276,743771	279,944385	483,81795	60,262772	62,986678	58,753	60,667483	55	60	55	54	58	60	67	61	45,747905	22,156722	50,831006
20/9/2022 10:53:43,856	13	80	281,352419	276,57674	280,066969	483,819894	60,277847	62,947709	58,774671	60,666742	55	60	55	54	58	60	67	61	45,747031	22,156298	50,830034
20/9/2022 10:53:44,857	13	80	281,377832	276,416291	280,204232	483,821822	60,288548	62,909541	58,799894	60,665994	55	60	55	54	58	60	67	61	45,746156	22,155875	50,829062
20/9/2022 10:53:45,858	13	80	281,381569	276,26497	280,353988	483,823704	60,294709	62,872778	58,828265	60,665251	55	60	55	54	58	60	67	61	45,745294	22,155457	50,828105
20/9/2022 10:53:46,858	13	80	281,36357	276,12518	280,513859	483,825509	60,296232	62,838004	58,859334	60,664523	55	60	55	54	58	60	67	61	45,744459	22,155053	50,827177
20/9/2022 10:53:47,859	13	80	281,324116	275,999143	280,681308	483,82721	60,293095	62,80577	58,892606	60,663824	55	60	55	54	58	60	67	61	45,743665	22,154668	50,826294
20/9/2022 10:53:48,859	13	80	281,263819	275,888869	280,853682	483,828778	60,285346	62,776588	58,927554	60,663163	55	60	55	54	58	60	67	61	45,742922	22,154308	50,825469
20/9/2022 10:53:49,859	13	80	281,183618	275,796115	281,028258	483,830189	60,273107	62,750924	58,963623	60,662551	55	60	55	54	58	60	67	61	45,742244	22,15398	50,824716
20/9/2022 10:53:50,859	13	80	281,084762	275,722364	281,20228	483,83142	60,256566	62,729187	59,000244	60,661999	55	60	55	54	58	60	67	61	45,741641	22,153688	50,824045
20/9/2022 10:53:51,859	13	80	280,968789	275,668793	281,373007	483,83245	60,235982	62,711724	59,036838	60,661515	55	60	55	54	58	60	67	61	45,741122	22,153436	50,823469
20/9/2022 10:53:52,861	13	80	280,83751	275,636259	281,537755	483,833264	60,211675	62,698814	59,072829	60,661106	55	60	55	54	58	60	67	61	45,740696	22,15323	50,822995
20/9/2022 10:53:53,862	13	80	280,692975	275,625284	281,69394	483,833848	60,184025	62,690663	59,107652	60,66078	55	60	55	54	58	60	67	61	45,740369	22,153072	50,822632
20/9/2022 10:53:54,862	13	80	280,537444	275,636042	281,839113	483,834193	60,153463	62,687402	59,140758	60,660541	55	60	55	54	58	60	67	61	45,740146	22,152964	50,822385
20/9/2022 10:53:55,862	13	80	280,373355	275,668362	281,971005	483,834293	60,120467	62,689083	59,17163	60,660393	55	60	55	54	58	60	67	61	45,740032	22,152909	50,822258
20/9/2022 10:53:56,864	13	80	280,203282	275,721726	282,087554	483,834148	60,085554	62,69568	59,199784	60,660339	55	60	55	54	58	60	67	61	45,740027	22,152906	50,822253

**Ilustración 49. Datos almacenados en una hoja de Microsoft Excel**

Esta base de datos tiene como finalidad almacenar los registros de la estación de carga en tiempo real y así poder utilizarlos para realizar análisis del funcionamiento de la estación, registro de potencia y, por lo tanto, cálculo de costos e ingresos de la estación al día y hasta para predecir en el futuro si la estación pueda fallar en un cierto momento, por medio del *software* de RapidMiner.

Además, se desarrolló la interfaz de usuario para las estaciones de carga semirrápida, el cual se muestra en la Ilustración 50, con las diferencias que es más sencillo. Lo anterior ya que este tipo de estación no presenta salida de voltaje en DC, pero los indicadores de voltaje, corriente, humedad relativa, temperatura y potencia, tienen la misma programación que el de la estación de carga rápida. Con la diferencia que la alarma de voltaje se activa cuando el valor es mayor que 253 V (voltaje de línea alto) o menor que 207 V (voltaje de línea bajo), mientras que la alarma de corriente se activa cuando el valor es mayor que 32 A (corriente de línea alta) o menos a 0 A (corriente de línea baja).



**Ilustración 50. Interfaz del Sistema de Monitoreo de la estación de carga semirrápida**

### 12.4.5 Configuración del software RapidMiner

Primero, es importante recordar que para realizar este análisis de predicción de datos se utiliza la base de datos creada en Excel automáticamente por el programa LabVIEW, como el de la Ilustración 49. Por consiguiente, para iniciar el proceso de análisis en el programa RapidMiner, se empieza arrastrando a la interfaz principal el archivo de Microsoft Excel que posee la base de datos de la estación. Es relevante verificar que la tabla se haya insertado correctamente y revisar que todos los datos sean del tipo *real*, excepto los parámetros que se desean predecir, los cuales deben ser del tipo *Integer*, como se muestra en la Ilustración 51.

	Time date_time	Temperatu... real	Humedad_... real	VoltajeFas... real	VoltajeFas... real	VoltajeFas... real	Voltaje de Línea_V integer	Corrie real
1	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	279.305	276.358	269.332	476	29.906
2	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	279.462	276.347	269.191	476	29.923
3	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	279.626	276.316	269.064	476	29.940
4	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	279.797	276.263	268.951	476	29.957
5	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	279.970	276.191	268.855	476	29.975
6	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	280.144	276.100	268.776	476	29.994
7	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	280.316	275.991	268.718	476	30.013
8	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	280.482	275.867	268.679	476	30.031
9	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	280.641	275.729	268.661	476	30.049
10	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	280.789	275.580	268.665	476	30.066
11	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	280.925	275.421	268.689	476	30.082
12	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	281.047	275.256	268.734	476	30.097
13	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	281.152	275.086	268.800	476	30.110
14	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	281.238	274.915	268.884	476	30.122
15	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	281.306	274.746	268.986	476	30.131
16	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	281.352	274.580	269.103	476	30.139
17	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	281.378	274.421	269.235	476	30.144
18	Oct 4, 2022 8:59:...	51.000	55.000	281.382	274.270	269.379	476	30.147

Ilustración 51. Base de datos en RapidMiner

Posteriormente, se selecciona la opción de *AutoModel*, la cual clasificará los datos y permite utilizar la opción de *Predict*, la cual permite especificar la columna a la que se desea estimar los parámetros en el futuro. En este caso corresponde a la columna de voltaje de línea de la estación, como se muestra en la Ilustración 52.

Auto Model

Load Data   **Select Task**   Prepare Target   Select Inputs   Model Types   Results

⏪ RESTART   ⏪ BACK   NEXT ⏩

**Predict**  
Want to predict the values of a column?

**Clusters**  
Want to identify groups in your data?

**Outliers**  
Want to detect outliers in your data?

Time Date / Time	Temperatura... Number	Humedad_HR Number	VoltajeFaseA... Number	VoltajeFaseB... Number	VoltajeFaseC... Number	Voltaje de L... Number	CorrienteA_A Number	CorrienteB_A Number	CorrienteC_A Number	Corriente de L... Number	VDC1_V Number	VDC2_V Number	VDC3_V Number	VDC4_V Number	IDC1_A Number	IDC2_A Number
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	279.305	276.358	269.332	476	29.908	28.137	24.954	27.666	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	279.462	276.347	269.191	476	29.923	28.138	24.940	27.667	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	279.626	276.316	269.064	476	29.940	28.138	24.927	27.668	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	279.797	276.263	268.951	476	29.957	28.135	24.915	27.669	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	279.970	276.191	268.855	476	29.975	28.130	24.904	27.670	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	280.144	276.100	268.776	476	29.994	28.123	24.895	27.671	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	280.316	275.991	268.718	476	30.013	28.114	24.888	27.671	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	280.492	275.867	268.679	476	30.031	28.103	24.892	27.672	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	280.641	275.729	268.661	476	30.049	28.090	24.878	27.672	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	280.789	275.580	268.665	476	30.066	28.077	24.876	27.673	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	280.925	275.421	268.689	476	30.082	28.061	24.876	27.673	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	281.047	275.256	268.734	476	30.097	28.045	24.878	27.674	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	281.152	275.086	268.800	476	30.110	28.029	24.882	27.674	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	281.238	274.915	268.884	476	30.122	28.011	24.888	27.674	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	281.306	274.746	268.986	476	30.131	27.994	24.895	27.674	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	281.352	274.580	269.103	476	30.139	27.977	24.905	27.673	55	55	55	55	55	55
Oct 4, 2022 8:5...	51	55	281.378	274.421	269.235	476	30.144	27.960	24.915	27.673	55	55	55	55	55	55

294 rows - 22 columns (21 numerical, 1 date)

**Ilustración 52. Selección de tarea**

Después, el programa solicita las entradas que afecten en mayor medida las posibles predicciones de la columna por estimar, en este caso la de voltaje de línea. Por lo tanto, se seleccionaron las entradas de los voltajes de fase A, B y C, ya que estos valores son directamente proporcionales al voltaje de línea; la humedad, pues se simuló en este ejemplo que al aumentar la humedad también aumentaba el voltaje de línea de la estación. Por último, se seleccionó el tiempo, ya que es imprescindible para predecir en el futuro lo que pueda pasar con los datos. Esta selección de entradas se puede observar en la Ilustración 53.

Auto Model

Load Data Select Task Prepare Target **Select Inputs** Model Types Results

« RESTART < BACK **> NEXT**

Selected: 5 / Total: 21

● Deselect Red ● Deselect Yellow ✓ Select All ✗ Deselect All

Selected	Status ↑	Quality	Name	Correlation	ID-ness	Stability	Missing	Text-ness
<input type="checkbox"/>	●	Quality bar chart	Temperatura_C	?	?	100.00%	0.00%	0.00%
<input checked="" type="checkbox"/>	●	Quality bar chart	VoltajeFaseA_V	95.30%	?	0.68%	0.00%	0.00%
<input checked="" type="checkbox"/>	●	Quality bar chart	VoltajeFaseB_V	95.61%	?	0.68%	0.00%	0.00%
<input checked="" type="checkbox"/>	●	Quality bar chart	VoltajeFaseC_V	95.91%	?	0.68%	0.00%	0.00%
<input checked="" type="checkbox"/>	●	Quality bar chart	Time	64.61%	?	0.34%	0.00%	0.00%
<input checked="" type="checkbox"/>	●	Quality bar chart	Humedad_HR	80.12%	?	47.95%	0.00%	0.00%

**Ilustración 53. Selección de entradas**

Cargados los requerimientos anteriores, RapidMiner da la opción de seleccionar los modelos necesarios para realizar el análisis de predicción de datos. Como se muestra en la Ilustración 54, se cuenta con modelos con base en el aprendizaje profundo, modelos lineares generalizados, árbol de decisiones y hasta máquinas de vectores de soporte.

Load Data Select Task Prepare Target **Select Inputs** **Model Types** Results

« RESTART < BACK **> RUN**

### Models

- Generalized Linear Model
  - Use Regularization
  - Calculate p-Values
- Deep Learning
- Decision Tree
  - Automatically Optimize
  - Maximal Depth:
- Random Forest
  - Automatically Optimize
  - Number of Trees:  Maximal Depth:
- Gradient Boosted Trees
  - Automatically Optimize
  - Number of Trees:  Maximal Depth:  Learning Rate:
- Support Vector Machine
  - Automatically Optimize

### Data Preparation

- Remove Columns with Too Many Values
  - Maximum Number of Values:
- Extract Date Information
- Extract Text Information
  - Select Text Columns (0):
  - Number of Extracted Features:
- Automatic Feature Selection
  - Additional Minutes (Maximum):
  - Final Feature Set should be:
- Automatic Feature Generation
  - Function Complexity can be:

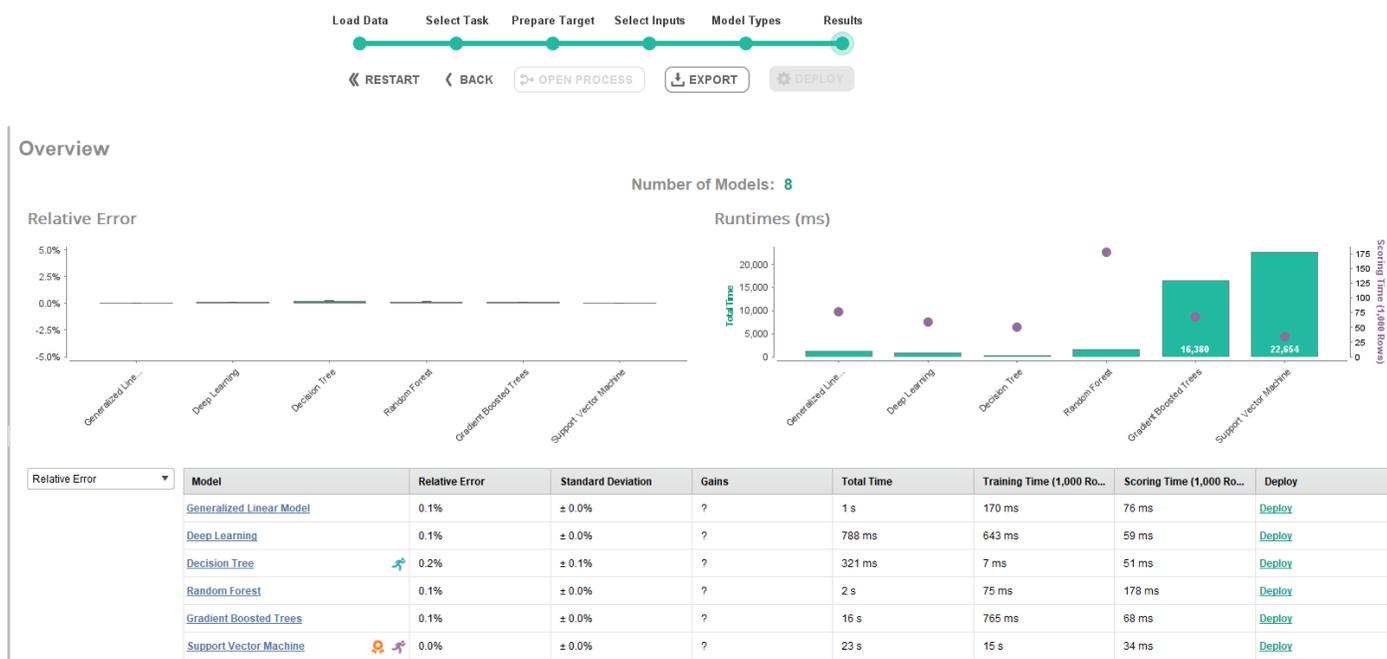
### Column Analysis

- Correlations between Columns
- Importance of Columns
- Explain Predictions

**Ilustración 54. Selección del modelo de análisis**

Al correr el programa, se compara los resultados por todos los modelos, como se observa en la Ilustración 55. Para la selección del mejor modelo por utilizar, el programa calcula el error relativo, la desviación estándar y el tiempo del proceso de cálculo asociado con cada modelo que se utiliza.

Por ende, al analizar la tabla resumen de la Ilustración 55, se observa que el modelo de *Support Vector Machine* es el óptimo, ya que el error relativo y su desviación estándar son un 0.0 %, lo cual significa que es el modelo más preciso. Sin embargo, la duración de su proceso fue la mayor, pero al ser solo 23s, se prefiere la precisión ante la velocidad.



**Ilustración 55. Comparación de los modelos usados**

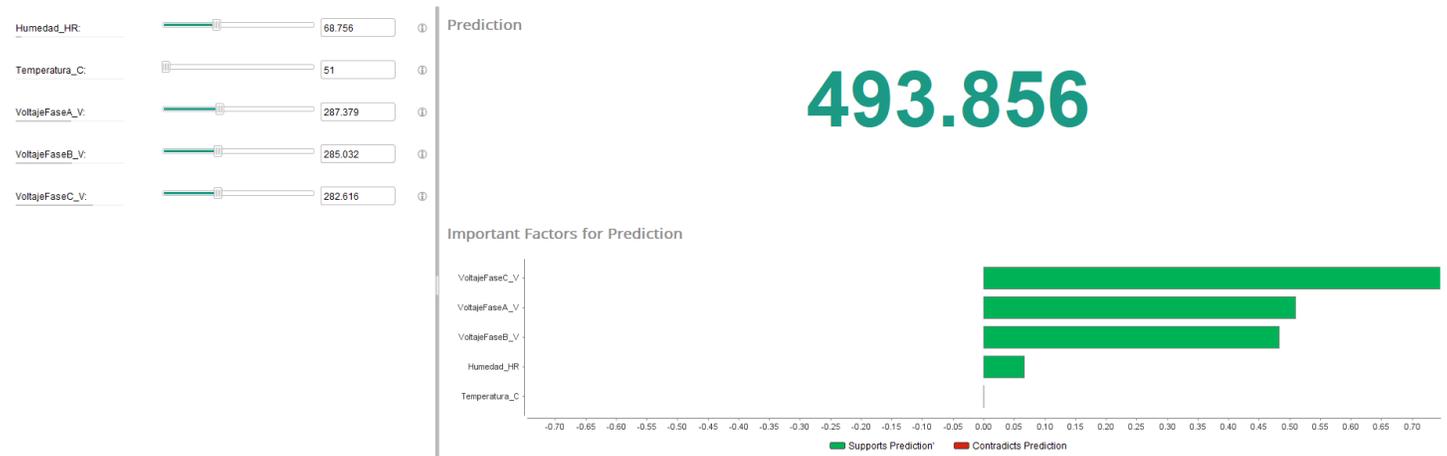
Por último, utilizando el modelo de *Support Vector Machine*, se genera la interfaz de predicción del voltaje de línea, el cual se puede observar en la Ilustración 56. Este permite variar las entradas que se seleccionaron y el programa calcula y predice los posibles valores que tiene el voltaje de línea en este caso. En este se puede ver que, al aumentar los voltajes de fase y la humedad, el voltaje de línea tenderá a subir.

# finalfinal: Simulator

[Back to Overview](#)

Change inputs to the model and see its predictions in real time.

DASHBOARD MODELS PERFORMANCE DRIFTS **SIMULATOR** SCORING ALERTS INTEGRATIONS



**Ilustración 56. Predicciones de los datos del voltaje de línea**

Por lo tanto, esta herramienta se puede utilizar para seleccionar el modelo que mejor se adapte a las necesidades actuales de las estaciones de carga. Lo anterior con la finalidad de predecir los datos de las estaciones con un alto grado de precisión y velocidad, lo cual permite tener una mayor confianza en el funcionamiento de la estación en el futuro.

### 13. Análisis costo-beneficio de la implementación del sistema de monitoreo de las estaciones de carga de Jasec

#### 13.1 Sistema de monitoreo

Para calcular y estimar el costo de la inversión inicial del sistema, primero se debe investigar los precios netos de los equipos necesarios para el desarrollo del sistema de monitoreo, así como sus tarifas de envío e impuestos por su llegada al país. Por lo tanto, en el Apéndice A se pueden observar las tablas que muestran los costos totales por los sensores, microcontroladores, módulos y los cables necesarios para su instalación en las estaciones de carga. Es importante destacar que el tipo de cambio que se utiliza del dólar a colones se puede observar en el Anexo 18.1, el cual consiste en ₡630,24 colones costarricenses por cada dólar estadounidense.

Además, se debe tomar en cuenta el salario del técnico encargado en realizar las instalaciones de los sistemas de monitoreo, tanto para la estación de carga rápida como para las semirrápidas, por lo que se investigó el dato de salario mínimo establecido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social para un técnico en electromecánica, el cual posee las habilidades necesarias para llevar a cabo este tipo de instalación. En la Tabla 16 se muestra el salario mínimo por jornada diurna, así como por hora.

**Tabla 16. Salario mínimo de un técnico en Electromecánica**

<b>Técnico en Electromecánica</b>	
Diario	₡14 381,27
Por hora	₡1 797,66

Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2022).

Con la información que se recopiló, precios de los equipos necesarios y técnico encargado de la instalación, se realiza la Tabla 17, en la cual se puede observar, tanto el costo de cada sistema de monitoreo como la totalidad e instalación de todos los sistemas. Cabe

recordar que para los sistemas de monitoreo de las estaciones de carga semirrápida, se toman en cuenta 4 unidades, además, que se estima una duración aproximada de 2 días para completar la instalación de los cuatro sistemas en las estaciones. Asimismo, se estima que instalar el sistema de la estación de carga rápida pueda durar aproximadamente un día.

**Tabla 17. Costos de los sistemas de monitoreo de las estaciones**

<b>Sistema de monitoreo de la estación de carga rápida</b>	
Precio por unidad	₺345 283,29
Unidades	1
Subtotal	₺345 283,29
Salario del técnico (1 día)	₺14 381,27
<b>Total</b>	<b>₺359 664,56</b>
<b>Sistema de monitoreo de la estación de carga semi-rápida</b>	
Precio por unidad	₺77 106,71
Unidades	4
Subtotal	₺308 426,85
Salario del técnico (2 días)	₺28 762,54
<b>Total</b>	<b>₺337 189,39</b>

Posteriormente, se investigó la información de los costos de las suscripciones anuales de los *software* por utilizar (Anexo 18.1), como el de ThingSpeak (obtiene los datos en tiempo real enviados por el módulo SIM900), LabVIEW (muestra la interfaz de usuario del sistema de monitoreo), mientras que Arduino (obtiene los datos de los sensores), Excel (almacena los datos de las estaciones) y RapidMiner (análisis de datos) son *software* gratuitos. Estos costos se pueden observar en la Tabla 18.

**Tabla 18. Suscripciones anuales de los software que se utilizan para el sistema de monitoreo**

<b>Suscripciones anuales de los softwares</b>		
ThingSpeak	\$60	₺37 814
LabVIEW	\$528	₺332 767
<b>Total</b>	<b>\$588</b>	<b>₺370 581</b>

Por último, se debe tomar en cuenta que durante el funcionamiento del sistema de monitoreo pueden existir fallas en los componentes electrónicos, específicamente los sensores, ya que estos están más expuestos, por lo tanto, se decidió establecer un monto anual para contemplar estos inconvenientes en el futuro. Entonces, para realizar este monto se estimó que se deba cambiar un sensor por cada parámetro medido de la estación de carga rápida por año, mientras que para la estación de carga semirrápida se estimó que se deba cambiar un sensor (el más caro) por año. En la Tabla 19 y Tabla 20 se pueden observar los montos respectivamente.

**Tabla 19. Costo del mantenimiento anual del sistema de monitoreo de carga rápida**

<b>Mantenimiento anual del sistema de monitoreo de carga rápida</b>	
Sustitución de sensores	₡97 967,13
Mano de obra (1 día)	₡14 381,27
Subtotal	₡112 348,40
Unidades	1
<b>Total</b>	<b>₡112 348,40</b>

**Tabla 20. Costo del mantenimiento anual del sistema de monitoreo de carga semirrápida**

<b>Mantenimiento anual del sistema de monitoreo de carga semi-rápida</b>	
Sustitución de sensores	₡26 016,31
Mano de obra (2 días)	₡28 762,54
Unidades	4
<b>Total</b>	<b>₡132 827,77</b>

### 13.2 Contrato de mantenimiento

Para conocer el valor agregado de la implementación de los sistemas de monitoreo en las estaciones de recarga y sus beneficios económicos, se necesita conocer los costos de mantenimiento que se le realizan a las estaciones actualmente (2022).

En el caso de Jasec, cuentan con un contrato de mantenimiento con una empresa independiente llamada TOP Energy S. A., la cual tiene la responsabilidad de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de todas las estaciones de carga, tanto semirrápidas como rápidas de Jasec. Para esto poseen los siguientes plazos:

- Mantenimiento preventivo, máximo 1 mes después de la orden de inicio.
- Mantenimiento correctivo en campo, el tiempo de respuesta máximo no puede exceder las 72 horas.
- Mantenimiento correctivo *on-line*, el tiempo de respuesta máximo no puede exceder las 72 horas.

El costo de este contrato con la empresa de mantenimiento TOP Energy S. A. se puede observar en la Tabla 21 y el contrato de mantenimiento se encuentra en su totalidad en el Anexo 18.2.

**Tabla 21. Costo del contrato de mantenimiento anual de estaciones de carga con la empresa TOP Energy S. A.**

<b>Costo del contrato de mantenimiento anual con TOP ENERGY S.A.</b>	
\$4 030,00	¢2 539 867,20

### 13.3 Factibilidad del proyecto

Para determinar la factibilidad de un proyecto, por lo general, se utilizan los indicadores financieros como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el índice de prefactibilidad. Sin embargo, para realizar este análisis se necesita de un flujo de efectivo e ingresos. No obstante, como actualmente las estaciones de carga de Jasec no generan ningún ingreso monetario no se pueden utilizar estos indicadores. Por lo tanto, se decide analizar la viabilidad del proyecto de monitoreo mediante el indicador financiero del costo anual uniforme equivalente (CAUE), ya que este representa los ahorros en términos de mantenimiento.

Primero, para evaluar el sistema de monitoreo se necesita determinar el periodo de evaluación, el cual consiste en el periodo de vida útil del sistema. Por lo tanto, se recurre al Ministerio de Hacienda, el cual no solo establece el periodo de vida útil, sino también el porcentaje de depreciación. Se puede observar (Anexo 18.3) que el equipo electrónico especializado posee una vida útil de 5 años, mientras que su porcentaje de depreciación es igual al 20 %.

Cada día el costo de bienes materiales y servicios se incrementa, por lo tanto, para realizar un análisis más certero, se toma en cuenta el porcentaje de inflación más reciente del país, el cual consiste en septiembre de 2022, en donde el Banco Central de Costa Rica establece una tasa de inflación del 7.9 % (Anexo 18.4). Además, se necesita considerar la tasa de descuento para realizar el análisis financiero, por lo que se consultó al Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica en la Unidad de Inversiones Públicas (Anexo 18.4), el cual establece una tasa social de descuento del 8.31 %.

Con los datos anteriores de costos e indicadores financieros se realiza el análisis financiero en el periodo de vida útil de los componentes electrónicos, o sea, de 5 años, el cual se puede observar en el Apéndice C. Para este análisis se llevaron a cabo 2 escenarios, el primero consiste en un análisis actual de costos sin el sistema de monitoreo de las estaciones y con el contrato de mantenimiento con la empresa TOP Energy S. A., mientras que el segundo escenario consiste en un análisis de costos con el sistema de monitoreo y sin el contrato de mantenimiento.

Es importante destacar que para calcular el CAUE, primero se determina el indicador valor actual de costos (VAC), el cual es muy similar al indicador VAN, pero este se aplica solamente a los costos del proyecto. Esta ecuación se muestra en la Ilustración 57.

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

En donde:

- $I_0$  = Inversión inicial
- $C_t$  = Costos incurridos durante el periodo t
- n = Periodo de evaluación
- r = Tasa social de descuento

**Ilustración 57. Ecuación para calcular el valor actual de costos**

Cuando se determina el VAC, se calcula el indicador CAUE, el cual mostrará el ahorro total de costos con la implementación de este proyecto. Esta ecuación se muestra en la Ilustración 58, pero en lugar del VAN se utiliza el VAC y la i es igual a la Tasa social de descuento.

$$CAUE \text{ o } BAUE = VAN * \frac{(1+i)^n * i}{(1+i)^n - 1}$$

**Ilustración 58. Ecuación para el costo actual uniforme equivalente**

Al calcular el CAUE, se elaboró la Tabla 22 como modo de comparación y resumen, en donde se puede observar que entre el escenario 1 y el 2 hay un ahorro neto de ¢2.049.989,69 anuales, lo cual es muy positivo para la empresa Jasec.

**Tabla 22. Comparación del indicador CAUE**

<b>Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE)</b>			
<b>Concepto</b>	<b>Escenario 1</b>	<b>Escenario 2</b>	<b>Ahorro</b>
<b>Costos</b>	<b>¢2 938 302,20</b>	<b>¢888 312,51</b>	<b>¢2 049 989,69</b>

Este ahorro anual se puede utilizar para imprevistos que puedan tener las estaciones de carga, ya que el sistema de monitoreo no es capaz de detectar ciertos posibles errores o problemas, como puede ser daños por vandalismo, mal uso de las estaciones por los clientes o hasta daños impredecibles que puedan suceder. Sin embargo, se puede denotar el posible beneficio de este tipo de sistemas de monitoreo para la empresa Jasec.

#### 13.4 Ingresos posibles si se cobra actualmente el servicio de las estaciones

En la actualidad, las estaciones de carga de la empresa Jasec están a completa disposición y, de forma gratuita, para cualquier usuario que posea un automóvil eléctrico, pero en el futuro cercano se planea cobrar este servicio, como actualmente lo realiza el ICE con sus estaciones de carga rápida. Además, es importante destacar que hasta el momento por ley solo se puede cobrar el servicio con estaciones de carga rápida mientras que las de carga semirrápida tienen que permanecer como un servicio gratuito.

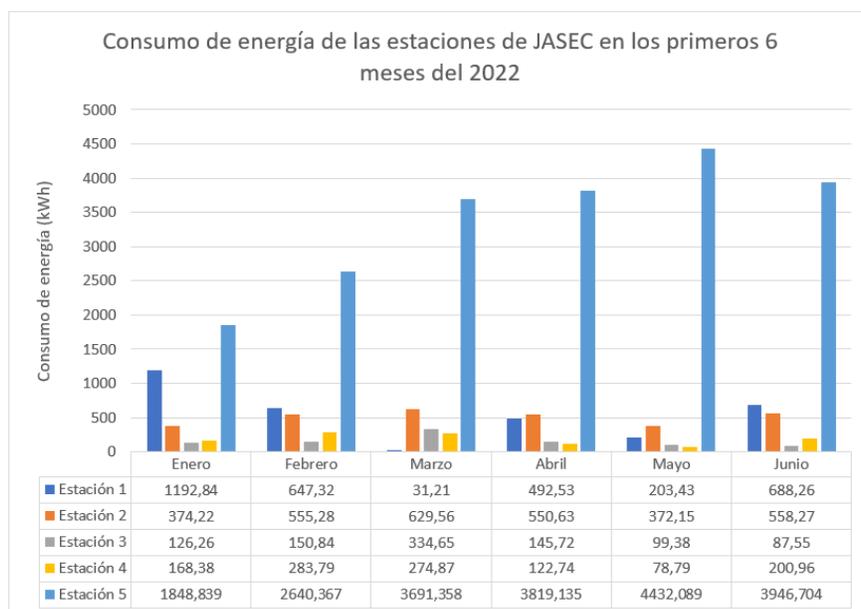
Por lo tanto, en la Tabla 23 se recopilaron los datos de consumo de energía en kWh brindados por Jasec de las estaciones de carga de los primeros 6 meses del año 2022 (Apéndice B) y se calcularon los ingresos si se cobra por el servicio de recarga, sabiendo que según Aresep (2022) la tarifa actual por kWh es de ₡182,72. Además, es importante recordar que:

- La estación 1 es la de la Basílica de Los Ángeles
- La estación 2 la de las ruinas
- La estación 3 de las oficinas de Jasec
- La estación 4 la de la municipalidad El Guarco
- La estación 5 la del Quijongo (carga rápida)

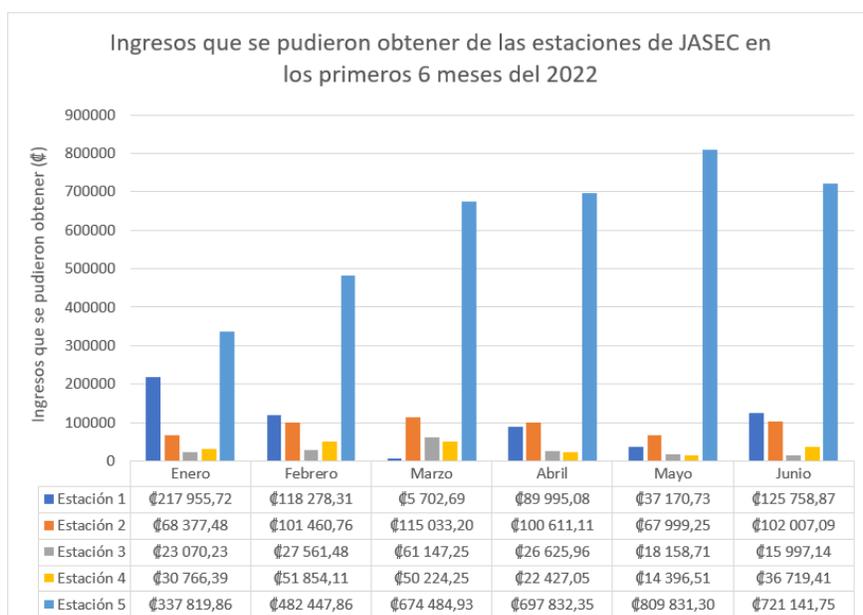
**Tabla 23. Consumos de energía y posibles ingresos de las estaciones de carga de Jasec de los primeros 6 meses del 2022**

Meses	Datos	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5
Enero	Consumo de energía (kWh)	1192,84	374,22	126,26	168,38	1848,839
	Ingresos que se pudieron obtener	₡217 955,72	₡68 377,48	₡23 070,23	₡30 766,39	₡337 819,86
Febrero	Consumo de energía (kWh)	647,32	555,28	150,84	283,79	2640,367
	Ingresos que se pudieron obtener	₡118 278,31	₡101 460,76	₡27 561,48	₡51 854,11	₡482 447,86
Marzo	Consumo de energía (kWh)	31,21	629,56	334,65	274,87	3691,358
	Ingresos que se pudieron obtener	₡5 702,69	₡115 033,20	₡61 147,25	₡50 224,25	₡674 484,93
Abril	Consumo de energía (kWh)	492,53	550,63	145,72	122,74	3819,135
	Ingresos que se pudieron obtener	₡89 995,08	₡100 611,11	₡26 625,96	₡22 427,05	₡697 832,35
Mayo	Consumo de energía (kWh)	203,43	372,15	99,38	78,79	4432,089
	Ingresos que se pudieron obtener	₡37 170,73	₡67 999,25	₡18 158,71	₡14 396,51	₡809 831,30
Junio	Consumo de energía (kWh)	688,26	558,27	87,55	200,96	3946,704
	Ingresos que se pudieron obtener	₡125 758,87	₡102 007,09	₡15 997,14	₡36 719,41	₡721 141,75
Total	Consumo de energía (kWh)	3255,59	3040,11	944,4	1129,53	20378,492
	Ingresos que se pudieron obtener	₡594 861,40	₡555 488,90	₡172 560,77	₡206 387,72	₡3 723 558,06

Con la finalidad de tener una mejor visualización de los parámetros de la Tabla 23, se graficaron los consumos de energía en kWh (Ilustración 59) y los posibles ingresos si se cobra el servicio de recarga de los primeros 6 meses del 2022 (Ilustración 60). Con esto se demostró de una mejor manera que claramente la estación 5 (carga rápida) es la que más consume energía al mes y a los 6 meses consume un total de 20378,492 kWh, lo que hubiera sido un ingreso de ₡3.723.558,06. Por otra parte, la segunda estación con mayor consumo es la estación 1 con un total de 3255,29 kWh, lo que significa unos ₡594.861,40; la tercera es la estación 2 con un total de 3040,11 kWh, o sea, unos ₡555.488,90; la cuarta es la estación 4 con 1129,53 kWh, lo que significa ₡206.387,72. Por último, la estación 3 es la que menos consumo de energía posee con un total de 944,4 kWh, por lo tanto, es la que menos ingresos generaría con ₡172.560,77.



**Ilustración 59. Consumo de energía de las estaciones de Jasec en los primeros 6 meses del 2022**



**Ilustración 60. Ingresos que se pudieron obtener de las estaciones de Jasec en los primeros 6 meses del 2022**

Como se mencionó, las estaciones de carga semirrápida por ley no se pueden cobrar, así que los datos de posibles ingresos se pueden utilizar para analizar cuál estación de carga semirrápida es más usada. Por lo tanto, si se desea instalar otra estación de carga rápida en el futuro, saber que la zona de la estación 1 (Basílica de Los Ángeles) es la zona óptima para realizar la nueva instalación.

### 13.5 Análisis financiero si se cobra el servicio de las estaciones de carga en Jasec

Con base en la información anterior se desarrolló un análisis financiero para obtener la prefactibilidad del proyecto si Jasec pudiera cobrar por el servicio de carga rápida. Esto se muestra en la Tabla 24.

**Tabla 24. Análisis financiero si se cobra por el servicio de carga rápida**

ANÁLISIS PROYECTO DE INVERSIÓN						
CONCEPTO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas		₡7 447 116,12	₡7 745 000,76	₡8 054 800,79	₡8 376 992,82	₡8 712 072,54
Mantenimiento del sistema de monitoreo		-₡245 176,17	-₡ 264 545,09	-₡ 285 444,15	-₡ 307 994,24	-₡ 332 325,78
Utilidad bruta de ventas		₡7 201 939,95	₡7 480 455,67	₡7 769 356,64	₡8 068 998,59	₡8 379 746,75
Gastos por salarios		-₡5 177 257,20	-₡5 285 461,88	-₡5 395 928,03	-₡5 508 702,92	-₡5 623 834,82
Costos por suscripciones anuales		-₡ 370 581,12	-₡ 370 581,12	-₡ 370 581,12	-₡ 370 581,12	-₡ 370 581,12
Utilidad de operación (EBITDA)		₡1 654 101,63	₡1 824 412,68	₡2 002 847,49	₡2 189 714,54	₡2 385 330,82
Gastos por depreciación		-₡ 139 370,79	-₡ 139 370,79	-₡ 139 370,79	-₡ 139 370,79	-₡ 139 370,79
Utilidad		₡1 514 730,84	₡1 685 041,89	₡1 863 476,70	₡2 050 343,75	₡2 245 960,03
Recuperación de depreciación		₡ 139 370,79	₡ 139 370,79	₡ 139 370,79	₡ 139 370,79	₡ 139 370,79
Capital de trabajo	-₡ 5 793 014,49					
Recuperación del capital de trabajo						₡5 793 014,49
Inversión Inicial	-₡ 696 853,95					
Recuperación de la inversión inicial						
Recuperación de Activos						-
Flujo Neto de Efectivo (FNE1)	-₡ 6 489 868,44	₡1 654 101,63	₡1 824 412,68	₡2 002 847,49	₡2 189 714,54	₡8 178 345,31

Tasa de descuento	8,3%
Inflación	7,9%
Tasa de descuento ajustada por inflación	16,87%
Flujos Descontados	₡8 931 472,84
Inversión Inicial	-₡ 6 489 868,44
<b>VAN DE PROYECTO</b>	<b>₡2 441 604,40</b>
<b>TIR DE PROYECTO</b>	<b>28%</b>
<b>ÍNDICE DE DESEABILIDAD</b>	<b>1,38</b>

Periodo de recuperación	
Flujos	₡5 481 361,80
lo	-₡6 489 868,44
Dif	-₡1 008 506,64
	3 Años
	6,0 Meses

Al analizar la Tabla 24 se puede observar que el VAN del proyecto da una cifra positiva de ₡2.441.604.400 000. Esto significa que al final de los primeros 5 años se prevé obtener una ganancia de esta magnitud y se estima recuperar la inversión inicial a los 3 años con 6 meses de estar en funcionamiento las estaciones con el sistema.

Lo anterior se refleja en la tasa interna de retorno (TIR), la cual indica que por cada ₡100 invertidos en la estación de carga se obtienen ₡128 al final del periodo. Con base en lo anterior, se tiene un índice de deseabilidad del 1,38, al ser mayor que 1 representa que el proyecto es rentable.

### 13.6 Tabla resumen del estudio financiero

En la Tabla 25 se puede observar el resumen de costos, posibles ingresos, ahorros e indicadores financieros de la implementación del sistema de monitoreo en las estaciones de carga rápida y semirrápida de Jasec.

Tabla 25. Resumen de costos, ingresos e indicadores financieros del proyecto

Tabla resumen de costos, ingresos e indicadores financieros del proyecto					
S i n c o b r a r	Costo del sistema de monitoreo de la estación de carga rápida	₪359 664,56	C o b r a n d o	Posibles ingresos estación 1 (primeros 6 meses del 2022)	₪594 861,40
	Costo del sistema de monitoreo de la estación de carga semi-rápida	₪337 189,39		Posibles ingresos estación 2 (primeros 6 meses del 2022)	₪555 488,90
	Suscripción anual de los programas	₪370 581,12		Posibles ingresos estación 3 (primeros 6 meses del 2022)	₪172 560,77
	Mantenimiento anual del sistema de monitoreo de carga rápida	₪112 348,40		Posibles ingresos estación 4 (primeros 6 meses del 2022)	₪206 387,72
	Mantenimiento anual del sistema de monitoreo de carga semi-rápida	₪132 827,77		Posibles ingresos estación 5 (primeros 6 meses del 2022)	₪3 723 558,06
	Costo del contrato de mantenimiento anual con TOP ENERGY S.A.	₪2 539 867,20		VAN del proyecto	₪2 441 604,40
	Costo Anual Uniforme Equivalente Escenario 1 (CAUE)	₪2 938 302,20		TIR del proyecto	28%
	Costo Anual Uniforme Equivalente Escenario 2 (CAUE)	₪888 312,51		Índice de deseabilidad	1,38
	Ahorro entre el escenario 1 y 2	₪2 049 989,69		Periodo de recuperación (años y meses)	3,6

#### 14. Conclusiones

- Con el análisis de modos de fallas y efectos (Amfec) se determinaron los parámetros críticos de las estaciones de carga rápida y semirrápidas, como los voltajes y corrientes, tanto de alimentación como de salida de ambos tipos de estaciones (AC/DC para la carga rápida, como AC/AC para la de carga semirrápida), la temperatura de trabajo y la humedad de la estación. Además, se identificaron las diversas causas de fallas de las estaciones de recarga.
- Se seleccionaron los componentes necesarios para el desarrollo del sistema de monitoreo, tanto para la estación de carga rápida como para las estaciones de carga semirrápida. Entre los principales componentes están los sensores de voltaje y corriente AC/DC, de temperatura y humedad, junto con el microcontrolador de Arduino y el módulo SIM900.
- Se desarrolló una interfaz de usuario en el programa LabVIEW, el cual muestra todos los parámetros de las estaciones en tiempo real, de una manera gráfica, lo que facilita el entendimiento de los técnicos e ingenieros encargados en el mantenimiento de las estaciones. Además, cuenta con un sistema de alarmas vía correo electrónico, las cuales avisan problemas o irregularidades con la estación.
- Mediante el indicador financiero CAUE (costo anual uniforme equivalente), se demostraron las ventajas de instalar un sistema de monitoreo de la condición como la disminución de costos en mantenimientos correctivos, lo cual provoca ahorros anuales equivalentes a ₡2.049.989,69, lo que es muy positivo para Jasec. Además, si se cobra el servicio de carga rápida se tendría un VAN con ganancias equivalentes a ₡2.441.604.400 000, por los 5 años de vida útil del sistema.

## 15. Oportunidades de mejora

- Se deben conectar las estaciones de carga a una red de Internet, para facilitar la obtención de datos en tiempo real y evitar usos de tarjetas SIM.
- Instalar cámaras de video para evitar vandalismos a las estaciones o por lo menos identificar a los responsables.
- Se propone empezar con el cobro del servicio de recarga rápida, ya que, como se mostró, es muy rentable para Jasec.
- Instalar más estaciones de carga rápida, ya que estas se pueden cobrar en el futuro y se demostró que la estación actual de carga rápida es la más usada.

## 16. Bibliografía

- Aguilar, J.; Torres, R. y Magaña, D. (2010). *Failure mode and effects and criticality analysis (FMECA) for maintenance planning using risk and safety criteria.*
- Aji, P.; Aldion, D.; Larasati, A. y Riza. (2020). *Development of Electric Vehicle Charging Station Management System in Urban Áreas.*
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2018). *Reforma de la Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, Ley N.º 9518, de 25 de enero de 2018, para que se denomine Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Sostenible.*  
<https://vlex.co.cr/vid/reforma-ley-incentivos-promocion-907572721>
- Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (Aresep). (2022). *Aresep define tarifa única para la red de centros de carga rápida de vehículos eléctricos.*
- Badaró, S.; Ibáñez, L. J. y Agüero, M. J. (2013). *Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones.* Ciencia y tecnología.
- Banco Central de Costa Rica. (2022). *Expectativas de inflación a 12 meses.*
- Bejenar, C.; Bejenar, M.; Eusebiu, V.; Vasilica, O.; Paval, M. y Dan, L. (2021). *Extended Possibilities for Studying and Diagnosis of Electric Vehicles AC (Three-Phase) Charging Systems.*
- Cárdenas, I.; Fernández, M.; Mejía, M. y Mejía, R. (2018). *Analysis of relevant variables to monitor a photovoltaic charging station through the Function to Data Matrix (FDM) method.*
- Circuitur. (2017). *Cajas de recarga inteligente para vehículo eléctrico.*

- Cordero Garay, W. y Mora Ramírez, M. (2002). *Automatización para Control, Monitoreo de Interruptores y transformador en Subestación Eléctrica Reductora de San Blas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <https://core.ac.uk/download/pdf/60987627.pdf>
- Cortekar, J. y Groth, M. (2015). *Adapting energy infrastructure to climate change - Is there a need for government interventions and legal obligations within the German Energiewende?*
- Del Val Ramón, J. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*.
- Delgado, J. y Pérez Akaki, P. (2013). *Evaluación de la conversión a café orgánico usando la metodología de opciones reales*. Contaduría y Administración.
- Engelbrecht, A. (2007). *Computational intelligence: an introduction*. John Wiley y Sons.
- García, E. y Millan, I. (2018). *Optimal demand response for the recharging of electric vehicles in micro-networks type of service station by allocation of energy resources*.
- Guerrero, J. (2014). *Arduino Uno: Especificaciones y características*.
- Guevara Torres, R. (2021). *Diseño de un sistema de monitoreo de modos de falla para transformadores de tipo poste, empleados en la red de distribución de la región Huetar (Caribe) del ICE (Cóncevas)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13251/TFG\\_Roberto\\_Guevara\\_Torres.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13251/TFG_Roberto_Guevara_Torres.pdf?isAllowed=y&sequence=1)
- Hafez, O. y Bhattacharya, K. (2018). *Integrating EV Charging Stations as Smart Loads for Demand Response Provisions in Distribution Systems*.
- Herrera, W. (2022). *¡Récord! Costa Rica registró en junio la mayor cantidad de vehículos eléctricos en la historia*.
- HETPRO. (s. f). *SIM900 GSM GPRS Shield con Arduino UNO*.

IEC62196-3. (2014). *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets-Conductive charging of electric vehicles.*

Kai, I.; Abhinav, S.; Matt, D.; José, C. y Roychoudhury. (2012). *Introduction to Prognostics.* NASA Ames Research Center, Prognostics Center of Excellence.

Kumar, P.; Bharatee, A.; Panda, S. y Wahyu, N. (2021). *Modeling and Power Management of Electric Vehicle Charging System.*

López, G. (2016). *Movilidad Eléctrica: Oportunidades para América Latina.*

Macea Contreras, J. A. y Aldair Contreras, Y. (2020). *Sistema automático de riego para huerta de pepino utilizando Arduino y SIM800L en el Corregimiento Maturí.* Universidad de Córdoba.  
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3752/maceacontrerasjose-contrerasromeroyerson.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Marín Hernández, J. (2020). *Sistema de Monitoreo y Alerta de Modos de Fallas basado en el Pronóstico y Evaluación de la Salud de los Sistemas de Acondicionamiento del Laboratorio de Biotecnología del Tecnológico de Costa Rica Sede Central.* Instituto Tecnológico de Costa Rica.  
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12313/TFG\\_Jeremy\\_Marin\\_Hernandez.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/12313/TFG_Jeremy_Marin_Hernandez.pdf?isAllowed=y&sequence=1)

Márquez Díaz, C. L. y Castro, M. (2015). *Uso del valor actual neto, tasa interna de retorno y relación beneficio-costo en la evaluación financiera de un programa de vacunación de fiebre aftosa en el estado Yaracuy, Venezuela.* Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias.

Mejor Software. (s. f.). *¿Cómo convertir de analógico a digital?*  
<https://mejorsoftware.info/app33/11534/como-convertir-de-analogico-a-digital>

- Microsoft. (2022). *Aplicaciones de Windows*.
- Mideplan. (2021). *Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública del Bicentenario*.
- Minae y Sepse. (2021). *Estrategia Nacional de Redes Eléctricas Inteligentes 2021 2031*.
- Minae, MOPT y Sepse. (2018). *Plan Nacional de transporte Eléctrico 2018 2030*.  
<http://www.pgrweb.go.cr/DocsDescargar/Normas/No%20DE-41579/Version1/PlanTranspElect.pdf>
- Minae. (2015). *Plan Nacional de Energía*.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2022). *Lista de salarios mínimos del sector privado*.
- Mohamed, A.; Mohamed, R. y Young-Chon, K. (2020). *Remote Monitoring of Electric Vehicle Charging Stations in Smart Campus Parking Lot*.
- National Instruments. (2022). *Qué es LabVIEW*. <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.HTML>
- Newark. (2022). *Test Software, LabVIEW, Base, Development Use, Subscription License, Download, Multi Language*.
- RapidMiner. (2022). *Request an Enterprise Demo*.
- Rinaldi, S.; Pasetti, M.; Trioni, M. y Vivacqua, G. (2018). *On the Integration of E-Vehicle Data for Advanced Management of Private Electrical Charging Systems*.
- Rodríguez, M.; Gallardo, L.; Quirós, J.; Jaramillo, M. y Vogt, A. (2016). *Impacto fiscal de la descarbonización del transporte en Costa Rica y opciones de política para manejarlo*.
- Santos, G. (2017). *Road transport and CO2 emissions: What are the challenges?*
- Serra, F. M.; Catuogno, G.; De Angelo, C. H. y Bossio, G. R. (2008). *Sistemas de monitoreo de condición en turbinas eólicas*. Avances en Energías Renovables y medio ambiente.

Sevilla, A. (2020). *Tasa interna de retorno (TIR)*.

SmartWallboxes. (2022). *2022 Guía de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (IRVE)*. <https://www.smartwallboxes.com/infraestructura-de-recarga-de-vehiculos-electricos/>

ThingSpeak. (2022). *ThingSpeak*.

Umair, M.; Guan, Y.; Xu, L.; Lien, C.; Vásquez, J. y Guerrero, J. (2022). *Electric cars, ships, and their charging infrastructure - A comprehensive review*.

## 17. Apéndices

### A. Equipos y sensores necesarios para el desarrollo del sistema de monitoreo de las estaciones de carga

**Tabla 26. Precio estimado de los equipos para el desarrollo del sistema de monitoreo de la estación de carga rápida**

Estación de carga rápida									
Parámetro	Dispositivo	Cantidad	Imagen	Precio Unitario	Precio Total sin impuestos ni envío	Precio Total con impuestos y envío			
Temperatura y humedad	DHT22	1		\$12	€7 562,88	\$12,0	€7 562,88	\$12,0	€7 562,88
Voltaje Trifásico	GT-T13V	1		\$45	€28 360,80	\$45,0	€28 360,80	\$60,9	€38 362,71
Corriente Trifásica	SCT-013-000V	3		\$3	€1 890,00	\$9,0	€5 672,16	\$20,0	€12 604,80
Voltaje DC	JXDA4U	4		\$27	€16 500,00	\$108,0	€68 065,92	\$151,6	€95 563,29
Corriente DC	HST(S)21	4		\$27	€17 016,48	\$108,0	€68 065,92	\$152,0	€95 796,48
Microcontrolador	Arduino UNO R3	1		\$39	€24 579,36	\$39,0	€24 579,36	\$39,0	€24 579,36
Módulo SIM900	SIM900 GSM/GPRS	1		\$17	€10 726,04	\$17,0	€10 714,08	\$35,4	€22 285,29
Convertidor analógico-digital	ADS1115	4		\$30 (4 unidades)	€18 928,30	\$30,0	€18 907,20	\$55,2	€34 808,16
Cable eléctrico	Jumpers Dupont	2		\$5,985	€3 785,00	\$12,0	€7 562,88	\$21,8	€13 720,32
Totales		21				\$380,0	€239 491,20	\$547,9	€345 283,29

**Tabla 27. Precio estimado de los equipos para el desarrollo del sistema de monitoreo de la estación de carga semirrápida**

Estación de carga semi-rápida									
Parámetro	Dispositivo	Cantidad	Imagen	Precio Unitario		Precio Total sin impuestos ni envío		Precio Total con impuestos y envío	
Temperatura y humedad	DHT22	1		\$12	₡7 571,32	\$12,0	₡7 571,32	\$12,0	₡7 562,88
Microcontrolador	Arduino UNO R3	1		\$39	₡24 606,79	\$39,0	₡24 606,79	\$39,0	₡24 579,36
Corriente AC	SCT-013-000V	1		\$3	₡1 890,00	\$3,0	₡1 890,00	\$5,0	₡3 151,20
Voltaje AC	JXDA4U	1		\$27	₡16 500,00	\$27,0	₡16 500,00	\$41,3	₡26 016,31
Módulo SIM900	SIM900 GSM/GPRS	1		\$17	₡10 714,25	\$17,0	₡10 714,25	\$35,4	₡22 285,29
Cable eléctrico	Jumpers Dupont	1		\$5,985	₡3 771,99	\$6,0	₡3 771,99	\$15,8	₡9 948,34
Totales		12				\$104,0	₡65 054,35	\$122,3	₡77 106,71

B. Parámetros recopilados de las estaciones de carga

Tabla 28. Parámetros recopilados por los técnicos de Jasec de las estaciones de carga por los primeros 6 meses del año 2022

EMPRESA	CENTRO_RECARGA	AÑO	MES	FECHA	PROVINCIA	CANTÓN	DISTRITO	HORA_INICIO_CARGA	HORA_FIN_CARGA	TARJETA (USER I	CONSUMO_ENERGÍA (Kw	POTENCIA_ENTREGA_CARGADOR	IMPORTE	CIRCUITO
JASEC	1	2022	1	1	3	301	30101	07:05:32	08:01:15	0589D1FCFB4000	4,15		7,2	292
JASEC	1	2022	1	1	3	301	30101	18:34:33	20:37:56	CC815245	14,35		7,2	292
JASEC	1	2022	1	1	3	301	30101	20:44:46	21:08:40	A19DA702	2,57		7,2	292
JASEC	1	2022	1	2	3	301	30101	12:01:47	12:18:30	796A7C97	0		7,2	292
JASEC	1	2022	1	2	3	301	30101	17:12:44	19:44:49	A83AAA0402603D	18,53		7,2	292
JASEC	1	2022	1	3	3	301	30101	07:16:04	08:30:17	0589D1FCFB4000	7,11		7,2	292
JASEC	1	2022	1	3	3	301	30101	13:56:04	15:56:47	D7331EE6	13,5		7,2	292
JASEC	1	2022	1	3	3	301	30101	16:01:37	16:33:03	5,8998E+12	3,58		7,2	292
JASEC	1	2022	1	3	3	301	30101	17:48:42	20:01:54	B1E3ECEA	14,9		7,2	292
JASEC	1	2022	1	3	3	301	30101	20:45:10	21:35:31	BF273647	2,75		7,2	292
JASEC	1	2022	1	4	3	301	30101	15:44:41	16:06:25	D9A1635A	2,42		7,2	292
JASEC	1	2022	1	4	3	301	30101	18:43:56	19:10:11	1F03A245	2,95		7,2	292
JASEC	1	2022	1	5	3	301	30101	16:04:43	16:51:13	0589D1FCFB4000	5,51		7,2	292
JASEC	1	2022	1	6	3	301	30101	12:58:08	15:11:18	D7331EE6	14,88		7,2	292
JASEC	1	2022	1	6	3	301	30101	17:26:15	18:49:24	A988EB0807601D	8,75		7,2	292
JASEC	1	2022	1	7	3	301	30101	05:40:49	10:46:11	CC815245	34,23		7,2	292
JASEC	1	2022	1	8	3	301	30101	04:55:49	10:29:46	CC815245	37,8		7,2	292
JASEC	1	2022	1	8	3	301	30101	11:30:59	17:02:36	B1E3ECEA	36,44		7,2	292
JASEC	1	2022	1	8	3	301	30101	19:30:26	22:35:09	A83AAA0402603D	22,19		7,2	292
JASEC	1	2022	1	9	3	301	30101	04:42:02	10:17:06	CC815245	37,89		7,2	292
JASEC	1	2022	1	9	3	301	30101	11:38:59	15:57:00	17A2EAD8	27,78		7,2	292
JASEC	1	2022	1	9	3	301	30101	17:05:14	18:40:43	DF66E156	10,77		7,2	292
JASEC	1	2022	1	9	3	301	30101	22:32:47	23:30:23	CC815245	6,97		7,2	292
JASEC	1	2022	1	10	3	301	30101	08:55:20	11:01:17	CC815245	14,74		7,2	292
JASEC	1	2022	1	11	3	301	30101	05:36:17	08:38:06	0589D1FCFB4000	15,71		7,2	292
JASEC	1	2022	1	12	3	301	30101	08:05:58	09:29:41	CC815245	9,52		7,2	292
JASEC	1	2022	1	12	3	301	30101	19:01:19	19:02:16	DF9ED6C6	0		7,2	292
JASEC	1	2022	1	12	3	301	30101	19:02:43	19:14:09	DF9ED6C6	1,24		7,2	292
JASEC	1	2022	1	13	3	301	30101	05:54:30	07:31:20	CC815245	10,98		7,2	292
JASEC	1	2022	1	13	3	301	30101	09:34:28	11:21:52	39FEADB0	0		7,2	292
JASEC	1	2022	1	13	3	301	30101	13:03:04	14:13:31	040914A0	7,7		7,2	292
JASEC	1	2022	1	13	3	301	30101	14:14:08	14:14:12	040914A0	0		7,2	292
JASEC	1	2022	1	13	3	301	30101	14:19:02	17:18:06	F908326D	19,35		7,2	292
JASEC	1	2022	1	14	3	301	30101	04:54:00	10:33:00	CC815245	37,32		7,2	292
JASEC	1	2022	1	15	3	301	30101	04:24:03	09:04:17	CC815245	31,41		7,2	292
JASEC	1	2022	1	15	3	301	30101	13:57:55	14:52:42	058B0FC32D6000	6,5		7,2	292

Fuente: Jasec (2022)

C. Análisis financiero con los indicadores VAC y CAUE del sistema de monitoreo de las estaciones de carga de Jasec

**Tabla 29. Análisis financiero sin el sistema de monitoreo de las estaciones y con el contrato de mantenimiento con TOP Energy S. A.**

<b>Escenario 1. Sin el sistema de monitoreo y con el contrato de mantenimiento</b>						
Concepto	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Inversión Inicial	0					
Costos del contrato de mantenimiento		¢2 539 867,20	¢2 740 516,71	¢2 957 017,53	¢3 190 621,91	¢3 442 681,04
Costos Totales	0	¢2 539 867,20	¢2 740 516,71	¢2 957 017,53	¢3 190 621,91	¢3 442 681,04
<b>VAC (Valor Actual de Costos)</b>	<b>¢11 636 556,50</b>					
<b>CAUE</b>	<b>¢2 938 302,20</b>					

**Tabla 30. Análisis financiero con el sistema de monitoreo de las estaciones y sin el contrato de mantenimiento con TOP Energy S. A.**

<b>Escenario 2. Con el sistema de monitoreo y sin el contrato de mantenimiento</b>						
Concepto	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Inversión Inicial	¢696 853,95					
Costo de los programas		¢370 581,12	¢399 857,03	¢431 445,73	¢465 529,95	¢502 306,81
Costos del mantenimiento del sistema		¢245 176,17	¢264 545,09	¢285 444,15	¢307 994,24	¢332 325,78
Costos Totales	¢696 853,95	¢615 757,29	¢664 402,12	¢716 889,88	¢773 524,18	¢834 632,59
<b>VAC (Valor Actual de Costos)</b>	<b>¢3 517 983,53</b>					
<b>CAUE</b>	<b>¢888 312,51</b>					

## 18. Anexos

### 18.1 Precios de equipos y programas para el sistema de monitoreo



#### ARESEP define tarifa única para la red de centros de carga rápida de vehículos eléctricos

· Tarifa €182,72 por kWh promueve y facilita el uso de vehículos eléctricos.

· Red de carga rápida contará con 47 centros de carga en todo el país.

La Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) definió una tarifa única de €182,72 para el funcionamiento de la red nacional de centros de carga rápida para vehículos eléctricos mediante Resolución RE-0056-IE-2019, que entrará a regir a partir de su publicación en el diario oficial La Gaceta.

Ilustración 61. Tarifa para las estaciones de carga rápida por kWh de setiembre de 2022

Fuente: Aresep (2022).



Ilustración 62. Valor del dólar comparado al colón del 23 de setiembre de 2022

RC EXTREMO

Todo Buscar...

CATEGORÍAS ▾ REPUESTOS Y ACCESORIOS ▾ EMPRESA ▾ LIQUIDACIONES SERVICIO TÉCNICO CONTACTAR 08:00 - 18:00 3207452159

CARRITO > DETALLES DEL PAGO > PEDIDO COMPLETADO

PRODUCTO	PRECIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
Cable Jumpers Dupont 40 líneas 20 cm Para Arduino y Protoboard Macho - Hembra	\$ 5.985	1	\$ 5.985

← SEGUIR COMPRANDO ACTUALIZAR CARRITO

**TOTAL DEL CARRITO**

Subtotal \$ 5.985

Envío Precio único: \$ 9.800  
Las opciones de envío se actualizarán durante el pago.

Total \$ 15.785 (incluye \$ 956 IVA)

**FINALIZAR COMPRA**

Ilustración 63. Precio del cable eléctrico

Fuente: RC Extremo (2022).

Creá lo Extraordinario!

MICRO JPM

Inicio Mapa del sitio RSS Imprimir

Cesta: (Artículos: 0) US\$0,00

INICIO NOSOTROS SERVICIO CORTE LASER PREGUNTAS FRECUENTES HORARIO DE ATENCIÓN CONTÁCTANOS

Inicio > Sensores & Transductores > DHT22 Humidity Temperature Sensor

**DHT22 Humidity Temperature Sensor**

Producto n°: AD9741

**Tu precio:** US\$11,95

No. de artículos en existencia: 0

Disponibilidad: Solicitado

Comprar

CATEGORÍAS

- CNC - Impresoras - Filamento 3D
- Sparkfun
- Arduino
- Adafruit
- Robótica

**Ilustración 64. Precio del sensor de temperatura**

Fuente: Micro JPM (2022).

Creá lo Extraordinario!

MICRO JPM

Inicio Mapa del sitio RSS Imprimir

Cesta: (Artículos: 0) US\$0,00

INICIO NOSOTROS SERVICIO CORTE LASER PREGUNTAS FRECUENTES HORARIO DE ATENCIÓN CONTÁCTANOS

Inicio > Arduino > Arduino UNO R3 [ORIGINAL]

**Arduino UNO R3 [ORIGINAL]**

Producto n°: AD746

**Tu precio:** US\$38,95

No. de artículos en existencia: 0

Disponibilidad: Solicitado

Comprar

CATEGORÍAS

- CNC - Impresoras - Filamento 3D
- Sparkfun
- Arduino
  - Arduino Boards
  - Arduino Shields
  - Arduino Accessories
  - Arduino Kits

Vendedor: SPARKFUN.COM

Cantidad (cantidad): 1

**Ilustración 65. Precio del Arduino UNO**

Fuente: Micro JPM (2022).

amazon Enviar a Costa Rica Todos SIM900

Kindle Paperwhite internacional Comprar ahora

**DollaTek SIMCOM SIM900 GSM GPRS Quad-Band Modules 2G Development Shield Board para R3 Mega con antena**  
 Marca: DollaTek  
 ★★★★★ 6 calificaciones

US\$16.99

US\$18.36 de envío y depósito de derechos de importación a Costa Rica Detalles

- Quad-Band 850/900/1800/1900 MHz – puede funcionar en redes GSM en todos los países de todo el mundo, funciona con Uno Mega; sólo funciona para redes 2G
- Integrado TCP / UDP Stack – le permite cargar datos a un servidor web | RTC compatible | puerto serie seleccionable | altavoces y auriculares Jac
- Nota: Esta es una nueva versión (versión 64M), SMS soporta MMS: mensaje multimedia y servicio de mensajes cortos, por lo que es posible enviar pequeñas cantidades de datos a través de la red (ASCII o Raw hexadecimal)
- El escudo te permite obtener SMS, MMS, GPRS y audio a través de UART mediante el envío de comandos AT (GSM 07.07, 07.05 y SIMCOM mejorado a comandos). El escudo también tiene 12 GPIOs, 2 PWMs y un ADC del módulo SIM900 (todos son lógica 2V8) presentes a bordo.

US\$18.36 de envío y depósito de derechos de importación a Costa Rica Detalles

US\$16.99

US\$18.36 de envío y depósito de derechos de importación a Costa Rica Detalles

Entrega el **3 - 5 de Octubre**

Enviar a Costa Rica

**Solo queda(n) 2 en stock (hay más unidades en camino).**

Cantidad: 1

Agregar al Carrito

Compra ahora

Transacción segura

**Ilustración 66. Precio del módulo SIM900**

Fuente: Amazon (2022).

amazon Enviar a Costa Rica Todos ads1115

Electrónica > Audio y Cine en Casa > Home Theater > Receptores y Amplificadores > Receptores

**4 unidades ADS1115 16 bits I2C IIC, convertidor PGA analógico a digital MELIFE con amplificador de ganancia programable de alta precisión ADC convertidor placa de desarrollo.**  
 Visita la tienda de MELIFE  
 ★★★★★ 7 calificaciones

US\$29.99

US\$25.23 de envío y depósito de derechos de importación a Costa Rica Detalles

**Detalles del producto**

Marca	MELIFE
Voltaje mínimo de alimentación	2 Voltios
Tipo de montaje	Board Mount
Cantidad de canales	4

- Convertidor ADC analógico a digital ADS1115 de 16 bits de 4 canales.

US\$29.99

US\$25.23 de envío y depósito de derechos de importación a Costa Rica Detalles

Entrega el **3 - 4 de Octubre**

Enviar a Costa Rica

**Disponible.**

Cantidad: 1

Agregar al Carrito

Compra ahora

Transacción segura

Enviado por Amazon  
 Vendido por Melife US

**Ilustración 67. Precio del convertidor analógico-digital**

Fuente: Amazon (2022).

Vende en AliExpress | Ayuda | Protección del comprador | App | Español / CRC | Lista

**AliExpress** **JUJIE Tech Official Store** + Seguir  
 100.0% Valoraciones positivas 173 Seguidores

Estoy buscando... En AliExpress

Página principal de la tienda Productos Artículos en oferta Más vendidos Comentarios

**JUJIE**

Transmisor de voltaje trifásico de cuatro cables, GT-T13V de alta precisión, AC 10C 200V, 300V, 400V, 4-20mA, 0-5V, 0-10V, salida de señal

**CRC 25,353.00 - 28,522.13**  
 CRC 2,535.30 Descuento En compras de CRC 3,169.13 o más [Conseguir cupones](#)

Color:

Rango de medición:

Voltaje:

Cantidad:  
  5% dto. (10 unidades o más)  
 59997 unidades disponibles

Envía a Costa Rica

**Envío: CRC 13,532.17**  
 Envío rápido de China a Costa Rica con AliExpress Standard Shipping  
 Fecha estimada de entrega: 67-67 días [Más opciones](#)

**Ilustración 68. Precio del sensor de voltaje trifásico**

**Fuente: AliExpress (2022).**

**AliExpress** **JUJIE Tech Official Store** + Seguir  
 100.0% Valoraciones positivas 173 Seguidores

Estoy buscando... En AliExpress En esta

Página principal de la tienda Productos Artículos en oferta Más vendidos Comentarios

**JUJIE**

Transmisor de voltaje de GT-T2U, transductor de CA 50V, 100V, 200V, 300V, 400V, 50 0V, 600V, entrada de 4-20mA, 0-5V, salida de 0-10V, fuente de alimentación de 24V

★★★★★ 5.0 - 1 Valoración 3 vendidos

**CRC 16,479.45**  
 CRC 2,535.30 Descuento En compras de CRC 3,169.13 o más [Conseguir cupones](#)

Color: 0-20mA output

Rango de medición: AC600V

Voltaje: 24VDC power

Cantidad:  
  500 unidades disponibles

Envía a Costa Rica

**Envío: CRC 8,924.26**  
 Envío rápido de China a Costa Rica con AliExpress Standard Shipping  
 Fecha estimada de entrega: 67-67 días [Más opciones](#)

**Ilustración 69. Precio del sensor de voltaje AC/DC**

**Fuente: AliExpress (2022).**

AliExpress EYEWINK 001 Store 95.5% Valoraciones positivas 955 Seguidores

Estoy buscando... En AliExpress En esta

Página principal de la tienda Productos Artículos en oferta Más vendidos Comentarios



YHDC-transformador de corriente de cierre abierto, SCT-013 0-100A SCT013, Sensor de corriente CA no invasión, transformador de corriente de núcleo

★★★★★ 5.0 - 84 Valoraciones 594 vendidos

**CRC 1,647.95** ~~CRC 1,831.75~~ -10%

CRC 2,535.30 Descuento En compras de CRC 3,169.13 o más [Conseguir cupones](#)

Color: 100A 50MA

5A 1V 15A 1V 20A 1V 30A 1V **100A 50MA** 100A 1V

10A 1V

Cantidad: 1 + 6174 unidades disponibles

Envía a [Costa Rica](#)

**Envío: CRC 1,305.68**  
Envío rápido de China a Costa Rica con Cainiao Super Economy Global  
Fecha estimada de entrega: 62-62 días [Más opciones](#)

[Comprar](#) [Añadir a la cesta](#) [994](#)

Protección al Comprador de 75 días  
Garantía de reembolso

Ilustración 70. Precio del sensor de corriente AC

Fuente: AliExpress (2022).

AliExpress Instrumentation automation Store 91.7% Valoraciones positivas 16 Seguidores

Estoy buscando... En AliExpress En esta

Página principal de la tienda Productos Artículos en oferta Más vendidos Comentarios



Hall DC Current Transducer

- IN: DC0~1500A
- OUT: 4~20mA, 0~5V, 0~10V, RS485
- PWR: DC24V, AC220V

CE RoHS FCC

Sensor de corriente de efecto Hall, transductor de corriente CC CT 800A, 2 cables, circuito cerrado, núcleo dividido, 4-20ma, precio de fábrica

10 vendidos

**CRC 17,244.10** ~~CRC 21,555.12~~ -20%

CRC 2,535.30 Descuento En compras de CRC 3,169.13 o más [Conseguir cupones](#)

Color: 0-10Vdc output

4-20mA output 0-5Vdc output **0-10Vdc output** RS485 output

Rango de medición: DC 0-500A

DC 0-10A DC 0-30A DC 0-50A DC 0-100A DC 0-200A

DC 0-300A **DC 0-500A** DC 0-600A DC 0-800A DC 0-1000A

DC 0-1100A DAC 0-1200A DC 0-1300A DC 0-1400A

DC 0-1500A Customization

Tamaño: 20mm aperture

**20mm aperture** 35mm aperture

Voltaje: DC12V

**DC12V** DC24V

Cantidad: 1 + 100 unidades disponibles

Envía a [Costa Rica](#)

**Envío: CRC 7,837.98**  
Envío rápido de China a Costa Rica con AliExpress Standard Shipping

Ilustración 71. Precio del sensor de corriente DC

Fuente: AliExpress (2022).

### 784503-35

Test Software, LabVIEW, Base, Development Use, Subscription License, Download, Multi Language



VIDEO VIDEO VIDEO  
The actual product may differ from image shown

Manufacturer:	NI
Manufacturer Part No.:	784503-35
Newark Part No.:	15AJ5430
Product Range:	LabVIEW
Technical Datasheet:	784503-35 Datasheet

**Best Seller**

✓ 10 In stock  
Supplier Direct Ship  
Will ship in 2-3 business days  
Non-Cancelable / Non Returnable

**\$528.00**  
Price for: Each  
Multiple: 1 Minimum: 1

Quantity	Price
1+	\$528.00

Qty:  **Add to Cart**

Enter Your Part No./Line Note Add to Favorites

#### Product Range Selector (LabVIEW) [See all from this product range](#)

Software Type	Software Edition	License Type	Media Type	For Use With
LabVIEW	Base	Subscription	Download	NI Test Equipments
Software Language	Supported OS			
Multi Language	Windows			

#### Delivery & Services

- Free Shipping on Orders Over \$150
- Fast Delivery and Easy Returns
- Online Engineering Community - element14

**Ilustración 72. Precio del software LabVIEW**

Fuente: Newark (2022).

ThingSpeak™ Channels Apps Support Commercial Use How to Buy

Messages used per image x 100

<sup>(1)</sup>Not for government, commercial, academic-institutional or other organizational use.  
<sup>(2)</sup>Based on constant update rate.

### Pricing calculator

How many channels?

Currently: 0  
To be added:

Calculated number of channels needed: 10

Calculated Message Use**
31.536.000/year
2.592.000/month
86.400/day
3600/hour
60/minute

\* Typically one channel per device  
\*\* Assumes constant message rate

### Purchase

License type: Home

ThingSpeak units:

x USD 59.00 price/unit/year

**Total: USD 59.00/year**

**Purchase**

You will be taken to the MathWorks store to complete your purchase.

Questions about ThingSpeak purchasing?  
[Licensing FAQ](#) [Contact us](#)

Our Recommendation:  
 Thingspeak units: 1  
 License type: Home  
 Maximum number of channels allowed: 10

**Ilustración 73. Precio de ThingSpeak**

Fuente: ThingSpeak (2022).

## 18.2 Contrato de mantenimiento con TOP Energy S. A.

 <b>JUNTA ADMINISTRATIVA DEL SERVICIO ELECTRICO MUNICIPAL DE CARTAGO</b> Cédula Jurídica 3-007-045087-09 Teléfono: 2550-6800 Apdo. 179-7050 Sitio Web: <a href="http://www.jasec.go.cr">www.jasec.go.cr</a>		N° Orden Compra 001 <b>15877</b> 003			
<b>ORDEN DE COMPRA: LOCAL</b>		<b>23/04/2021</b>			
Proveedor N°: 2463 TOP ENERGY S.A.					
Casa Representate: Cédula N°: 3-101-606538 Moneda: DOLARES		Plazo de entrega: DÍAS NATURALES Forma de Pago: CRÉDITO A 30 DÍAS Lugar de entrega: Cartago Solicitada por: Departamento Mantenimiento de la Red			
Proceso: 2021CD-000007-0018300001 Servicio de Mantenimiento de Puntos de Recarga de Vehículos Eléctricos		Poliza I.N.S.:			
Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
BIENES O SERVICIOS					
1	MANTENIMIENTO DE SISTEMA ELECTRICOS DE EDIFICIOS Mantenimiento preventivo de equipo Semirápido	4	INDETERMINADO	183.00	732.00
2	MANTENIMIENTO DE SISTEMA ELECTRICOS DE EDIFICIOS Mantenimiento correctivo de equipo Semirápido	4	INDETERMINADO	255.00	1,020.00
3	MANTENIMIENTO DE SISTEMA ELECTRICOS DE EDIFICIOS Mantenimiento preventivo de equipo rápido	1	INDETERMINADO	689.00	689.00
4	MANTENIMIENTO DE SISTEMA ELECTRICOS DE EDIFICIOS Mantenimiento correctivo de equipo rápido	1	INDETERMINADO	1,125.00	1,125.00
	IMPUESTOS	1	INDETERMINADO	463.58	463.58
5	MANTENIMIENTO DE SISTEMA ELECTRICOS DE EDIFICIOS Costos por acarrees	1	INDETERMINADO	0.42	0.42
SUBTOTAL BIENES O SERVICIOS (Facturar este subtotal)					
<b>TOTAL: \$ 4,030.00</b>					
<b>Ejecutivo de Cuenta</b>		<b>Firma Autorizada</b>		<b>Firma Autorizada</b>	
FMARRERO		FABIAN ALBERTO MARRERO BERROCAL (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por FABIAN ALBERTO MARRERO BERROCAL (FIRMA) Fecha: 2021.04.26 10:23:17 -06'00'</small>		ALLAN ROBERTO GUILLEN SALGADO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ALLAN ROBERTO GUILLEN SALGADO (FIRMA) Fecha: 2021.04.26 10:43:19 -06'00'</small>	
		Bach.Fabián Marrero Berrocal		Allan Guillén Salgado	

Ilustración 74. Contrato de mantenimiento, parte 1

Fuente: Jasec (2022).

<b>JUNTA ADMINISTRATIVA DEL SERVICIO ELECTRICO MUNICIPAL DE CARTAGO</b>		N° Orden Compra	002
Cédula Jurídica 3-007-045087-09		<b>15877</b>	003
Teléfono: 2550-6800 Apdo. 179-7050 Sitio Web: <a href="http://www.jasec.go.cr">www.jasec.go.cr</a>		<b>23/04/2021</b>	
<b>ORDEN DE COMPRA: LOCAL</b>			
Proveedor N°: 2463 TOP ENERGY S.A.			
Casa Representate: Cédula N°: 3-101-606538 Moneda: DOLARES		Plazo de entrega: DÍAS NATURALES Forma de Pago: CRÉDITO A 30 DÍAS Lugar de entrega: Cartago Solicitada por: Departamento Mantenimiento de la Red	
Proceso: 2021CD-000007-0018300001 Servicio de Mantenimiento de Puntos de Recarga de Vehículos Eléctricos		Poliza I.N.S.:	
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
	<p>cuentan con una garantía del mismo durante un período no menor de DOS MESES, contados a partir de la fecha en que JASEC reciba el objeto del contrato, a entera satisfacción. En caso de que los defectos detectados en los equipos se estimen que puedan ser solucionados en el sitio de instalación, el Contratista tendrá la obligación de proceder a corregir estos defectos a satisfacción de JASEC en un plazo máximo de setenta y dos (72) horas hábiles después de que oficialmente se notifique. En caso de que el equipo no cumpla con las especificaciones técnicas solicitadas en el cartel y sea rechazado, se considerará como no entregado. En el caso de reemplazo total de un bien por las causas enumeradas anteriormente, el reemplazo gozará de la misma garantía de dos meses por cuenta y riesgo del oferente.</p> <p>FORMA DE PAGO: La forma de pago será crédito a 30 días naturales una vez aceptado la totalidad del objeto contractual, que se realizará cada vez que se realice un servicio de los contratados.</p> <p>FISCALIZADOR DEL CONTRATO: El fiscalizador del contrato estará a cargo del Ing. Mario Alberto Jiménez Brenes a quien podrá localizar al correo <a href="mailto:mario.jimenez@jasec.go.cr">mario.jimenez@jasec.go.cr</a> y el suplente para en casos de ausencia el Ing. Minor Hernández Navarro, correo electrónico <a href="mailto:minor.hernandez@jasec.go.cr">minor.hernandez@jasec.go.cr</a> quienes realizarán la coordinación, verificación del objeto de la presente licitación.</p> <p>En ningún caso el fiscalizador podrá o estará autorizado para solicitar servicios por encima del estimado económico y de la reserva presupuestaria correspondiente, al tenor de lo dispuesto en el artículo 110 inciso a) y f) de la Ley de la Administración Financiera de la República. De igual forma por el Deber de Verificación regulado en el artículo 188 del DE-MINAET 35148 el contratista debe asegurarse que el procedimiento de contratación administrativa y la ejecución contractual sean correctos y apegados a la normativa pública del contrato y del cartel respectivo.</p> <p>DOCUMENTOS INTEGRANTES DEL CONTRATO: Forma parte integrante de este contrato tal y como si estuvieran literalmente transcritos, la Ley 8660 en materia de Contratación Administrativa, Reglamento Ejecutivo a la Ley de Fortalecimiento y Modernización de las Entidades Públicas Decreto Ejecutivo N°35148-MINAET, Reglamento de Referendo de la Administración Pública, el cartel de la Licitación, la oferta del contratista y la orden de compra.</p> <p><b>Otras Condiciones Importantes:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sin excepción para iniciar el trámite de pago se debe presentar orden(es) de compra original y factura electrónica, en consecuencia el plazo convenido para pagar, se contará a partir de la fecha que se cumpla esta condición. A falta de especificaciones se entiende que JASEC paga a 30 días crédito directamente en las Cuentas del Proveedor, el cual deberá indicar en la factura el N° de Cuenta y Banco respectivo. Únicamente con el Banco de Costa Rica y Nacional.</li> <li>2. Comprobantes electrónicos: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) El comprobante electrónico debe ser emitido a nombre de JASEC, con su respectiva cédula jurídica y debe incluir en su detalle: número de orden de compra, nombre y correo electrónico del fiscalizador.</li> <li>b) El comprobante electrónico para su aceptación tributaria, debe ser remitido a la dirección de correo del fiscalizador como también a la dirección: <a href="mailto:factura.electronica@jasec.go.cr">factura.electronica@jasec.go.cr</a></li> <li>c) En caso de inconsistencias en los comprobantes electrónicos el Fiscalizador</li> </ol> </li> </ol>		
		<b>TOTAL:</b>	
		<b>4,030.00</b>	
<b>Ejecutivo de Cuenta</b>		<b>Firma Autorizada</b>	
FMARRERO		FABIAN ALBERTO MARRERO BERROCAL (FIRMA)	
			
Bach.Fabián Marrero Berrocal		Allan Guillén Salgado	

**Ilustración 75. Contrato de mantenimiento, parte 2**

Fuente: Jasec (2022).

<b>JUNTA ADMINISTRATIVA DEL SERVICIO ELECTRICO MUNICIPAL DE CARTAGO</b> Cédula Jurídica 3-007-045087-09 Teléfono: 2550-6800 Apdo. 179-7050 Sitio Web: <a href="http://www.jasec.go.cr">www.jasec.go.cr</a>		N° Orden Compra <b>15877</b>	003 003																																		
<b>ORDEN DE COMPRA: LOCAL</b>		<b>23/04/2021</b>																																			
Proveedor N°: 2463 TOP ENERGY S.A.																																					
Casa Representate: Cédula N°: 3-101-606538 Moneda: DOLARES		Plazo de entrega: DÍAS NATURALES Forma de Pago: CRÉDITO A 30 DÍAS Lugar de entrega: Cartago Solicitada por: Departamento Mantenimiento de la Red																																			
Proceso: 2021CD-000007-0018300001 Servicio de Mantenimiento de Puntos de Recarga de Vehículos Eléctricos		Poliza I.N.S.:																																			
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>																																
<p>le notificará al Proveedor el cual deberá emitir las Nota de Débito o Crédito en un plazo máximo de 2 días hábiles posteriores a su notificación.</p> <p>3. A menos que se estipule lo contrario, el precio consignado en este documento, no incluye el impuesto de venta según Ley #6995 Art. 152.</p> <p>4. No se aceptarán facturas cuyos precios o condiciones difieran de los consignados en este documento, a excepción de las autorizadas por la PROVEEDURIA.</p> <p>5. Toda mercadería que sea entregada en nuestras bodegas viajará por cuenta y riesgo del contratista.</p> <p>6. Salvo que se indique esta condición, no se admiten entregas parciales.</p> <p>7. El contratista deberá presentar para el pago la certificación vigente de la CCSS en la que aparezca como patrono inscrito ante la Caja Costarricense del Seguro Social y en la misma deberá constar que está al día en el pago de las obligaciones patronales y del INS al día.</p> <p>8. En la factura deberá detallar por cada línea adjudicada el porcentaje de la tarifa correspondiente al IVA que le sea aplicable en el monto total. Además se debe desglosar por porcentaje el total de IVA imputado</p> <p><b>Desglose Presupuestario:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Reserva</th> <th style="text-align: left;">Centro Costo</th> <th style="text-align: left;">Cuenta</th> <th style="text-align: right;">Monto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>22854</td> <td>01-00-00-00-00</td> <td>9-1-0-0-00-00-0-0-000</td> <td style="text-align: right;">289,737.50</td> </tr> <tr> <td>22854</td> <td>01-02-01-01-01</td> <td>1-08-03-00</td> <td style="text-align: right;">2,229,012.50</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;"><b>Total:</b></td> <td style="text-align: right; border-top: 1px solid black;">2,518,750.00</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Desglose Contable:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Reserva</th> <th style="text-align: left;">Centro Costo</th> <th style="text-align: left;">Cuenta</th> <th style="text-align: right;">Monto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>22854</td> <td>01-04-01-00-00</td> <td>501-002-004-005-000-000-0</td> <td style="text-align: right;">2,229,013.00</td> </tr> <tr> <td>22854</td> <td>10-02-03-00-00</td> <td>200-020-050-006-001-000-0</td> <td style="text-align: right;">289,738.00</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;"><b>Total:</b></td> <td style="text-align: right; border-top: 1px solid black;">2,518,751.00</td> </tr> </tbody> </table>						Reserva	Centro Costo	Cuenta	Monto	22854	01-00-00-00-00	9-1-0-0-00-00-0-0-000	289,737.50	22854	01-02-01-01-01	1-08-03-00	2,229,012.50	<b>Total:</b>			2,518,750.00	Reserva	Centro Costo	Cuenta	Monto	22854	01-04-01-00-00	501-002-004-005-000-000-0	2,229,013.00	22854	10-02-03-00-00	200-020-050-006-001-000-0	289,738.00	<b>Total:</b>			2,518,751.00
Reserva	Centro Costo	Cuenta	Monto																																		
22854	01-00-00-00-00	9-1-0-0-00-00-0-0-000	289,737.50																																		
22854	01-02-01-01-01	1-08-03-00	2,229,012.50																																		
<b>Total:</b>			2,518,750.00																																		
Reserva	Centro Costo	Cuenta	Monto																																		
22854	01-04-01-00-00	501-002-004-005-000-000-0	2,229,013.00																																		
22854	10-02-03-00-00	200-020-050-006-001-000-0	289,738.00																																		
<b>Total:</b>			2,518,751.00																																		
<b>TOTAL:</b>					<b>4,030.00</b>																																
<b>Ejecutivo de Cuenta</b> FMARRERO		<b>Firma Autorizada</b> FABIAN ALBERTO MARRERO BERROCAL (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por FABIAN ALBERTO MARRERO BERROCAL (FIRMA)          Fecha: 2021.04.26 10:13:00 -06'00'</small>		<b>Firma Autorizada</b> ALLAN ROBERTO GUILLEN SALGADO (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por ALLAN ROBERTO GUILLEN SALGADO (FIRMA)          Fecha: 2021.04.26 10:44:33 -06'00'</small>																																	
_____ Bach.Fabián Marrero Berrocal		_____ Allan Guillén Salgado																																			

**Ilustración 76. Contrato de mantenimiento, parte 3**

Fuente: Jasec (2022).

18.3 Años de vida útil y depreciación de los equipos según el Ministerio de Hacienda



**"Hacienda Pública activa para el desarrollo económico y social"**

**Contabilidad  
Nacional  
República de  
Costa Rica**

Bien o Actividad	Porcentaje Anual de Depreciación (Método línea recta)	Años de Vida Útil
Equipo de ingeniería	10	10
Equipo de irrigación:		
Permanente	5	20
Pivote central	7	15
Por gravedad	5	20
Goteo	15	7
Aspersión	10	10
Equipo de laboratorios	10	10
Equipo de lavandería	5	20
Equipo de odontología	10	10
Equipo de oficina y mobiliario	10	10
Equipo de Ordeño	10	10
Equipo de Proyección (cine y sonido)	10	10
Equipo de Proyección y sonido (T.V.)	10	10
Equipo de radio y telefonía	10	10
Equipo de rayos X y fluoroscopia	10	10
Equipo de refrigeración	7	15
Equipo de relojería	10	10
Equipo de sonido	10	10
Equipo de de topografía	10	10
Equipo electrónico especializado	20	5
Equipo fotográfico (electrónico)	20	5
Equipo fotográfico (mecánico)	10	10
Equipo instrumental para profesionales	10	10
Equipo instrumental quirúrgico	10	10
Equipo médico	10	10
Equipo para pesca, excepto embarcaciones	20	5
Equipo y maquinaria (actividades agropecuaria)	10	10
Escaleras	10	10
Escaleras eléctricas	7	15
Escritorios (toda clase)	10	10
Esmeriladores	10	10
Espectrofotómetros	10	10
Estantería	10	10
Estañones	10	10
Estereotipia (talleres)	7	15
Etiquetadoras	7	15
Estufas	10	10
Evaporadoras	7	15
Excavadoras	15	7
Exhibidores	10	10
Extintores	7	15
Extractores de aire	10	10
Extrusoras	10	10

**Ilustración 77. Años de vida útil y depreciación de los equipos**

Fuente: Ministerio de Hacienda (2022).

## 18.4 Porcentajes e indicadores financieros

3 Precios Sociales Área de Inversiones - Unidad de Inversiones Públicas	
<b>Valores de los Precios Sociales</b>	
<b>TASA SOCIAL DE DESCUENTO</b>	
TSD	8,31
<b>PRECIO SOCIAL DE LA DIVISA Y FACTOR ESTÁNDAR DE CONVERSIÓN</b>	
Divisa	1,0645
FEC	0,9394
<b>MANO DE OBRA</b>	
Calificada Alta	0,947
Calificada Media	0,971
No Calificada	0,94
<b>BIENES TRANSABLES Y NO TRANSABLES</b>	
BTyBNT	VER EXCEL <small>(previsualizar y descargar)</small>

Área de Inversiones  
Unidad de Inversiones Públicas  
Email: [inversionespublicas@mideplan.go.cr](mailto:inversionespublicas@mideplan.go.cr)  
Tel: (504) 2202-8401 / 2202-8629  
[www.mideplan.go.cr](http://www.mideplan.go.cr)



**Ilustración 78. Tasa social de descuento**

**Fuente: Mideplan (2021).**

La mayor cantidad de [vehículos eléctricos](#) registrados en nuestro país fue el pasado mes de junio, que rompió récords históricos como nunca antes, esto según datos oficiales del Ministerio de Ambiente y Energía, a partir de información suministrada por el Registro Nacional.

Lea más: [Los carros eléctricos en Costa Rica: las respuestas a todas sus preguntas](#)

Solo en el mes de junio, el 9.6% de los vehículos registrados fueron clasificados como 100% eléctricos, lo que significa que cerca de uno de cada diez vehículos que ingresó al país es cero emisiones.

Esta tendencia ha ido en aumento a lo largo del primer semestre del año, donde si tomamos en cuenta los primeros seis meses los vehículos eléctricos representan un 3.6% de la totalidad de importados, si tomamos los últimos cuatro meses representan el 4.57% y si se toma el último mes representan el 9.6%.

**Ilustración 79. Porcentaje de incremento de vehículos eléctricos en Costa Rica**

**Fuente: Herrera (2022).**

## Expectativas de inflación a 12 meses m1/m2 (porcentaje, puntos porcentuales y cantidad)

	Promedio (%)	Mediana (%)	Moda (%)	Desviación estándar (p.p.)	Decil 1 (%)	Decil 9 (%)
Abril/2021						
Mayo/2021						
Junio/2021						
Julio/2021						
Agosto/2021						
Septiembre/2021						
Octubre/2021						
Noviembre/2021						
Diciembre/2021	4,0	3,8	3,0	1,4	2,7	5,7
Enero/2022	3,8	3,6	4,0	1,6	2,0	5,0
Febrero/2022	4,3	4,0	4,0	2,2	1,5	6,0
Marzo/2022	5,3	5,0	5,0	3,3	3,4	7,0
Abril/2022	5,7	5,3	6,0	2,9	3,0	8,0
Mayo/2022	6,1	6,0	6,0	2,5	3,0	9,0
Junio/2022	6,6	6,6	6,0	3,8	3,5	10,0
Julio/2022	8,1	8,0	10,0	3,8	3,8	12,0
Agosto/2022	9,9	9,5	12,0	4,9	4,7	15,0
Septiembre/2022	7,9	8,0	8,0	3,5	4,3	11,7

**Ilustración 80. Porcentaje de inflación anual en Costa Rica**

**Fuente: Banco Central de Costa Rica (2022).**

The screenshot shows the top section of the website for the Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) of Costa Rica. It includes the MTSS logo, the Costa Rica 22 logo, and a navigation menu with items like 'Inicio', 'Contáctenos', 'Despacho', and a search bar. Below the navigation menu, there is a secondary menu with categories like 'El Ministerio', 'Transparencia', 'Trámites y Servicios', 'Temas Laborales', 'Seguridad Social', and 'Empleo y Form'. At the bottom of the screenshot, a breadcrumb trail reads: 'Inicio | Prensa | Comunicados | 2021 | octubre | Consejo Nacional de Salarios aprueba aumento en salarios mínimos del sector privado'.

## Consejo Nacional de Salarios aprueba aumento en salarios mínimos del sector privado

Octubre 25, 2021

CP-027-2021 MTSS

- Aumento aprobado por mayoría fue del 2,09% general para todos los salarios mínimos del sector privado
- Será de aplicación obligatoria a partir del 1º de enero de 2022

**Ilustración 81. Porcentaje de aumento de salarios anuales en Costa Rica**

**Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2022).**