



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PRESENCIAL

TEMA:

“Diseño de un sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de *(INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN)*

Línea de investigación:

Producción industrial y tecnología sostenible

AUTOR(A):

Jason Eduardo Cervantes Tafur

DIRECTOR(A):

Carlos Alberto Vásquez Ayala

Ibarra, Julio 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1002754313		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cervantes Tafur Jason Eduardo		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Brasil 5-20 y Panamá		
EMAIL:	eduardoct.ct@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062640369	TELÉFONO MÓVIL:	0995922509

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de un sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID
AUTOR (ES):	Jason Eduardo Cervantes Tafur
FECHA: DD/MM/AAAA	29/07/2024
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERIA EN ELECTRONICA Y REDES DE COMUNICACIÓN
ASESOR /DIRECTOR:	Carlos Alberto Vasquez Ayala

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de Julio de 2024

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Jason Eduardo Cervantes Tafur

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 29 de julio de 2024

MAGISTER VASQUEZ AYALA CARLOS ALBERTO, DIRECTOR DEL TRABAJO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



Ing. Carlos Alberto Vásquez Ayala, MsC.

C.C.: 1002424982

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Diseño de un sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID” elaborado por Jason Eduardo Cervantes Tafur, previo a la obtención del título del Ingeniero en Electrónica y redes de comunicación, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



Ing. Carlos Alberto Vásquez Ayala, MsC.
C.C.: 1002424982



Ing. Jaime Roberto Michilena Calderón MSc.
C.C.: 1002198438

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres Eduardo y Luci quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mis hermanos y amigos por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron y aportaron a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en diferentes momentos. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo; también hago extenso reconocimiento a todos los docentes de mi Educación Superior, quienes me han dado las pautas para mi formación profesional.

RESUMEN

Los avances tecnológicos ayudan a simplificar tareas y organizar procesos con la finalidad de lograr mejores resultados con mayor rapidez y precisión, el prototipo propuesto tiene como objetivo optimizar el análisis de costos en la producción del producto final. La implementación del dispositivo basado en tecnología RFID, inicialmente se debe recopilar información sobre la industria y el tipo de tecnología y elementos electrónicos involucrados en el desarrollo de la solución propuesta, para la supervisión del uso de maquinaria y obtener variables de la misma, detallando las tecnologías inalámbricas, sensores y microcontroladores que pueden contribuir al desarrollo de la solución propuesta.

Mediante el acoplamiento de un servidor en Raspberry PI y un Arduino 1 se adecua la señal mediante un conversor análogo digital y con el software se adapta la medición de corriente (I) en amperios (A) y como resultado obtener una señal de potencia (P) en vatios (watts (W)), de tal manera que sea posible verificar la obtención de datos y la presentación de los mismos, para la autenticación y acceso a la maquinaria se realiza por medio de tecnología RFID.

Con las pruebas realizadas para el usuario administrador y usuario operador se comprueba la obtención de los datos, así como el funcionamiento e integración de los componentes que conforman el sistema, para así entregar un reporte final con el propósito de que el administrador pueda obtener datos para realizar un análisis que le sea favorable a la optimización de costos o elaboración de plan de mantenimiento de la maquinaria.

ABSTRACT

Technological advances help to simplify tasks and organize processes in order to achieve better results more quickly and accurately, the proposed prototype aims to optimize cost analysis in the production of the final product. The implementation of the device based on RFID technology, initially information must be collected about the industry and the type of technology and electronic elements involved in the development of the proposed solution, for monitoring the use of machinery and obtain variables of the same, detailing the wireless technologies, sensors and microcontrollers that can contribute to the development of the proposed solution.

By coupling a Raspberry PI server and an Arduino 1, the signal is adapted by means of an analog digital converter and the software adapts the current measurement (I) in amperes (A) and as a result obtains a power signal (P) in watts (W), so that it is possible to verify the data collection and presentation of the same, for authentication and access to the machinery is done by RFID technology.

With the tests performed for the administrator user and operator user, the data collection is checked, as well as the operation and integration of the components that make up the system, in order to deliver a final report so that the administrator can obtain data to perform an analysis that is favorable to the optimization of costs or development of maintenance plan for the machinery.

INDICE

1.1. TEMA	16
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.3. OBJETIVOS	18
1.4. ALCANCE.....	18
1.6. JUSTIFICACIÓN	21
2.1. DEFINICIONES DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS.	24
2.1.1. SEÑAL ANALÓGICA Y DIGITAL.....	24
2.2. SISTEMA GENERAL Y SUS COMPONENTES.....	25
2.2.1. UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO.....	25
2.2.2. ELEMENTOS DE ENTRADA Y SALIDA	26
2.3. MAQUINAS TRIFÁSICAS	26
2.3.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	26
2.3.2. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS TRIFÁSICOS	30
2.3.3. CONEXIONES DE LOS SISTEMAS TRIFÁSICOS	30
CONEXIÓN EN ESTRELLA	31
CONEXIÓN EN TRIANGULO.....	31
2.4. SISTEMAS ANALÓGICOS Y DIGITALES	32
2.4.1. DISEÑO DE SISTEMA ANALÓGICO-DIGITAL.	32
2.4.2. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DIGITALES FRENTE A LOS ANALÓGICOS.....	32
2.5. SENSORES	33
2.5.1. CLASIFICACIÓN DE SENSORES.....	34
2.5.1.1. PRINCIPIO DE TRANSDUCCIÓN.....	34
2.5.1.2. TIPO DE VARIABLE MEDIDA.....	34
2.5.1.3. VELOCIDAD, POSICIÓN Y ACELERACIÓN.....	35

2.5.1.4.	COLOR, LUZ Y VISIÓN.	36
2.5.1.5.	SENSORES DE NIVEL Y PROXIMIDAD	37
2.5.2.	CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS.....	42
2.5.3.	CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS.....	43
2.6.	ARDUINO UNO	44
2.6.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	44
2.7.	PCDUINO V2 Y V3.	45
2.7.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PCDUINO2	47
2.7.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PCDUINO3.	48
2.8.	EXPRESSIF-ESP.....	49
2.8.1.	NODEMCU V2 ESP8266 WIFI	49
2.8.2.	NODEMCU-32 - ESP32 WIFI	52
2.9.	ARQUITECTURA DE RED	54
2.9.1.	MODELOS DE REFERENCIA OSI.....	54
2.10.	ESTÁNDAR IEEE 802.11	54
2.10.1.	VERSIONES DEL ESTÁNDAR 802.11.....	55
2.11.	TECNOLOGÍA RFID.....	57
2.11.1.	DEFINICIÓN.	57
2.11.2.	VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA RFID	57
2.11.3.	FUNCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA RFID	58
2.11.3.1.	COMPONENTES DEL SISTEMA DE RFID.....	59
2.11.3.2.	ETIQUETAS RFID	59
2.11.3.3.	TIPOS DE ETIQUETAS RFID.....	60
2.11.3.4.	LECTOR DE RFID.	61
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	63
3.1.1.	PROPÓSITO DEL SISTEMA	63

3.2. DESARROLLO DEL SISTEMA	63
3.2.1. FASES DEL MODELO EN CASCADA	64
3.3. ANÁLISIS	67
3.3.1. SITUACIÓN ACTUAL	67
3.4. REQUERIMIENTOS	68
3.4.1. STAKEHOLDERS	68
3.4.2. REQUERIMIENTOS DE LOS STAKEHOLDERS	69
3.4.3. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	70
3.4.4. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO Y ARQUITECTURA.....	71
3.5. SELECCIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE.....	72
3.5.1. ELECCIÓN DE HARDWARE.....	73
3.5.1.1. ORDENADOR DE PLACA ÚNICA.....	73
3.5.1.2. PLACA DE MICROCONTROLADOR DE CÓDIGO ABIERTO	73
3.5.1.3. SENSORES DE CORRIENTE	74
3.5.2. ELECCIÓN DE SOFTWARE	74
3.6. DISEÑO DEL SISTEMA.....	74
3.6.1. DIAGRAMA DE BLOQUES	74
3.6.2. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA	76
3.6.3. DIAGRAMA DE CIRCUITO Y CONEXIONES	76
3.7. PROGRAMACIÓN	79
4.1. PRUEBAS FUNCIONALES.....	83
4.1.1. ACCESO DE ADMINISTRADOR	83
4.1.2. ACTIVACIÓN DE LA MAQUINARIA Y EL SENSOR.....	84
4.1.3. COMUNICACIÓN ENTRE MÓDULOS.....	85
4.1.4. CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	86
4.1.4.1. DISEÑO DE BASE DE DATOS	86

4.1.4.2.	TABLA PANEL	87
4.1.4.3.	TABLA DASHBOARD_SNAPSHOT	87
4.1.4.4.	TABLA DASHBOARD_TAGS	88
4.1.4.5.	TABLA USER.....	88
4.1.4.6.	TABLA ORG	88
4.1.4.7.	TABLA ORG_USER	88
4.2.	INTEGRACIÓN	90
4.2.1.	PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA	90
4.2.2.	COMPONENTES DEL SISTEMA	91
4.2.3.	SENSOR DE CORRIENTE.....	92
4.3.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	93
4.3.1.	FICHA DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	94
	CONCLUSIONES	128
	RECOMENDACIONES.....	129
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	133
	ANEXOS	136
	ANEXO A: CÓDIGO ARDUINO LECTURA RFID	136
	ANEXO B: CÓDIGO AUTENTICACIÓN ARDUINO LECTURA RFID	137
	ANEXO C: CÓDIGO AUTENTICACIÓN ARDUINO RFID ENCENDIDO MAQUINARIA	139
	ANEXO D: CÓDIGO CALIBRACIÓN DE SENSOR DE CORRIENTE	141
	ANEXO E: PROGRAMACIÓN	142
	ANEXO F: CÓDIGO TOTAL CON RFID, RELAY Y SENSOR DE CORRIENTE EN ARDUINO.	153
	ANEXO G: DIAGRAMAS Y DISEÑO DE PLACAS	157

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	16
Figura 2	19
Figura 3	24
Figura 4	25
Figura 5	25
Figura 6	27
Figura 7	27
Figura 8	29
Figura 9	29
Figura 10	31
Figura 11	31
Figura 12	34
Figura 13	35
Figura 14	36
Figura 15	37
Figura 16	38
Figura 17	40
Figura 18	41
Figura 19	41
Figura 20	44
Figura 21	46
Figura 22	50
Figura 23	52
Figura 24	54
Figura 25	58
Figura 26	59
Figura 27	59
Figura 28	62
Figura 29	67
Figura 30	75
Figura 31	76
Figura 32	77
Figura 33	77

Figura 34.....	78
Figura 35	82
Figura 36.....	83
Figura 37.....	84
Figura 38.....	85
Figura 39.....	86
Figura 40.....	89
Figura 41.....	90
Figura 42.....	91
Figura 43.....	91
Figura 44.....	92
Figura 45.....	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	28
Tabla 2	45
Tabla 3	47
Tabla 4	48
Tabla 5	61
Tabla 6	65
Tabla 7	68
Tabla 8	69
Tabla 9	69
Tabla 10	70
Tabla 11	71
Tabla 12	73
Tabla 13	73
Tabla 14	74
Tabla 15	93
Tabla 16	94
Tabla 17	96
Tabla 18	98
Tabla 19	100
Tabla 20	102
Tabla 21	103
Tabla 22	105
Tabla 23	108
Tabla 24	110
Tabla 25	113
Tabla 26	115
Tabla 27	118
Tabla 28	121
Tabla 29	124

CAPÍTULO I

1.1. Tema

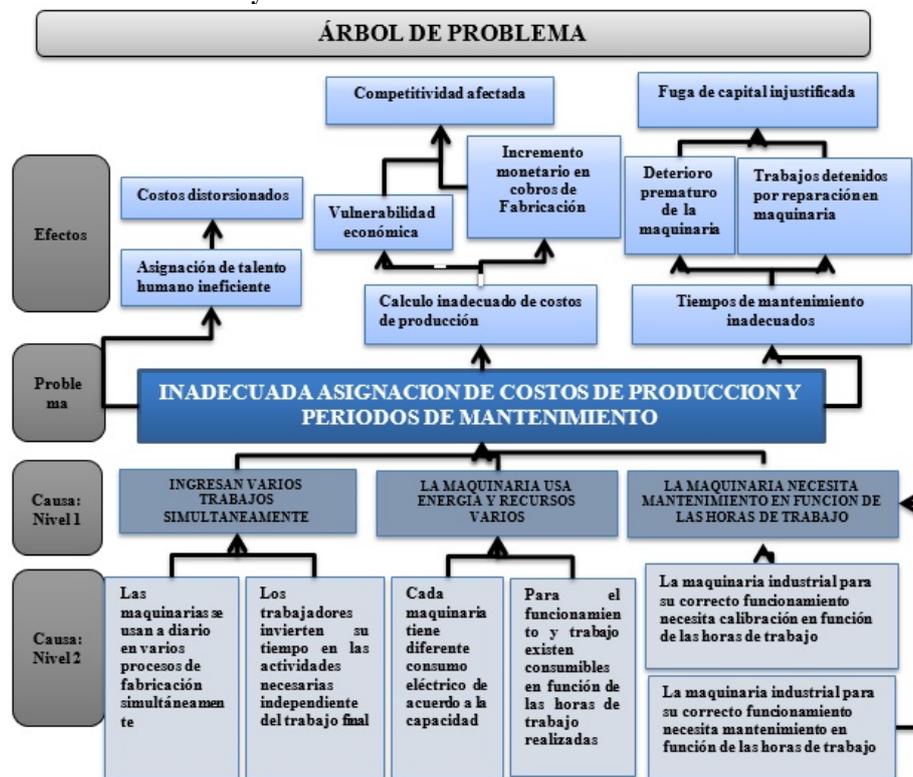
Diseño de un sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID

1.2. Planteamiento del Problema

En los procesos de formado y maquinado se usa varios subprocesos que involucran distintas máquinas y herramientas, así como la mano de obra de personal especializado, en lo cual la falta de información del uso de recursos y el control de la maquinaria no permite tener la asignación del tiempo de producción y de costos en la elaboración de una pieza, en la figura 1 se detalla el árbol de problema con sus efectos y causas.

Figura 1

Árbol de Problema con causas y efectos



Nota: La ilustración representa las causas y efectos del problema.

En la elaboración de un repuesto industrial influyen varios procesos de fabricación tanto siderúrgico como metalúrgico, es así que se debe elaborar un modelado digital y pasar a un molde físico con las medidas de elaboración para con esto recrear un molde de vaciado en arcillas especiales, por otra parte la preparación de la aleación de metales a ser utilizado se calcula en función de los requerimientos mecánicos del repuesto y se funde en hornos de inducción eléctrica que sería una de las maquinas objeto del prototipo a utilizar, una vez realizado el proceso siderúrgico el repuesto pasa a proceso de maquinado en varias herramientas, las mismas que aportan al cálculo final del costo del repuesto para llegar a las tolerancias de trabajo adecuadas. (Haro Flores, 2017)

Se debe de tener en cuenta diferentes aspectos, En los cuales se encuentra la maquinaria utilizada en la manufactura, el personal de operación y la materia prima, para la maquinaria tenemos variables de consumo de energía eléctrica, piezas, lubricantes consumibles y desgaste propio del trabajo; las variables antes mencionadas generan costos que aportan al costo final de producción, indispensable para obtener un precio adecuado del producto final. (Joskowicz, 2013)

Los avances tecnológicos ayudan a simplificar tareas y organizar procesos con la finalidad de lograr mejores resultados con mayor rapidez y exactitud, el prototipo propuesto pretende optimizar el análisis de costos en la elaboración del producto final. La implementación del dispositivo basado en tecnología RFID permitirá al operador el acceso a la maquinaria sin contacto directo, de esta manera se evita la contaminación con lubricantes o químicos propios de la manufactura y al mismo tiempo brinda al administrador las herramientas necesarias para procesos de costos y realizar la planificación de mantenimientos oportunos a la maquinaria. (De & De Sistemas, n.d.)

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la bibliografía asociada en el proceso de maquinado de una pieza industrial.
- Determinar las variables que influyen en el proceso metalúrgico de fabricación de un repuesto industrial.
- Realizar un sistema de sensores y acceso para el control de las estaciones de trabajo mediante autenticación usando RFID.
- Ejecutar las pruebas de funcionamiento y obtener los datos de medición del sistema de supervisión.

1.4. Alcance

Este proyecto se desarrollará mediante la metodología en cascada teniendo en cuenta cada una de las faces que implica, tal como el análisis, diseño, implementación, verificación y mantenimiento, este modelo permite estructurar de manera clara cada uno de los objetivos que se pretende alcanzar.

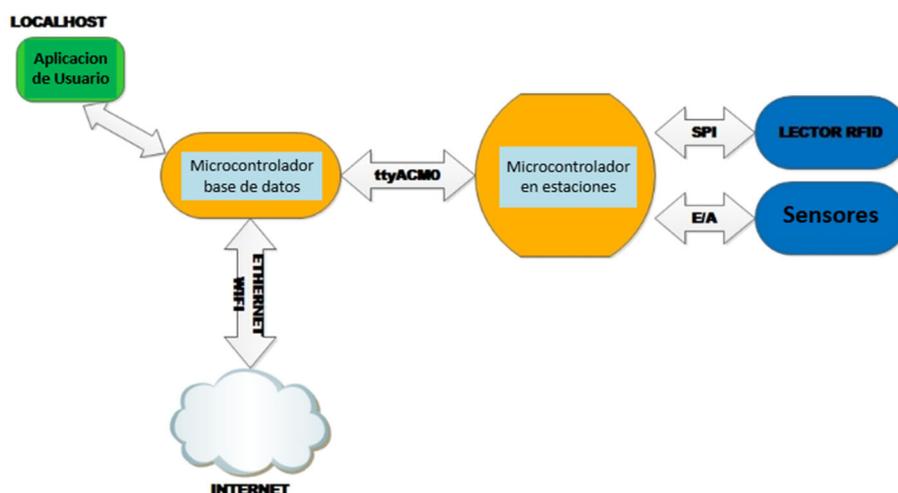
Inicialmente se debe recopilar información sobre la industria y el tipo de tecnología y dispositivos electrónicos involucrados en la elaboración de la solución propuesta para uso de maquinaria y obtención de variables de esta, para obtener conocimientos y comprender los procesos involucrados en la fabricación de un repuesto mecánico y el funcionamiento de la maquinaria utilizada, detallando las tecnologías inalámbricas, sensores y microcontroladores que pueden aportar al desarrollo de la solución propuesta.

revisará la manera que los datos deben ser entregados a la siguiente fase del proceso, este sería el controlador, es decir se determina la necesidad o no de conversores análogo-digitales o si es necesario otro método de tratamiento de señales, de tal manera se pueda comprobar la obtención de datos y la presentación de los mismo para garantizar la precisa adquisición de la información se debe realizar una revisión y compilación del código.

Con esta información se generará un informe a través de una aplicación, a fin de que se pueda realizar un plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria basado en el tiempo de trabajo para alargar la vida útil de la misma y la obtención de datos que permiten realizar análisis como, por ejemplo, de los costos reales en los procesos de producción o el cálculo de horas de trabajo de un operador necesarias para un proceso en específico (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, n.d.), en la figura 2 se observa la arquitectura de diseño del sistema propuesto.

Figura 2

Arquitectura de diseño del dispositivo



Nota: diagrama de flujo del procesamiento de obtención de datos entre usuario, microcontrolador y tecnología RFID

El sistema propuesto pretende obtener datos desde sensores conectados directamente a la maquinaria, así como autenticar el acceso del operador y comunicarse con un procesador de datos que a su vez recopila la información para enviar a un servidor y base de datos donde es almacenada. Para estar a disposición del usuario por medio de una aplicación o poder disponer de manera remota de ella.

1.5.Contexto

En el trabajo de titulación por parte de Pillo Guanoluisa, Darwin Marcelo se realiza Control de personal para Colegio UTN, mediante la utilización de un controlador Ethernet y la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID), aquí utiliza comunicación ethernet y está enfocado al control de asistencia y tiempos de entrada y salida del personal (Pillo Guanoluisa, 2013)

Tenemos en el repositorio de la Universidad Técnica del Norte el trabajo realizado por Haro Flores, Emerson Gabriel que se refiere a Sistema de control de acceso y monitoreo de estudiantes con el uso de tecnología inalámbrica de identificación automática (RFID) en la Universidad Técnica del Norte, este trabajo tiene como objetivo Diseñar un sistema de control de acceso mediante el uso de tecnología inalámbrica de identificación automática que permita la regulación en el ingreso a la Universidad Técnica del Norte, y registro de personas mediante el uso de una base de datos. Está enfocado al control de personas que ingresan al campus de la universidad. (Haro Flores, 2017)

En el trabajo de titulación Máquina dosificadora de leche para la alimentación de terneras en la provincia del Carchi. Realizado por Morán Figueroa, Erik Fernando se realiza con tecnología RFID la identificación de animales y su registro de producción de leche. Se utiliza los identificadores propios del Tag RFID para obtener la información del animal. (Morán Figueroa, 2016)

En el repositorio de la Universidad Técnica del Norte tenemos el trabajo de titulación por parte de Inuca Morales, Marco Geovany que se refiere a Estudio de nuevas tecnologías de gestión de bases de datos NOSQL para el desarrollo de aplicaciones web 2.0 este trabajo ayuda a la utilización de la base de datos y su comunicación con la aplicación de presentación al usuario. (Inuca Morales, 2017)

Monitoreo de equipos industriales mediante la observación, análisis y deducción. El objetivo es diseñar una arquitectura colaborativa de datos para monitoreo de equipos industriales en una empresa (De & De Sistemas, n.d.)

Existe un trabajo realizado por Santiago Mejía Sánchez de la universidad católica de Pereira que hace referencia a un sistema de almacenamiento y transmisión de dato aplicado a la medición de variables en fuentes hídricas. (Mejía Sánchez, 2015)

Este sistema se basa en una plataforma de transmisión proveerá la conectividad necesaria para la recolección y envío de los datos requeridos por los productores agropecuarios. (Ramero, 2017).

1.6. Justificación

Esta solución de investigación se basa en los Objetivos de desarrollo sostenible por parte de la Organización de las naciones unidas Objetivo 9 que dice “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación”

El Objetivo 9 pretende construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. El crecimiento económico, el desarrollo social y la acción por el clima dependen en gran medida de las inversiones en infraestructuras, el desarrollo industrial sostenible y el progreso tecnológico. Ante la rápida evolución del panorama económico mundial y el aumento de las desigualdades, el crecimiento sostenido debe implicar una industrialización que, en primer lugar, haga

accesibles las oportunidades a todas las personas y, en segundo lugar, se apoye en la innovación y en infraestructuras resistentes.

La industria manufacturera mundial, considerada uno de los motores del crecimiento económico global, ha venido experimentando un declive constante debido a los aranceles y las tensiones comerciales, incluso antes del inicio de la pandemia de la COVID-19. El declive de la industria manufacturera provocado por la pandemia ha tenido graves repercusiones en la economía mundial.

Esto se debe principalmente a la elevada inflación, los cambios en el precio de la energía, las continuas interrupciones en el suministro de materias primas y productos intermedios, y la desaceleración de la economía mundial.

Mientras que los países menos adelantados (PMA) de Asia han realizado progresos considerables, los PMA de África tendrían que cambiar la trayectoria actual e intensificar significativamente sus avances para alcanzar el objetivo de aquí a 2030. Sin embargo, las industrias de tecnología media-alta y alta mostraron sólidas tasas de crecimiento. (ONU, 2024.)

La meta uno del objetivo 9 nos habla sobre, Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos. (ONU, 2024)

El conocimiento de los costos de producción es un elemento determinante al momento de establecer un precio competitivo para usuario final, este proyecto permitirá determinar los costos de producción de cada proceso de forma precisa, y facilitará el cálculo de este para asegurar un margen de ganancia real.

Todo proceso mecánico genera un desgaste en las partes de la maquinaria que es controlable bajo ciertos parámetros, el conocimiento de esos parámetros es fundamental

para el buen desempeño de la máquina y extender su vida útil, con la centralización de la información se dispone de una herramienta que facilita el control de la maquinaria, esto permitirá a la empresa ofrecer a sus clientes precios competitivos, así como reducir costos en mantenimiento correctivo de su maquinaria.(Ramos et al., 2020b)

Monitoreo de equipos industriales mediante la observación, análisis y deducción. El objetivo es diseñar una arquitectura colaborativa de datos para monitoreo de equipos industriales en una empresa (De & De Sistemas, n.d.)

Existe un trabajo realizado por Santiago Mejía Sánchez de la universidad católica de Pereira que hace referencia a un sistema de almacenamiento y transmisión de dato aplicado a la medición de variables en fuentes hídricas. (Mejía Sánchez, 2015)

Este sistema se basa en una plataforma de transmisión proveerá la conectividad necesaria para la recolección y envío de los datos requeridos por los productores agropecuarios. (Ramero, 2017).

CAPITULO II

En el presente capítulo se desarrolla los fundamentos teóricos necesarios para la elaboración del proyecto propuesto, se describen las tecnologías de comunicación inalámbrica RFID, componentes, tipos, protocolos, estándares, frecuencias de operación, sensores y aplicaciones, así como, las características de los servidores que se implementarán.

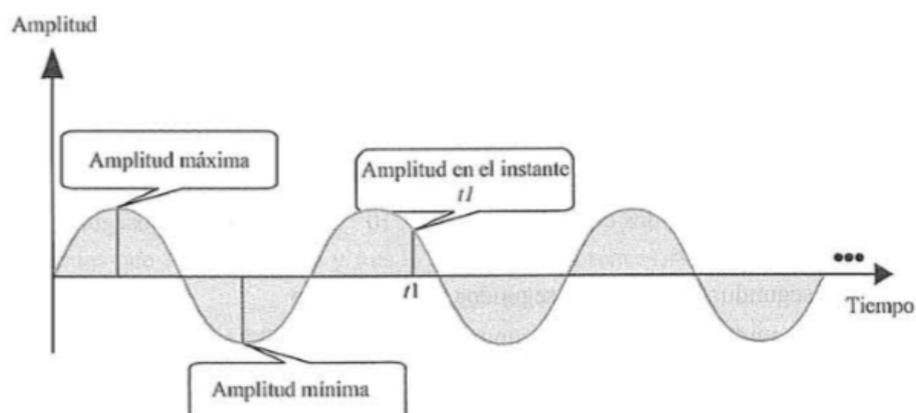
2.1. Definiciones de Sistemas Electrónicos.

2.1.1. Señal Analógica y digital.

Una señal analógica es una onda electromagnética que varía continuamente y que, según sea su espectro, puede propagarse a través de una serie de medios; por ejemplo, a través de un medio guiado como un par trenzado, un cable coaxial, un cable de fibra óptica, o a través de medios no guiados, como la atmósfera o el espacio. En la figura 3 se indica un ejemplo de una señal analógica. (Stallings, 2017)

Figura 3

Señales analógicas



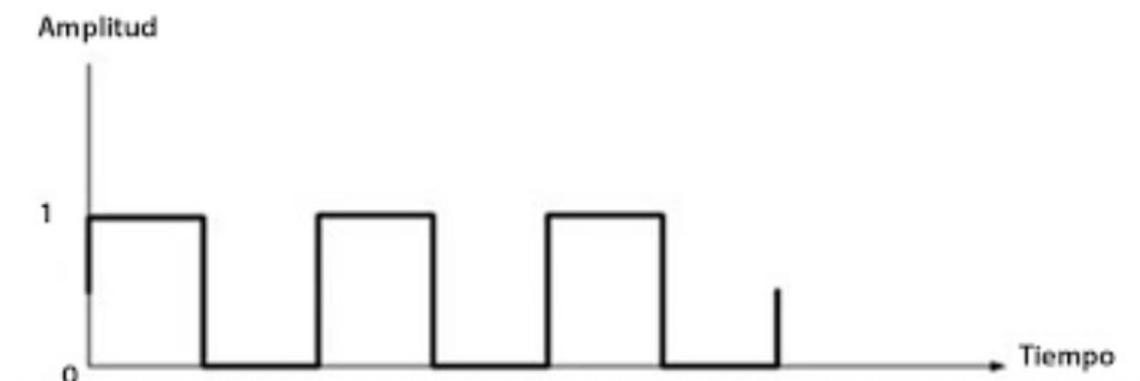
Nota. Adaptado de señales analógicas. (Stallings, 2017)

Una señal digital es una secuencia de pulsos de tensión que se puede transmitir a través de un medio conductor; por ejemplo, un nivel de tensión positiva constante puede representar un 0 binario y un nivel de tensión negativa constante puede representar un 1.

En la figura 4 se observa un ejemplo de una señal digital. (Stallings, 2017)

Figura 4

Señales digitales



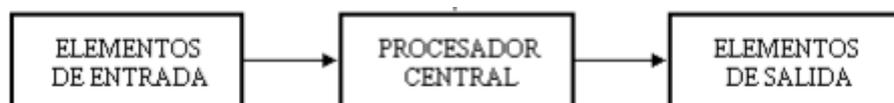
Nota. Adaptado de señales digitales. (Stallings, 2017)

2.2. Sistema general y sus componentes.

Los sistemas se encuentran constituidos por algunos elementos que en la figura 5 se indica los cuales tienen una serie de características en común.

Figura 5

Estructura de los componentes de un sistema



Nota. Adaptado por el autor.

2.2.1. Unidad Central de Procesamiento.

Es la parte encargada del control y realiza las operaciones aritméticas y lógicas del proceso de datos (Sainz, 2018). Se encarga del procesamiento de cada una de las

sentencias escritas en el programa central que puede ser elaborado en distintos lenguajes, siendo su versión más básica código máquina.

2.2.2. Elementos de entrada y salida

Los periféricos contienen una serie de registros, puertas y controles que permiten la conexión al microprocesador de una serie de periféricos de comunicación con el exterior. De esta forma la CPU tiene una única entrada-salida independiente del tipo de periférico que se conecte. Los periféricos que se conecten dependerán de la aplicación, por ejemplo, teclado, CRT, modem, convertidor A/D, sensores, relés, displays, señalizaciones, etc. (Sainz, 2018).

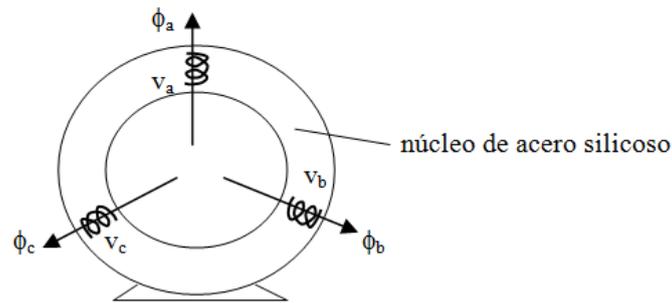
2.3. Maquinas trifásicas

Las máquinas de inducción trifásica se utilizan en su mayoría para plantas industriales por su bajo costo, poco mantenimiento y mayor tiempo de vida útil. Por lo general usan motores los cuales presentaban una complejidad al momento de variar su velocidad, problema que se solucionó al introducir en la industria los variadores electrónicos de frecuencia que se usan para variar la frecuencia de la fuente de alimentación y de esta forma controlar los RPM de los motores trifásicos.

2.3.1. Principio de funcionamiento

Estator: Se compone de un núcleo de fierro cilíndrico en donde van 3 bobinas de idénticas características y se conectan a cada uno de los voltajes de fase como se muestra en la Figura 6, así se producen flujos magnéticos radiales que varían de forma senoidal en el tiempo y con un desfase de 120 grados entre ellos.

Figura 6

Flujos de estator

Nota. Adaptado de Flujos de estator. (Sainz, 2020)

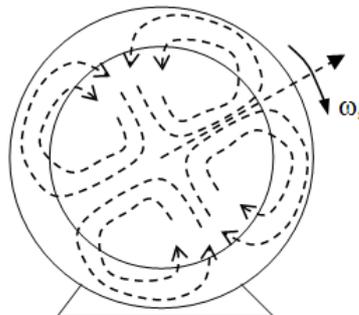
Lo que se puede definir de la siguiente forma:

- $\phi_a(t) = \phi_m \cdot \text{sen}(2\pi ft)$
- $\phi_b(t) = \phi_m \cdot \text{sen}(2\pi ft - 120^\circ)$
- $\phi_c(t) = \phi_m \cdot \text{sen}(2\pi ft + 120^\circ)$

Tomando en cuenta la sumatoria de los flujos para cualquier instante t , se puede definir como magnitud constante $3\phi_m/2$ y gira en una velocidad síncrona por lo cual el flujo rotatorio gira una vez por cada ciclo de voltaje alterno, entonces: $\omega_s = 2\pi f$ [rad/s].

El estator de la Figura 4, se denomina de 2 polos porque cada bobina crea un campo magnético con 2 polos magnéticos Norte y Sur. Pero si se utiliza una bobina por cada fase se puede conseguir configuraciones de 2, 4, 6, 8, etc. Polos. Como se observa en la figura 7 para un motor con campo magnético de 4 polos.

Figura 7

Campo magnético rotatorio de 4 polos

Nota. Adaptado de Flujos de estator. (Sainz, 2020)

Se puede notar que mientras mayor número de polos menor es la velocidad de rotación del campo magnético dando como fórmula general para p número de polos:

$$\omega_s = 2\pi f / (p/2) \text{ [rad/s]}$$

Los motores que se encuentran en el mercado comercial a nivel internacional generalmente tienen entre 2 y 10 polos, para una frecuencia de 50 Hz, las velocidades se encuentran en la Tabla 1

Tabla 1

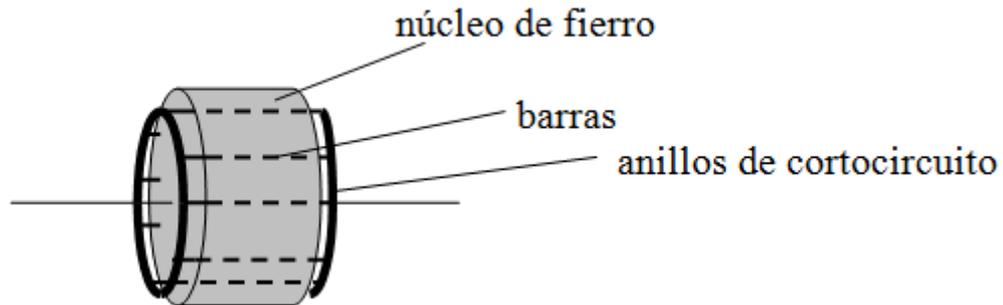
Velocidades síncronas para 50 Hz

Polos	ω_s [rpm]
2	3000
4	1500
6	1000
8	750
10	600

Nota. Esta tabla muestra la velocidad síncrona para 50Hz dependiendo de los polos

Rotor: Puede ser un cilindro de hierro que pueda girar libremente en torno a su eje. Como el hierro es magnético seguirá un campo rotatorio originado en por el estator a una velocidad ω_r menor que ω_s , debido al rozamiento y torque de carga. Para mejorar el torque del motor, se utiliza en el núcleo de hierro del rotor una estructura comúnmente de aluminio denominada jaula de ardilla. Está formado por barras axiales ubicadas en la periferia del rotor, y cortocircuitadas por anillos en sus extremos, como se observa en la Figura 8.

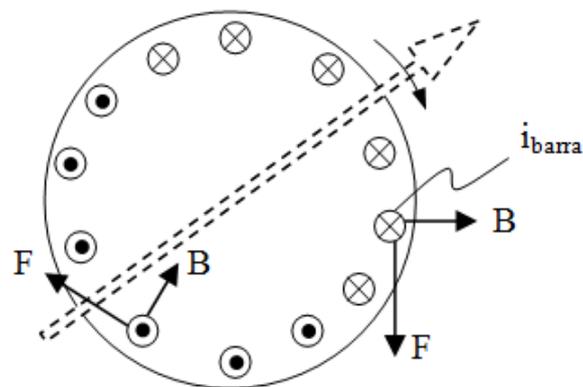
Figura 8

Rotor con jaula de ardilla

Nota. Adaptado de Flujos de estator. (Sainz, 2020)

Si la velocidad del rotor es menor al flujo rotatorio en cada trayectoria que se forma en la jaula se induce voltaje y corriente, lo que se traduce en fuerzas tangenciales F que elevan el torque del motor como se observa en la Figura 9.

Figura 9

Fuerzas tangenciales sobre las barras

Nota. Adaptado de Flujos de estator. (Sainz, 2020)

Por lo cual mientras mayor diferencia de velocidades mayor variación de flujo enlazado por la jaula.

Deslizamiento: Es la diferencia relativa entre la velocidad del campo magnético rotatorio o velocidad síncrona ω_s , y la velocidad del rotor ω_r :

$$s = (\omega_s - \omega_r) / \omega_s$$

O bien:

$$\omega_r = (1 - s) \cdot \omega_s$$

Así, el valor de s para algunos casos particulares es:

- A la partida o con rotor bloqueado: $\omega_r = 0 \iff s = 1$
- Sin carga mecánica ni roce ($T_{resistente} = 0 \implies T_m = 0$): $\omega_r = \omega_s \iff s = 0$
- Con carga mecánica nominal: $\omega_r \approx 0,95 \cdot \omega_s \iff s \approx 0,05$

2.3.2. Ventajas de los sistemas trifásicos

En este tipo de sistemas la armadura del alternador tiene tres devanados y produce tres voltajes independientes alternos. La magnitud y la frecuencia es igual en todos ellos y tienen un desfase de 120 grados entre sí. Entre sus ventajas se destaca:

- La producción es superior a cualquiera de sus versiones monofásicas, además cualquier motor trifásico ocupa menos espacio y tiene menor costo.
- Para la transmisión y distribución de carga eléctrica los sistemas trifásicos necesitan menos material conductor que un sistema monofásico y soportan mayor voltaje y corriente.
- Es posible producir campos magnéticos rotatorios con bobinados estacionarios usando el sistema trifásico.
- Los sistemas trifásicos no tienen fluctuaciones de potencia por lo cual no causan vibraciones.
- Los sistemas trifásicos dan una salida estable.
- Se puede obtener una salida monofásica de un sistema trifásico.

2.3.3. Conexiones de los sistemas trifásicos

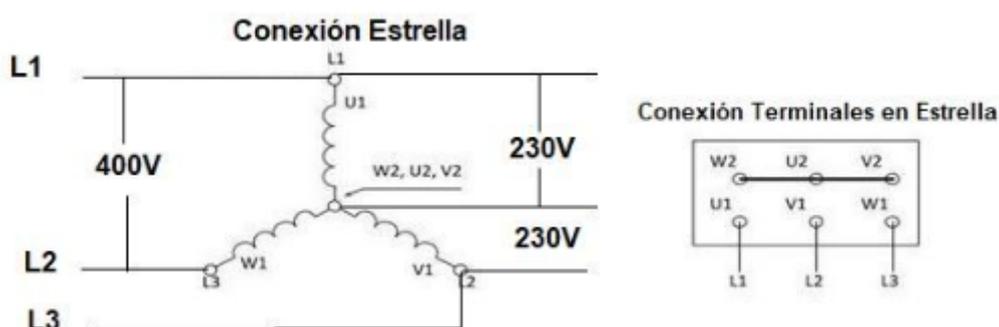
En sistemas monofásicos solo es necesario dos conductores que son fase y neutro. Mientras que en sistemas trifásicos dos extremos de cada fase están disponibles para suministrar el voltaje de carga.

Conexión en estrella

Está formado conectando entre si los terminales de comienzo y finalización. Los extremos R1-Y1-B1 se conectan entre ellos y los extremos R2-Y2-B2 de igual manera. Este punto común es llamado punto neutral. Los extremos restantes se llevan para propósitos de conexión. Estos extremos a los que las cargas se conectan son generalmente referidos como R-Y-B como se observa en la Figura 10.

Figura 10

Conexión trifásica en estrella



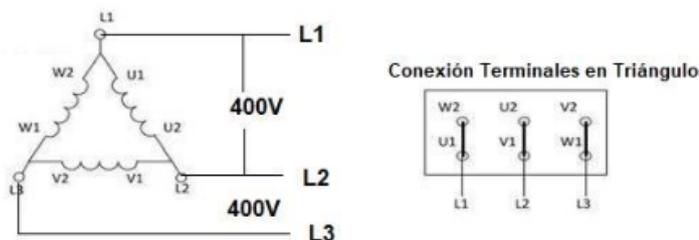
Nota. Adaptado de Flujos de estator. (Sainz, 2020)

Conexión en triángulo

La conexión delta está formada conectando un extremo del devanado para comenzar en el extremo del otro y las conexiones continúan para formar un bucle cerrado. Los terminales de alimentación son tomados de los tres puntos de unión, esta configuración se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Conexión en triángulo



Nota. Adaptado de Conexión en triángulo. (Sainz, 2020)

2.4. Sistemas Analógicos y digitales

Un sistema de comunicación digital transfiere información de una fuente digital al receptor adecuado (también conocido como el receptor). Un sistema analógico de comunicación transfiere información de una fuente digital a un receptor. (Leon, 2109)

2.4.1. Diseño de Sistema Analógico-Digital.

Un sistema analógico-digital es aquel en el que intervienen tanto señales analógicas como señales digitales; es decir, está compuesto de subsistemas analógicos y subsistemas digitales (Alegre, y otros). La salida de los sensores, que permiten al equipo electrónico interactuar con el entorno, es normalmente una señal analógica, continua en el tiempo. En consecuencia, esta información debe convertirse a binaria con el fin de adaptarla a los circuitos procesadores y de presentación. La conversión a digital se realiza en dos fases: cuantificación y codificación. (Gonzales de la Rosa, 2022)

En la práctica, el proceso de conversión está sujeto a numerosas limitaciones resultado de los procesos de fabricación. Las más relevantes son el tiempo de conversión y la finitud del número de estados de salida. La conversión involucra un tiempo y, en consecuencia, supone una incertidumbre que limita la velocidad máxima de la entrada. Para un diseño de sistema electrónico dependerá de la adaptación de sus rasgos a los requerimientos de la aplicación. (Gonzales de la Rosa, 2022)

2.4.2. Ventajas de los sistemas digitales frente a los analógicos.

Según el autor (Leon, 2109) la comunicación digital concede un número de ventajas:

- Se pueden utilizar circuitos digitales relativamente económicos.
- Se mantiene la privacidad mediante el uso de encriptación de datos.

- Es posible obtener un mayor rango dinámico (la diferencia entre el valor más grande y el más pequeño).
- Los datos de fuentes de voz y video pueden unirse y ser transmitidos sobre un sistema digital común de transmisión.
- El ruido no se acumula de repetidor a repetidor en sistemas de larga distancia.
- Los errores detectados en los datos pueden ser pocos, aun cuando exista una gran cantidad de ruido en la señal recibida.
- Los errores pueden a menudo corregirse mediante el uso de codificación.

2.5. Sensores

La necesidad de obtener energía a partir de la naturaleza y transformarla en otro tipo de energía, con el fin de ser controlada para beneficio del ser humano, ha sido una constante durante toda la historia de la humanidad y ha anticipado, por mucho, el desarrollo tecnológico y los métodos actuales de conversión de la energía, mediante los que, a partir de un sistema integral, las variables y los atributos físicos son observados, cuantificados y modificados (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

El sensor solo puede ser un dispositivo de entrada, ya que será un intermediario entre la variable física y el sistema de medida. Hoy día, los sensores entregan señales eléctricas a la salida, ya sean analógicas o digitales, debido a que este tipo de dominio físico es el más utilizado en los sistemas de medida actuales. Los sensores pueden clasificarse de muchas formas distintas, pero las más comunes son por el tipo de variable a medir o por el principio de transducción utilizado. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

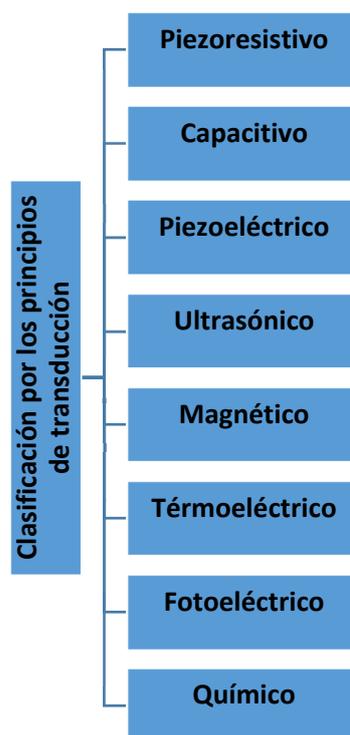
2.5.1. Clasificación de sensores.

2.5.1.1. Principio de transducción.

Este tipo de clasificación suele ser poco práctica, ya que no ofrece una idea clara acerca de qué tipo de variable física puede medir este, en la figura 12.

Figura 12

Clasificación de sensores por el principio de transducción



Nota. Elaborado por el autor

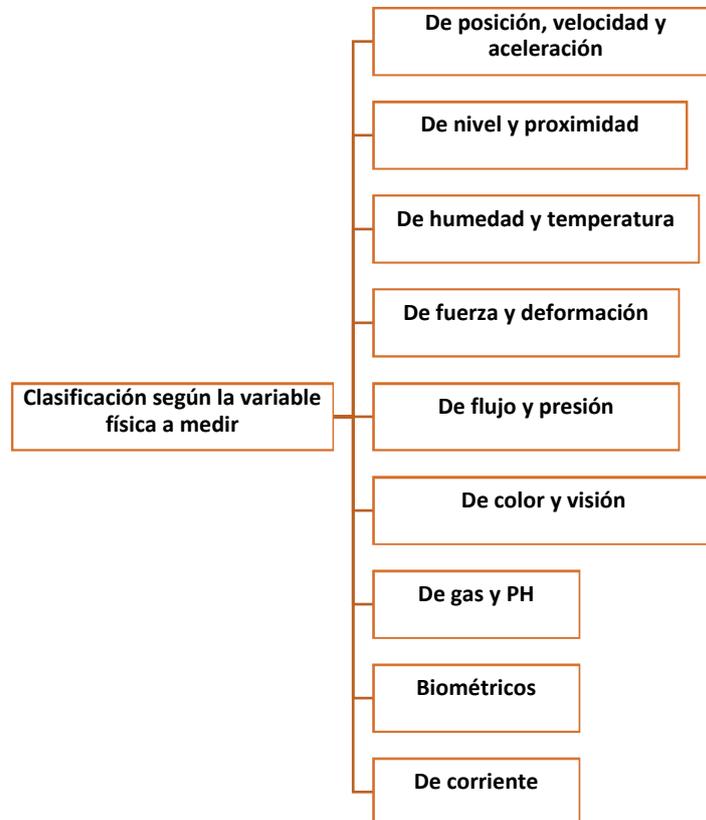
2.5.1.2. Tipo de variable medida.

Esta clasificación suele ser la más común; sin embargo, tiene la desventaja de provocar cierta confusión en el lector, ya que un mismo sensor puede ser utilizado para la medición de distintas variables físicas; por ejemplo, un sensor ultrasónico resulta muy útil si se desea medir proximidad, el nivel de un líquido, la presencia de un objeto, la velocidad de un fluido, etcétera. No obstante, su principio de funcionamiento siempre es el mismo, y solo depende del tipo de configuración en que se coloque y cómo se interprete

la señal de salida de este, en la figura 13 se nota la clasificación según la variable de medida (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

Figura 13

Clasificación de los sensores según la variable de medida

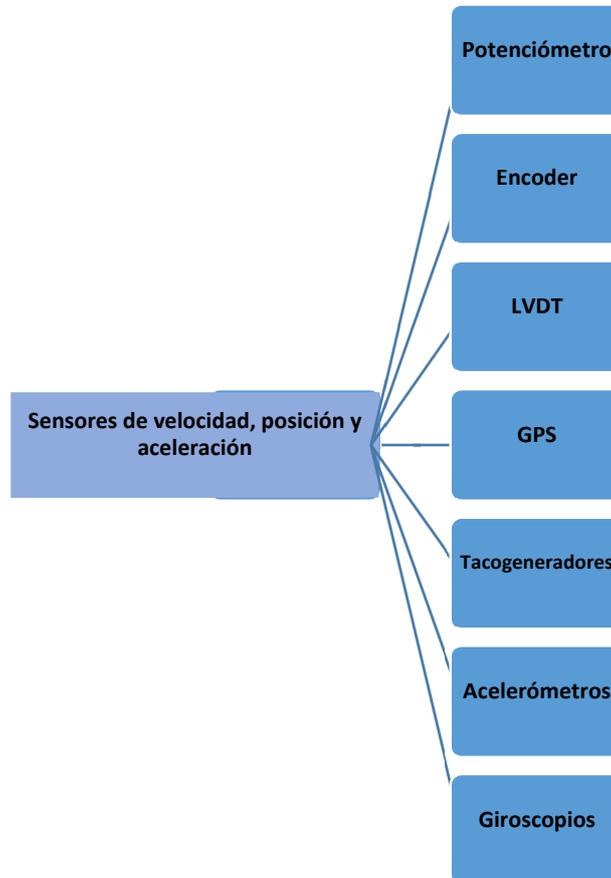


Nota. Elaborado por el autor

2.5.1.3. Velocidad, posición y aceleración.

Para la medición de variables físicas, como velocidad, posición o aceleración, siempre se debe tener en cuenta si el comportamiento de dicha variable es rotacional o traslacional. Se dice que una variable física tiene un comportamiento rotacional cuando esta se puede describir en términos de un ángulo, mientras que una variable física traslacional se caracteriza por presentar solo movimiento rectilíneo. Los sensores más utilizados para censar este tipo de variables físicas se relacionan en el esquema de la Figura 14.

Figura 14

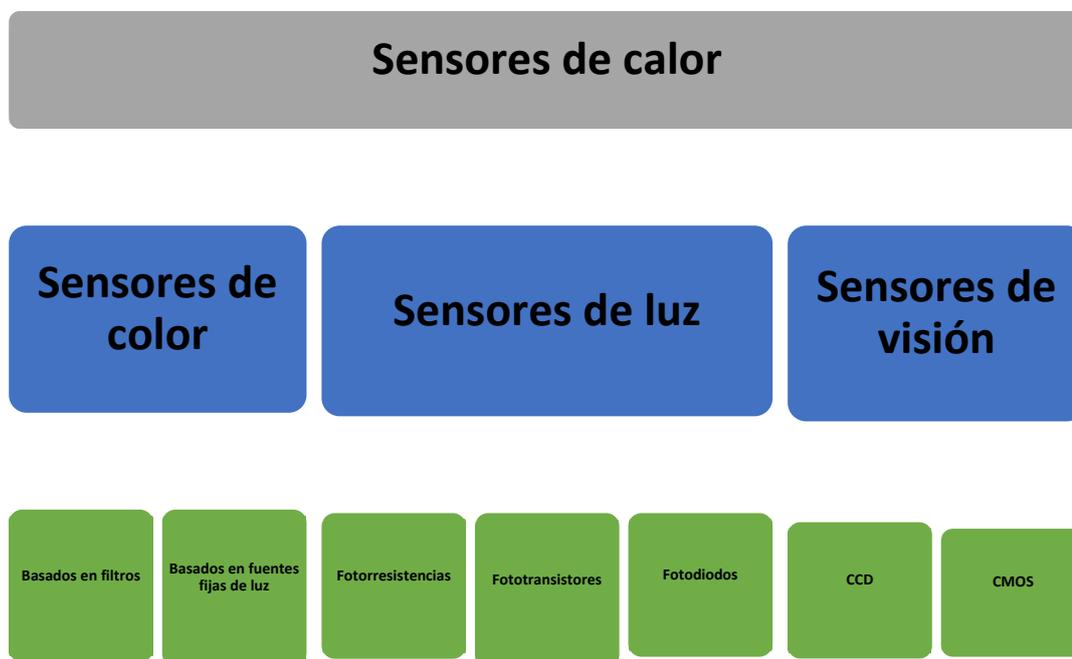
Sensores más utilizados para censar velocidad, posición o aceleración

Nota. Elaborado por el autor

2.5.1.4. Color, luz y visión.

Son todos aquellos sensores que se utilizan para medir variables físicas mediante el uso de la luz en la Figura 15 se indica la clasificación de estos sensores. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

Figura 15

Clasificación de los sensores de luz, color, visión

Nota. Elaborado por el autor

2.5.1.5. Sensores de nivel y proximidad

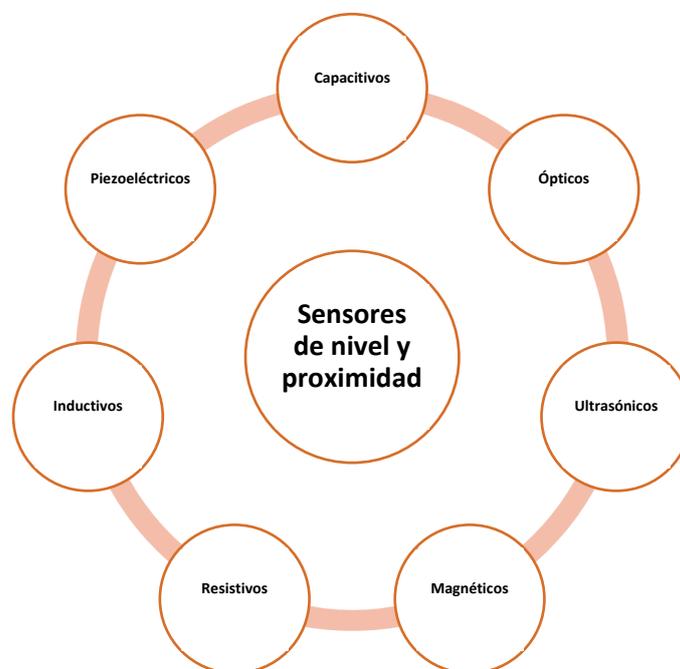
Los sensores de nivel y proximidad son muy usados en aplicaciones como envasado, sistemas de control para monitoreo de llenado, detección de obstáculos en sistemas inteligentes y en algunas configuraciones específicas en sistemas táctiles, para su aplicación en sistemas electrónicos, como teléfonos móviles, pantallas táctiles, etcétera. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

Este tipo de sensores se limita a medir la proximidad de un objeto con respecto al sensor, sin importar su orientación o determinar si el objeto está cerca del sensor para ser detectado, además de determinar el nivel de un contenedor en determinado porcentaje. Al igual que muchos sensores, estos pueden clasificarse de acuerdo con el principio de

operación que utilizan; en la Figura 16 se muestra una clasificación de estos sensores. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

Figura 16

Clasificación de sensores de nivel y proximidad



Nota. Elaborado por el autor

2.5.1.6. Temperatura y humedad.

Se tratan los sensores que se utilizan para medir la temperatura y la humedad, así que primero se define el concepto de temperatura. Se dice que la temperatura es la intensidad de calor de un objeto. Este tipo de energía calorífica es una medida promedio de la energía cinética de las partículas de la materia. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

Existen varios procedimientos utilizados para determinar esta magnitud física, los cuales pueden variar de manera significativa de acuerdo con las condiciones de detección, tipo de elemento u objeto a medir y la precisión requerida. Esta información suele suministrarse en unidades de grados en una escala estándar como: Fahrenheit, Celsius, Kelvin, Rankine. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

2.5.1.7. Fuerza, torque y deformación.

Estos sensores son de mayor aplicación comercial, en especial aquellos basados en fenómenos piezo resistivos y piezoeléctricos. En el sistema internacional, la unidad de medida de la fuerza es el Newton; las fuerzas consideradas positivas son aquellas que generan una tensión sobre un cuerpo, mientras que las fuerzas que comprimen un cuerpo son consideradas negativas. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

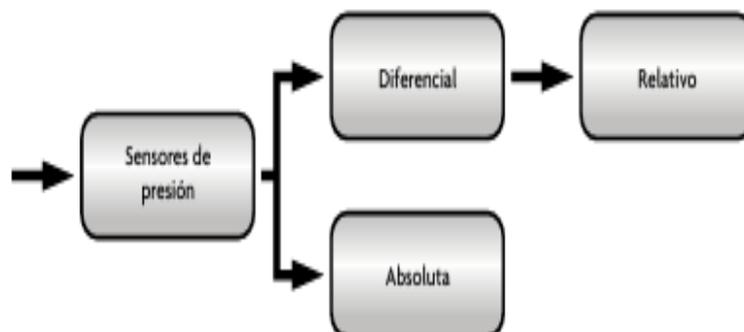
Para la medición de las deformaciones no existe ninguna unidad; es decir, las deformaciones son adimensionales. Sin embargo, es posible clasificarlas de acuerdo con su dirección. Cuando la deformación es perpendicular a un plano se dice que la deformación es normal; en cambio, si la deformación es tangente respecto a un plano de referencia, se dice que la deformación es cortante. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

La medición de deformaciones tiene un campo de aplicación muy amplio en el área de la mecánica, ya que mediante la cuantificación de las deformaciones de un espécimen de prueba es posible encontrar diferentes características del material con el cual se fabricó dicho espécimen. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

2.5.1.8. Flujo y presión.

Un sensor de presión es un transductor, en general de voltaje, entre la fuerza aplicada en un área determinada y una señal eléctrica. Por esta razón, es importante especificar que un sensor de presión es una aplicación específica de sensores de fuerza; asimismo, lo que distingue a los sensores de fuerza convencionales de los sensores de presión es que los sensores de presión, en general, cuentan con diafragma, el cual es el área efectiva en la que se mide la fuerza ejercida. De esta manera, es posible determinar la fuerza por unidad de área. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

Figura 17

Clasificación de los sensores de flujo

Nota. Adaptado de clasificación de sensores de flujo. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

En la figura 17 muestra la clasificación de los sensores de flujo, por ejemplo, la medición del flujo de líquidos o gases tiene un amplio campo en diversos procesos industriales, donde además juega un papel en extremo relevante, ya que la medición de flujos sirve como base para controlar el desarrollo del proceso de manera adecuada. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

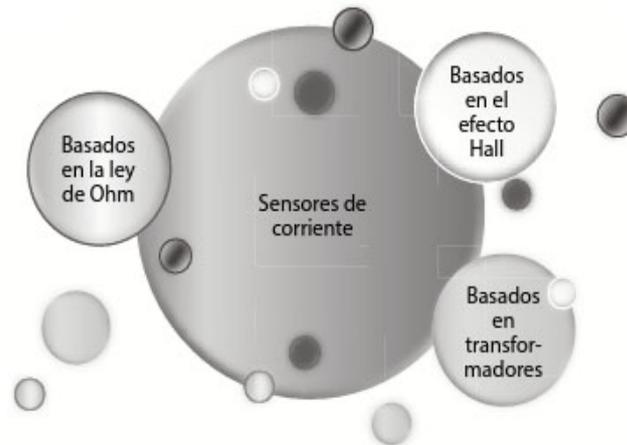
2.5.1.9. Otros sensores

Según los autores (Corona, Abarca, & Carreño, 2020) indican que existen otros sensores a más de los anteriormente indicados:

- **Sensores de Gas.** Los sensores de gas son transductores entre una reacción química de un determinado gas y una resistencia de óxido semiconductor y el cambio de resistividad del material con el cual ocurre la reacción
- **Sensores de corriente.** Un sensor de corriente es un transductor entre la variación de corriente eléctrica y un cambio de voltaje proporcional. Este tipo de sensores es muy útil cuando se trata de implementar un sistema de control, se desea conocer la potencia consumida por una serie de circuitos que en conjunto están alimentados por una sola batería, se necesita detectar el sobreconsumo de corriente, etcétera. Existen algunos tipos de sensores de corriente como se muestra en la Figura 18.

Figura 18

Clasificación de los sensores de corriente

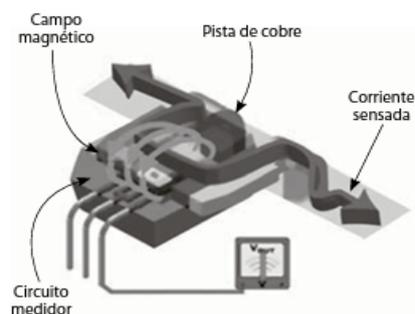


Nota. Adaptado de clasificación de sensores de corriente. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

- **Sensores de corriente basados en el efecto Hall.** Son sensores de estado sólido; su principio de funcionamiento, como su nombre lo indica, se basa en el efecto Hall, el cual consiste en convertir un campo magnético en un voltaje equivalente mediante el efecto Hall, en la figura 19 podemos observar el sensor.

Figura 19

Sensor de corriente de efecto Hall



Nota. Adaptado de clasificación de sensores de corriente. (Corona, Abarca, & Carreño, 2020)

2.5.2. Características estáticas

Según los autores (Corona, Abarca, & Carreño, 2020) muestra una serie de características estáticas que a continuación se detalla:

- **Sensibilidad.** Se define como la entrada mínima que requiere este para provocar una salida detectable. La representación gráfica de cómo cambia la salida del sensor con respecto a la entrada se conoce como curva de salida, donde la pendiente de la recta tangente a esta curva constituye la sensibilidad del sensor.
- **Rango.** Se define como el intervalo presente entre el valor mínimo y el valor máximo de la variable física que puede medir el sensor.
- **Precisión.** Se refiere al grado de repetitividad de una medida. Por ejemplo, si se mide la misma variable física con el mismo valor, el sensor siempre deberá entregar exactamente la misma salida cada vez.
- **Exactitud.** Se define como la diferencia máxima entre la salida actual del sensor y el valor real de la variable medida. Por lo común, la exactitud de un sensor se expresa de manera porcentual. En general, la mayoría de los sensores presenta una distribución alrededor del valor real de la variable física que está censando, sin importar que el valor real no cambie.
- **Linealidad estática.** Depende de modo principal de factores ambientales, por lo que se define como la desviación que presenta el sensor entre la curva proporcionada por el fabricante en condiciones controladas y la curva de salida actual.
- **Offset.** Se define como un corrimiento en el eje y de la curva de salida, el cual se caracteriza por ser siempre igual en ciertas condiciones de operación. De manera alternativa, el offset constituye la salida que presenta un sensor cuando en realidad esta debería ser cero. Por ejemplo, considérese un sensor cualquiera

cuya salida está dada en mV/x ; esto significa que deberá hacerse un cambio de y mV por cada cambio x en la entrada.

- **Resolución.** La resolución de un sensor se define como el cambio más pequeño en la variable física que le es posible registrar.
- **Error estático.** Cuando una variable física es censada o cuantificada siempre existe la posibilidad de cometer un error en la medición. En general, los errores estáticos en los sensores se deben a problemas en las lecturas.

2.5.3. Características dinámicas

Según los autores (Corona, Abarca, & Carreño, 2020) muestra una serie de características dinámicas que a continuación se presentan y describen las características dinámicas de los sensores:

- **Tiempo de respuesta.** Se define como el periodo que transcurre desde que la variable censada presenta un cambio de estado y el sensor lo registra. El tiempo de respuesta depende del tipo de magnitud que se esté midiendo y del sensor utilizado
- **Histéresis.** Es la capacidad que tiene el sensor para seguir a la curva de salida ideal debido a la tendencia de los cambios de la variable física; la principal diferencia entre la histéresis y la linealidad es que cuando un sensor presenta histéresis significa que la tendencia de salida cruza en ambos sentidos a la curva de salida ideal.
- **Linealidad dinámica.** Es la capacidad que tiene este para seguir correctamente la curva de salida dada por el fabricante cuando la variable física experimenta cambios repentinos y muy rápidos.
- **Error dinámico.** Puede ser causado por varias razones, y entre las más comunes destacan las cargas inducidas en el sensor debido a los aparatos de

medición. Otros errores dinámicos comunes dependen de manera directa de la naturaleza propia del sensor y cómo esté siendo usado este para caracterizar al sistema.

2.6. Arduino Uno

Es una plataforma de creación de prototipos de código abierto basado en hardware y software fácil de usar. Las placas son capaces de leer las entradas de la luz en un sensor, un dedo sobre un botón o un mensaje de Twitter y lo convierten en una salida para la activación de un motor, encender un LED, publicar algo en línea. Para ello se utiliza el lenguaje de programación de Arduino (basado en el cableado), y el software de Arduino (IDE), sobre la base de procesamiento. (Arduino, 2022)

Arduino / Genuino Uno es una placa electrónica basada en el ATmega328P. Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se podrán utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o la corriente con un adaptador de CA a CC o una batería, en la figura 20 se observa el logo de Arduino. (Arduino, 2022)

Figura 20

Logo Arduino



Nota. Recuperado de (Arduino, 2022)

2.6.1. Especificaciones técnicas.

En la tabla 2 se encuentran las especificaciones técnicas de la placa de Arduino:

Tabla 2

Especificaciones técnicas de Arduino Uno

Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
E / S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
PWM digital pines I / O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua para Pin I / O	20 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	68,6 mm
Anchura	53,4 mm

Nota. Esta tabla muestra las características de Arduino Uno

2.7. Pduino V2 y V3.

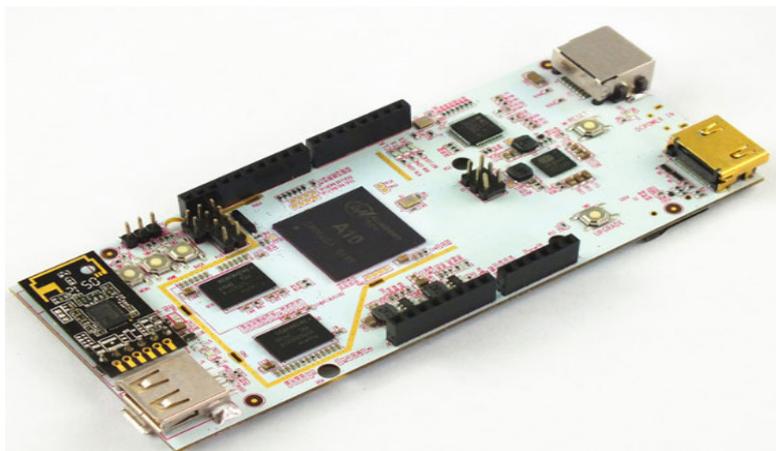
Es un mini PC o plataforma placa computadora PC que se ejecuta como sistema operativo como Ubuntu y Android ICS. Se da salida a la pantalla a HDMI. Por otra parte,

tiene una interfaz cabecera de hardware compatible con Arduino (TM). PcDuino se puede utilizar para enseñar a Python, C y más cosas interesantes. (LinkSprite, 2022)

PcDuino2 es un alto rendimiento, la plataforma de mini PC rentable que ejecuta PC como sistema operativo como Ubuntu y Android ICS. Se da salida a su pantalla para activar HDMI del televisor o monitor a través de la incorporada en la interfaz HDMI. Está especialmente dirigido para el rápido crecimiento de las demandas de la comunidad de código abierto. La plataforma podría correr toda regla PC como sistema operativo fácil de usar con cadena de herramientas y compatible con el popular ecosistema Arduino como Arduino Shields y proyectos de código abierto, etc. pcDuino2 tiene un módulo Wifi incorporado, en la figura 21 se indica la placa pcDuino2. (LinkSprite, 2022)

Figura 21

Placa pcDuino2



Nota. Recuperado de (LinkSprite, 2022)

PcDuino3 tiene un alto rendimiento, rentable placa computadora. Se ejecuta sistemas operativos como Ubuntu Linux y Android. Tiene una interfaz HDMI para salida de su pantalla de escritorio gráfico. Podría apoyar multiformato 1080p 60fps decodificador de vídeo H.264 1080p y 30 fps y el codificador de vídeo MPEG4 con su motor de procesamiento de vídeo de hardware incorporado. Se dirige especialmente a las demandas de rápido crecimiento de la comunidad de código abierto. (LinkSprite, 2022)

2.7.1. Especificaciones técnicas de PcDuino2

En la tabla 3 se detallan las especificaciones técnicas del pcDuino2:

Tabla 3

Especificaciones técnicas en software y hardware del pcDuino2

Especificación	Detalles
CPU	1 GHz ARM Cortex A8
GPU	OpenGL ES2.0, OpenVG 1.1 Mali 400 de núcleo
DRACMA	1 GB
A bordo de almacenamiento	2 GB Flash (4 GB flash después de 01.02.2014), una tarjeta microSD (TF) ranura para un máximo de 32 GB
Salida de vídeo	HDMI
OS	Linux3.0 + Ubuntu 12.04 Android ICS 4.0
Prolongación de la interfaz	Cabeceras Arduino
Interfaz de red	10 / 100Mbps RJ45 y el módulo Wi-Fi a bordo
Número de puerto USB Host	1
Poder	5V, 2000mA
Tamaño global	125mm x 52mm
OS	Ubuntu 12.04 Android 4.0 ICS
API	Todos los pines de malla de Arduino son accesibles con la API proporcionada Se compone de API para acceder a las siguientes interfaces: <ul style="list-style-type: none"> ● UART ● ADC ● PWM ● GPIO ● I2C ● SPI
Apoyo lenguaje de programación	C, C ++ con cadena de herramientas GNU Java con el estándar SDK de Android Python

Nota. Esta tabla muestra las características de pcDuino2

2.7.2. Especificaciones técnicas de PcDuino3.

En la tabla 4 se detallan las especificaciones técnicas del pcDuino3:

Tabla 4

Especificaciones técnicas en software y hardware del pcDuino3

Especificación	Detalles
CPU	De AllWinner A20 SoC, 1 GHz ARM Cortex A7 de doble núcleo
GPU	OpenGL ES2.0, OpenVG 1.1, Mali 400 de doble núcleo
DRACMA	1 GB
Almacenamiento	4 GB Flash, tarjeta microSD (TF) ranura para un máximo de 32 GB
Salida de vídeo	HDMI 1.4 con soporte HDCP
OS	Ubuntu 12.04 Android 4.2
Interfaz de extensión Arduino	Zócalos Arduino, al igual que la placa Arduino UNO 14xGPIO, 2xPWM, 6xADC, 1xUART, 1xSPI, 1xI2C
Interfaz de red	Wi-fi incorporado Ethernet 10M / 100Mbps
Salida de audio	3,5 mm interfaz de audio analógico Interfaz de audio estéreo digital I2S
LCD	LVDS
IR	Receptor IR
SATA	Toma de host SATA
Cámara	CSI
Batería	Li-Poly batería Interfaz
USB	1 x USB host, 1xUSB OTG
Poder	5V, 2000mA
Tamaño global	121mm x 65mm

Artículos	Descripción
OS	Ubuntu 12.04 Android 4.2
API	Todos los pines de malla de Arduino son accesibles con la API proporcionada Se compone de API para acceder a las siguientes interfaces: <ul style="list-style-type: none"> ● UART ● ADC ● PWM ● GPIO ● I2C ● SPI
Apoyo lenguaje de programación	C, C ++ con cadena de herramientas GNU Java con el estándar SDK de Android Python

Nota. Esta tabla muestra las características de pcDuino3

2.8. Expressif-ESP

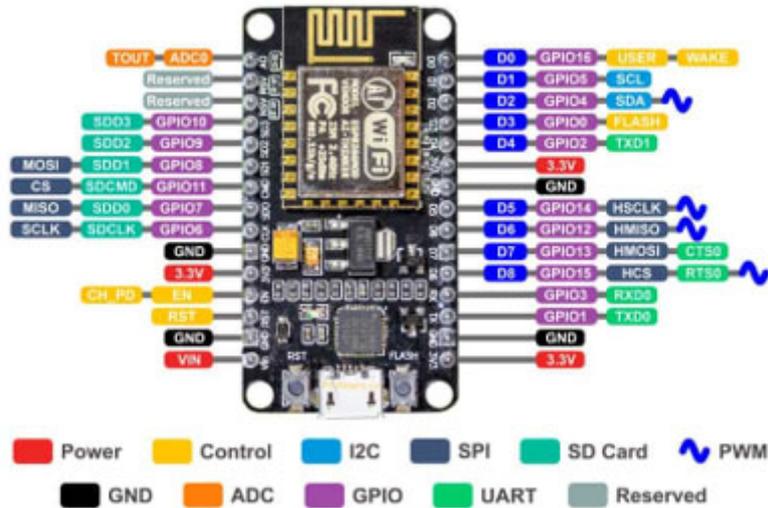
Es una empresa que se dedica al diseño de potentes chips para IoT, y también su sistema operativo y lugares de aplicación. Además, genera certificaciones y capacitaciones que permiten al usuario del producto implementar sistemas integrados a miles de aplicaciones comerciales.

2.8.1. NODEMCU V2 ESP8266 WIFI

Es una plataforma similar a Arduino, pero orientada al IoT. Esta placa tiene como núcleo al SoM ESP-12E que a su vez está basado en el Soc Wifi ESP8266, integrando un USB-Serial TTL CP2102 y un conector micro-USB con el que se puede programar como se puede observar en la figura 22.

Figura 22

Pinout ESP8266



Nota. Recuperado de (Naylamp Mechatronics, 2021)

Se tiene que las características técnicas y físicas del componente son:

- Voltaje de Alimentación: 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC (No usar 5V)
- Placa: NodeMCU v2 (Amica)
- Chip conversor USB-serial: CP2102
- SoM: ESP-12E (Ai-Thinker)
- SoC: ESP8266 (Espressif)
- CPU: Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
- RAM: 32KB
- Data RAM: 96KB
- Memoria Flash Externa: 4MB
- Pines Digitales GPIO: 17 (4 pueden configurarse como PWM a 3.3V)
- Pin Analógico ADC: 1 (0-1V)
- Puerto Serial UART: 2

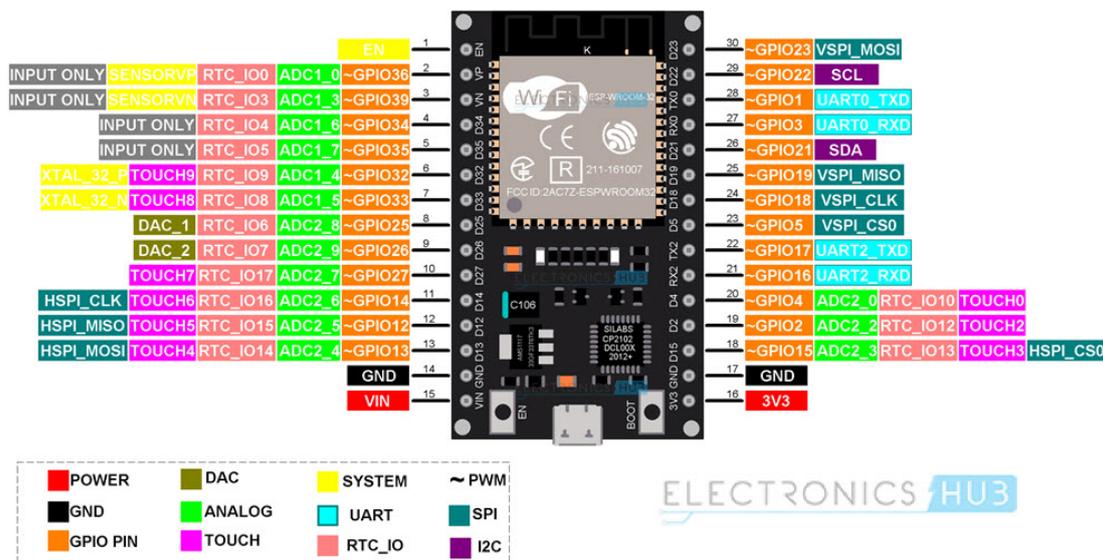
- Certificación FCC
- Antena en PCB
- 802.11 b/g/n
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Stack de Protocolo TCP/IP integrado
- PLLs, reguladores, DCXO y manejo de poder integrados
- Potencia de salida de +19.5dBm en modo 802.11b
- Corriente de fuga menor a 10uA
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4ms guard interval
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Consumo de potencia Standby < 1.0mW (DTIM3)
- Pulsador RESET y FLASH
- Leds indicadores: 2
- Dimensiones: 49*26*12 mm
- Peso: 9 gramos
- En cuestión de tecnologías de comunicación se obtiene que posee lo siguiente:
- SDIO 2.0, SPI, UART
- Integra RF switch, balun, 24dBm PA, DCXO y PMU
- Posee un procesador RISC, memoria en chip e interface para memoria externa
- Procesador MAC/Baseband integrado
- Interface I2S para aplicaciones de audio de alta calidad
- Reguladores de voltaje lineales "low-dropout" en chip
- Arquitectura propietaria de generación de clock "spurious free"
- Módulos WEP, TKIP, AES y WAPI integrados

2.8.2. NODEMCU-32 - ESP32 WIFI

Es una herramienta muy potente para proyectos IoT, que viene integrada con una placa SoMESP-WROOM-32 y como base al SoC Esp32, se usa un conversor USB-Serial CP2102 para programar por medio del USB el ESP32, esta viene a ser una evolución del ESP8266 mejorando sus capacidades de comunicación y procesamiento computacional. En lo que refiere a conectividad cuenta con protocolos de comunicaciones como WiFi, Bluetooth y BLE. En lo que refiere a procesamiento su CPU 32-bit de dos núcleos de hasta 240Mhz que pueden funcionar de manera independiente.

Figura 23

Pinout ESP32



Nota. Recuperado de (Naylamp Mechatronics, 2021)

Como se observa en la Figura 23 se puede notar las siguientes características:

- Voltaje de Alimentación (USB): 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
- Placa: ESP32 DEVKIT V1 (Espressif)
- SoM: ESP-WROOM-32 (Espressif)
- SoC: ESP32 (ESP32-D0WDQ6)
- CPU: Dual Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)

- Frecuencia de Reloj: hasta 240Mhz
- Desempeño: Hasta 600 DMIPS
- Procesador secundario: Permite hacer operaciones básicas en modo de ultra bajo consumo
- Wi-Fi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
- Memoria: 448 KByte ROM; 520 KByte SRAM; 16 KByte SRAM in RTC; QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes
- Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)
- Pines PWM: 16
- Pines Analógicos ADC: 18 (3.3V, 12bit: 4095, tipo SAR, ganancia programable)
- Conversor Digital a Analógico DAC: 2 (8bit)
- UART: 2
- Chip USB-Serial: CP2102
- Antena en PCB
- Seguridad:
 - Estándares IEEE 802.11 incluyendo WFA, WPA/WPA2 and WAPI
 - 1024-bit OTP, up to 768-bit for customers
 - Aceleración criptográfica por hardware: AES, HASH (SHA-2), RSA, ECC, RNG
- Dimensiones: 55*28 mm

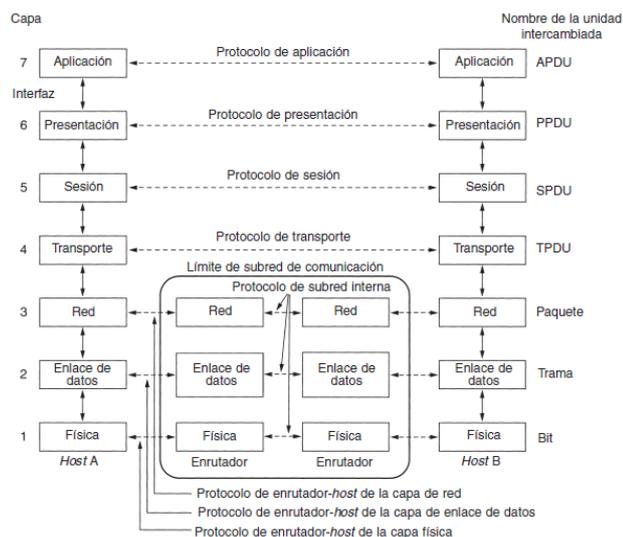
2.9. Arquitectura de Red

2.9.1. Modelos de referencia OSI.

Este modelo OSI, de la figura 24, está basado en una propuesta desarrollada por la ISO (Organización Internacional de Estándares) como un primer paso hacia la estandarización internacional de los protocolos utilizados en varias capas. El modelo se llama OSI porque tiene que ver con la conexión de sistemas abiertos, es decir, sistemas que están abiertos a la comunicación con otro sistema. Además, no es en sí una arquitectura de red, debido a que no especifica los servicios y protocolos exactos que se utilizarán en cada capa. Sólo indica lo que debe hacer cada capa. (Tanenbaum & Wetherall, 2018)

Figura 24

Modelo de referencia OSI



Nota. Recuperado de (Tanenbaum & Wetherall, 2018)

2.10. Estándar IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 define una arquitectura de red que establece las bases de funcionamiento de las WLAN. Para ellos define un conjunto de componentes físicos y lógicos, dos modos de operación y toda la colección de protocolos y especificaciones

agrupadas en dos capas: la capa física o PHY y la de control de acceso al medio o MAC. Estas capas regulan los aspectos de las capas físicas y de enlace, respectivamente, de la pila de protocolos OSI. El estándar, además, guarda compatibilidad en todo momento con las redes de área local IEEE 802.3 y Ethernet, de tal forma que una red WLAN se puede integrar dentro de una LAN Ethernet convencional (Ribes & Fernández, 2013).

Los dispositivos que cumplen los estándares IEEE 802.11 son comercializados con la denominación Wi-Fi (Wireless Fidelity) lo que asegura su compatibilidad con el resto de los dispositivos Wi-Fi del mercado (Santos González, 2017).

Según el autor (Santos González, 2017) muestra algunas características de las redes IEEE 802.11 son las siguientes:

- El método de acceso al medio utilizado es MACA (Multiple Access with Collision Avoidance) que es una mejora de la técnica original llamada CSMA/CA (Acceso múltiple por detección de portadora y con evitación de colisiones).
- El alcance máximo y libre de obstáculos es de unos 100 metros en la banda de 2.4 GHz. Debido a las características del tipo de medio de transmisión, las comunicaciones inalámbricas son half-dúplex.
- Esta banda de frecuencias no requiere licencia de uso. Por el contrario, ya que esta banda de frecuencias es de libre uso, es utilizado por otros dispositivos, como hornos microondas, teléfonos inalámbricos o dispositivos Bluetooth con los que podría tener interferencias.

2.10.1. Versiones del Estándar 802.11.

Según el autor (Santos González, 2017) y (CISCO) muestra una serie de estándares que se han ido desarrollando y se muestran a continuación:

Una de ellas es la especificación IEEE 802.11a, e incluye las siguientes características:

- Utiliza la banda de frecuencias de 5 GHz (5.725 a 5.850 GHz).
- Velocidad de transmisión máxima: 54 Mbps.
- Utiliza como técnica de transmisión OFDM.

La otra especificación publicada en 1999 es la IEEE 802.11b con las siguientes características:

- Utiliza la banda de frecuencias de 2.4 GHz.
- Velocidad de transmisión máxima: 11 Mbps.
- Técnica de transmisión utilizada: DSSS.
- En 2003, se publica el estándar IEEE 802.11g. Es la última especificación publicada y la que más penetración en el mercado ha tenido. Sus características son las siguientes:

- Opera en la banda de 2.4 GHz.
- Alcanza una velocidad de hasta 54 Mbps. Utiliza como técnica de transmisión OFDM.
- Los dispositivos fabricados para 802.11g son compatibles con 802.11b.
- IEEE 802.11n. Sus características son las siguientes:
 - Opera en la banda de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz.
 - Proporcionan velocidades de 150 Mb/s a 600 Mb/s, con un alcance de hasta 70m.
 - Es compatible con dispositivos 802.11a, b y g.
- IEEE 802.11ac. Sus características son las siguientes:
 - Opera en la banda de 5 GHz y proporciona velocidades de datos que van de 450 Mb/s a 1.3 Gb/s (1300 Mb/s)

- Es compatible con dispositivos 802.11a/n.

2.11. Tecnología RFID

2.11.1. Definición.

La identificación por radio frecuencia o RFID (Radio Frequency IDentification) es una tecnología que permite identificar automáticamente un objeto gracias a una onda emisora incorporada en el mismo que transmite por radiofrecuencia los datos identificativos del objeto, siendo esta identificación normalmente unívoca (INTECO, 2010).

La “RFID” hace referencia a un tipo de tecnología de intercambio inalámbrico de datos. La lectura y grabación de los datos se realiza a partir de un chip conectado a una antena que recibe señales de radiofrecuencia desde un dispositivo de lectura y grabación (denominado normalmente lector, codificador o interrogador). El intercambio de datos se produce automáticamente, sin que ningún operador tenga que intervenir para activar la lectura de RFID (Intermec Technologies Corporation, 2016).

2.11.2. Ventajas de la tecnología RFID

Según la corporación (Intermec Technologies Corporation, 2016) la tecnología RFID ofrece una serie de ventajas importantes en comparación con otras formas de captura de datos:

- La RFID permite monitorizar y capturar datos en entornos inadecuados para los operarios, ya que la lectura de las etiquetas no requiere ningún trabajo.
- Esta tecnología permite realizar más de mil lecturas por segundo, ofreciendo una alta velocidad y una gran precisión.
- Los datos de una etiqueta RFID se pueden modificar reiteradamente.

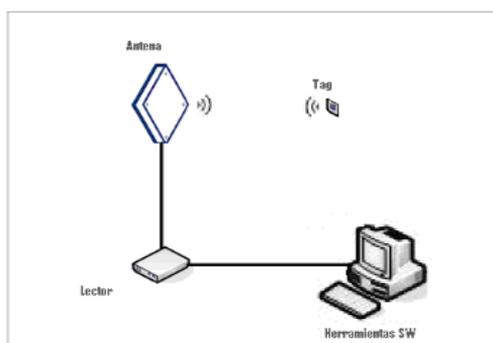
- La tecnología RFID no necesita una línea directa de visión entre la etiqueta y el lector; esto la convierte en idónea para muchas aplicaciones en las que no se pueden utilizar códigos de barras.
- Miles de empresas de múltiples sectores han explotado las ventajas de la identificación por radiofrecuencia para realizar operaciones que monitorizan procesos, proporcionan datos precisos en tiempo real, realizan el seguimiento de bienes e inventarios y reducen las necesidades de mano de obra.
- La tecnología RFID se puede utilizar conjuntamente con sistemas de códigos de barras y redes inalámbricas.

2.11.3. Funcionamiento de la tecnología RFID

El funcionamiento de esta tecnología se basa en la señal de radio que genera la etiqueta RFID, en la que previamente se han grabado los datos identificativos del objeto al que está adherida. Un lector físico se encarga de recibir esta señal, transformarla en datos y transmitir dicha información a la aplicación informática específica que gestiona RFID (denominada middleware), en la figura 25 se observa un sistema básico RFID (INTECO, 2010).

Figura 25

Sistema RFID básico



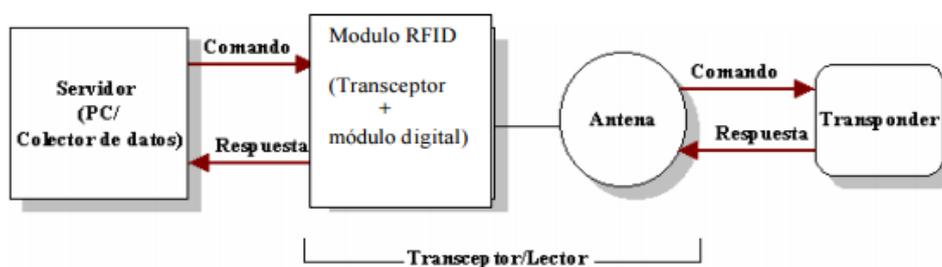
Nota. Recuperado de (Peña, 2022)

2.11.3.1. Componentes del Sistema de RFID

En la figura 26 se evidencia un sistema transceptor/lector, según la corporación (Peña, 2022) indica los componentes que participan en la tecnología RFID son cuatro: las etiquetas, los lectores, el software que procesa la información y los programadores:

Figura 26

Componentes de un sistema RFID



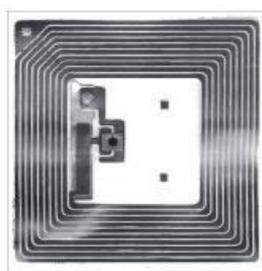
Nota. Recuperado de (Peña, 2022)

2.11.3.2. Etiquetas RFID

Las etiquetas o transpondedores RFID constan de dos elementos básicos: un chip y una antena. El chip y la antena, montados, forman un ensamble Figura 27.

Figura 27

Componentes de un sistema RFID



Nota. Recuperado de (Peña, 2022)

La etiqueta RFID está compuesta por una antena, un transductor radio y un microchip (no presente en las versiones de menor tamaño). La antena es la encargada de transmitir la información que identifica a la etiqueta. El transductor es el que convierte la información que transmite la antena y el chip posee una memoria interna para almacenar

el número de identificación y en algunos casos datos adicionales. La capacidad de esta memoria depende del modelo. En el caso de tags sin chip, la información que se puede almacenar es bastante limitada (hasta 24 bits). (Peña, 2022)

2.11.3.3. Tipos de Etiquetas RFID

Según la corporación (Intermec Technologies Corporation, 2016) muestra una serie de tarjetas RFID que se muestran a continuación:

Clasificación 1: Acceso

- Sólo lectura (RO)
- Escritas una vez y múltiples lecturas (WORM)
- Escritura y lectura múltiple

Clasificación 2: Memoria

- Sólo Tag ID (64 / 96 bits)
- Tag ID (64 / 96 bits) +
- User Memory (0-8Kbits, según el fabricante del integrado)

Clasificación 3: Material del objeto a etiquetar

- Objetos metálicos: tags con una capa de espuma que crea el espacio de aire necesario y con antenas no adaptadas.

Clasificación 4: Alimentación

- Pasivas: Sin alimentación propia, sino que la obtienen de la señal de RF emitida por el lector, de modo que tanto su alimentación como la comunicación con el lector se realiza con la señal recibida de éste.
- Semi-pasivas: Tienen una pequeña batería que alimenta su IC, pero la comunicación de respuesta hacia el lector se hace con la misma señal RF que le llega del lector. Alcanzan mayores distancias ya que la potencia que

se usaba en las pasivas para alimentar el circuito se invierte aquí en aumentar el rango.

- Activas: Cuenta con una batería que no sólo les permite alimentar su circuitería interna, sino que también refuerza la señal que le llega del lector permitiéndole alcances mayores en la comunicación de vuelta.

Según la frecuencia a la que trabajen: Dependiendo de la frecuencia de operación, las etiquetas se pueden clasificar en baja, alta, ultra alta frecuencia y microondas. La frecuencia de operación determina aspectos de la etiqueta como la capacidad de transmisión de datos, la velocidad y tiempo de lectura de éstos, el radio de cobertura y el coste de la etiqueta, en la tabla 5 se muestra la banda de frecuencia que se utiliza en RFID. (Peña, 2022)

Tabla 5

Bandas de frecuencia utilizadas en la tecnología RFID

Frecuencia	Denominación	Rango
125 kHz – 134 kHz	LF (Baja Frecuencia)	Hasta 45 cm.
13,553 MHz – 13,567 MHz	HF (Alta Frecuencia)	De 1 a 3 m.
400 MHz – 1000 MHz	UHF (Ultra Alta Frecuencia)	De 3 a 10 m.
2,45 GHz – 5,4 GHz	Microondas	Más de 10 m

Nota. Esta tabla muestra la frecuencia utilizada en RFID

2.11.3.4. Lector de RFID.

Se encarga de recibir la información emitida por las etiquetas y transferirla al middleware o subsistema de procesamiento de datos. Las partes del lector son: antena, transceptor y decodificador. Algunos lectores incorporan un módulo programador que les permite escribir información en las etiquetas, si éstas permiten la escritura. (Peña, 2022) En la figura 28 se indica un dispositivo RFID.

Figura 28

Lector RFID



Nota. Recuperado de (Peña, 2022)

CAPITULO III

En este capítulo se realizará un análisis de hardware y software que permita lograr un diseño óptimo y fiable para el sistema de sensores y acceso el cual se propone para controlar el uso de las estaciones de trabajo y su respectivo acceso.

3.1. Descripción del Sistema

En la actual sección se define de manera general la descripción de las funciones que tendrá el sistema en desarrollo, su propósito y el alcance al que está sujeto.

3.1.1. Propósito del Sistema

El sistema se desarrolla a una escala de prueba que permitirá discriminar el acceso a los operadores de las estaciones de trabajo, además de recolectar los datos de la maquinaria para generar reportes y obtener el consumo eléctrico

3.1.2. Alcance

El sistema será instalado junto a los tableros de control de cada estación de trabajo, consta de un lector RFID el cual permitirá el acceso a los operadores asignados y encenderá la maquinaria, además cuenta con sensores de corriente que recolectaran los datos de funcionamiento del equipo, la base de datos almacenara los datos censados y detallará el operador que accedió a la estación de trabajo.

El sistema se complementa con una interfaz web donde se puede generar reportes y revisar la base de datos constantemente, esto permite al administrador obtener el consumo de cada estación de trabajo.

3.2. Desarrollo del Sistema

Para dar respuesta a este proceso de diseño se seleccionó un modelo en cascada el desarrollo del modelo se atribuye a Winston W. Royce, un teórico de la informática. Sin embargo, Royce no es el creador de este modelo. En su ensayo de 1970 titulado

"Managing the Development of Large Software Systems", critica los procedimientos lineales y propone como alternativa un modelo iterativo e incremental donde cada fase se basa en la anterior y verifica sus resultados.

3.2.1. Fases del modelo en cascada

Royce sugiere un modelo con siete fases que deben ejecutarse en varias iteraciones:

- Requisitos de sistema
- Requisitos de software
- Análisis
- Diseño
- Implementación
- Prueba
- Servicio

El modelo popularmente conocido como "waterfall" se basa en estas fases definidas por Royce, pero solo prevé una iteración. En el ensayo de Royce, el término "modelo en cascada" no aparece.

En la práctica, se aplican varias versiones del modelo. Los más comunes dividen el proceso de desarrollo en cinco fases. A veces, las fases 1, 2 y 3 de Royce se integran en una sola fase de análisis de requisitos:

- Análisis: planificación, análisis y especificación de requisitos.
- Diseño: diseño y especificación del sistema.
- Implementación: programación y pruebas unitarias.
- Verificación: integración de sistemas, pruebas de sistema y de integración.
- Mantenimiento: entrega, mantenimiento y mejora.

Los procesos que se deben cumplir en cada una de las etapas del modelo en Cascada se describen a continuación en la tabla 6, esto con el fin de desarrollar de forma ordenada el proyecto.

Tabla 6

Descripción de fases del modelo en Cascada

Etapas de Trabajo	Descripción
Análisis	<p>Todo proyecto comienza con una fase de análisis que incluye un estudio de viabilidad y una definición de requisitos. El estudio de viabilidad evalúa los costes, la rentabilidad y la factibilidad del proyecto, resultando en un pliego de condiciones, un plan y una estimación financiera, así como una propuesta para el cliente, si es necesario. Luego se realiza una definición detallada de los requisitos, analizando la situación inicial y formulando un concepto. La definición de requisitos resulta en un pliego de condiciones y un plan para la prueba de aceptación.</p>
Diseño	<p>La fase de diseño formula una solución específica basada en las exigencias, tareas y estrategias definidas anteriormente. Los desarrolladores diseñan la arquitectura de software y un plan de diseño detallado, centrándose en componentes concretos como interfaces, entornos de trabajo o bibliotecas. El resultado es un borrador preliminar del plan de diseño y planes de prueba para los componentes.</p>
Implementación	<p>La arquitectura del sistema concebida en la fase de diseño se ejecuta en la fase de implementación, que incluye la</p>

programación, la búsqueda de errores y las pruebas unitarias.

Los diversos componentes se desarrollan por separado, se comprueban con pruebas unitarias y se integran en el producto final, que se prueba por primera vez como producto final en la siguiente fase (prueba alfa).

Prueba

La fase de prueba incluye la integración del sistema en el entorno seleccionado. Las pruebas de aceptación determinan si el sistema cumple con las exigencias definidas anteriormente. Los productos que superan las pruebas están listos para poner en producción.

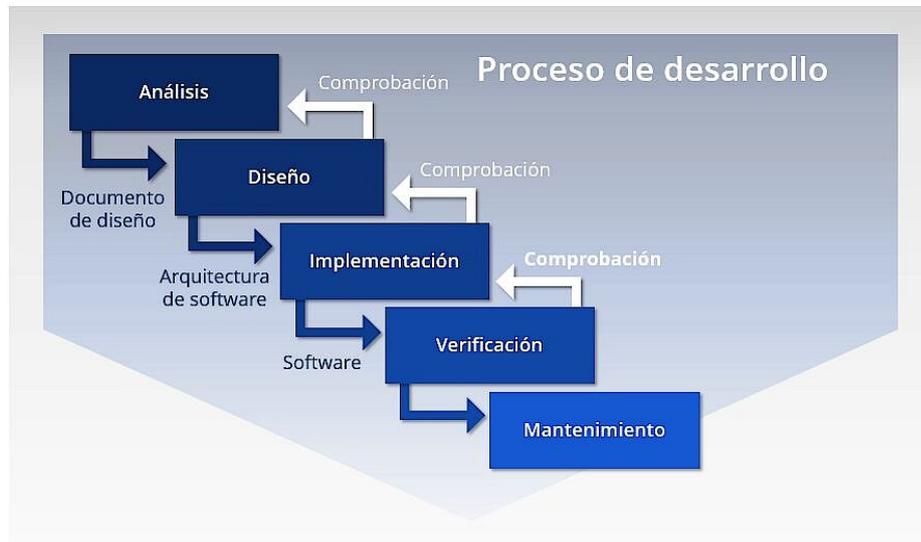
Una vez que la fase de prueba ha concluido con éxito, se autoriza la aplicación productiva del prototipo. La última fase del modelo en cascada incluye la entrega, el mantenimiento y la mejora del sistema.

Mantenimiento

Nota. Esta tabla describe las etapas del modelo en Cascada adaptada de (Lteif, 2024)

La figura 29 explica por qué este procedimiento lineal se llama "metodología en cascada". El modelo en cascada de cinco niveles, basado en las propuestas de Royce, divide el desarrollo en fases de análisis, diseño, implementación, verificación y mantenimiento. El gráfico incluye una ampliación del modelo de Royce: la verificación de los resultados de cada fase considerando las exigencias y especificaciones del paso anterior. (Lteif, 2024)

Figura 29

Fases del modelo en Cascada

Nota. Recuperado de (Lteif, 2024)

3.3. Análisis

Con el presente análisis estableceremos los requerimientos para el desarrollo del sistema, para lo cual se consideró el acceso de los operadores a las estaciones de trabajo, la frecuencia de uso de cada maquinaria y el consumo de estas.

3.3.1. Situación actual

En la ciudad de Ibarra, se ha analizado industrias de siderurgia y metalurgia para montajes industriales.

Todo este proceso mecánico genera un desgaste en las partes de la maquinaria que es controlable bajo ciertos parámetros, el conocimiento de esos parámetros es fundamental para el buen desempeño de la máquina y alargar su vida útil, en estos procesos se involucra varias máquinas hasta obtener un repuesto terminado por lo que se

dificulta el control de los parámetros de cada máquina y los costos de producción de cada repuesto.

Con la centralización de la información se dispone de una herramienta que facilita el control de la maquinaria y permitirá el acceso de cada operador las estaciones de trabajo autorizadas únicamente.

3.4. Requerimientos

Una vez obtenida la información necesaria del análisis, y en base a la utilización del estándar ISO/IEC/IEEE 29148, que examina las necesidades de los STAKEHOLDERS (usuarios); se generaran los requerimientos con la información recolectada de los objetivos, del propósito, del alcance que deberá cumplir el sistema.

Para discriminar los requerimientos se han definido abreviaturas, que permitirán sintetizar y manejar de manera más adecuada los datos, estas abreviaturas serán establecidas como nomenclatura de requerimientos que se describen en la tabla 7.

Tabla 7

Nomenclatura de requerimientos IEEE 29148

Requerimiento	Nomenclatura
Stakeholders	RSTH
Funcionales	RF
Diseño y Arquitectura	RDA

Nota. Esta tabla expone las nomenclaturas de los requerimientos del estándar IEEE 29148

3.4.1. Stakeholders

Corresponden a las personas involucradas ya sea de forma directa o indirectamente en el diseño y desarrollo del sistema, a continuación, la tabla 8 muestra los stakeholders establecidos que permitirán definir los requerimientos.

Tabla 8

Stakeholders involucrados

STAKEHOLDERS	
Usuario	Función
Administrador de la empresa	Administrador
Operadores Estaciones de trabajo	Población aplicada entrevista
Industria Siderúrgica y Metalúrgica	Beneficiarios
Universidad Técnica del Norte	Entidad de Respaldo
Ing. Carlos Vásquez	Director de Tesis
Sr. Jason Cervantes	Desarrollador del Proyecto

Nota. Esta tabla detalla los stakeholders involucrados

3.4.2. Requerimientos de los Stakeholders

Tomando en cuenta el alcance del proyecto y el análisis se han establecido características específicas de acuerdo con las necesidades tanto del administrador como de los operadores, estos requerimientos se muestran en la tabla 9 a continuación.

Tabla 9

Requerimientos Stakeholders

REQUERIMIENTOS DE STAKEHOLDERS				
#	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD		
		Alta	Media	Baja
REQUERIMIENTOS DE ADMINISTRADOR				
RSTH1	Debe poder asignar las credenciales de acceso a las estaciones de trabajo correspondiente a cada operador	X		
RSTH2	Debe acceder a los reportes de acceso de cada estación de trabajo y diferenciarlas por operador	X		
RSTH3	Debe obtener los datos censados por el sistema	X		
REQUERIMIENTOS DE OPERADORES				
RSTH4	El dispositivo debe ubicarse cerca a los tableros eléctricos de control de cada estación de trabajo	X		

RSTH5	Debe ser accesible para los operadores mientras porten el equipo de seguridad obligatorio.	X
RSTH6	Debe permitir el acceso únicamente a los operadores autorizados	X
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES		
RSTH7	El dispositivo debe ser adaptable a cualquier tipo de maquinaria	X
RSTH8	El dispositivo debe poder conectarse vía cable ethernet o vía wifi al modem de la empresa	X
RSTH9	Debe sujetarse junto al tablero de control de cada estación de trabajo	X
RSTH10	Los sensores deben ser extraíbles	X
RSTH11	Debe estar correctamente señalizado para su correcto uso	X
RSTH12	Debe llevar instrucciones de uso	X

Nota. Esta tabla detalla y describe los stakeholders

3.4.3. Requerimientos del Sistema

En la tabla 10 a continuación, se definen las funcionalidades que debe cumplir el sistema de censo y acceso para la empresa, los aspectos técnicos de los elementos que lo conforman.

Tabla 10

Requerimientos Funcionales

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES					
#	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			Relación
		Alta	Media	Baja	
REQUERIMIENTOS DE USO					
RF1	Ordenador de placa única (servidor)	X			
RF2	Placa de Microcontrolador de código abierto (autenticación)	X			
RF3	Lector RFID	X			RSKO2
RF4	Costos accesibles	X			RF2
RF5	Alimentación de 5V, 2 ^a	X			
RF6	Puerto Ethernet	X			
RF7	Jacks 3,5 mm	X			
RF8	Jack XLR de 3 pines	X			
RF9	Shield para unificar el lector rfid	X			
REQUERIMIENTOS DE RENDIMIENTO					

RF10	Servidor con procesador mínimo de 1.2 GHz	X	
RF11	Conectividad inalámbrica a 2.4 GHz	X	
RF12	Relay de 250V mínimo 5A	X	
RF13	Sensores deben soportar 75A como mínimo	X	
RF14	Los elementos electrónicos deben soportar temperaturas medias		X
RF15	Autenticación de mínimo 30 operadores		X
RF16	Cable ethernet para conexión del servidor		X
RF17	Cable USB tipo A/B	X	
RF18	Cable USB tipo A/miniA	X	
REQUERIMIENTOS DE ESTADO			
RF19	Debe iniciar en modo standby hasta que un operador se autentique	X	
REQUERIMIENTOS FÍSICOS			
RF20	La caja debe cumplir la norma internacional CEI 50629 con IP-63	X	
RF21	La integración de dispositivos electrónicos en las placas con soldadura de estaño	X	
RF22	La integración de los circuitos con sus componentes con cable de cobre	X	

Nota. Esta tabla detalla y describe los requerimientos funcionales

3.4.4. Requerimientos de Diseño y Arquitectura

La presente sección define los requerimientos específicos en cuanto a hardware y software se refiere, la tabla 11 contiene la información necesaria.

Tabla 11

Requerimientos de Diseño y Arquitectura

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES					
#	REQUERIMIENTO	PRIORIDAD			Relación
		Alta	Media	Baja	
REQUERIMIENTOS LÓGICOS					
RDA1	El sistema se mantiene apagado hasta autenticar el acceso en el lector RFID	X			
REQUERIMIENTOS DE DISEÑO					
RDA2	La caja contenedora debe soportar la intemperie	X			
RDA3	El lector RFID debe ser accesible al operador	X			

RDA4	El interfaz de la base de datos debe ser amigable para el administrador	X	
REQUERIMIENTOS DE HARDWARE			
RDA5	El servidor debe trabajar con software open source	X	
RDA6	El dispositivo debe ser fácil de colocar en los tableros de las estaciones de trabajo		X
RDA7	El dispositivo debe tener puertos de entrada y salida analógicos para el manejo de sensores	X	
RDA8	El dispositivo debe tener puerto de alimentación 5V, 2 A	X	
RDA9	El servidor y la placa deben permitir la conexión a internet.	X	
REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE			
RDA10	El servidor y la placa deben tener librerías actualizadas	X	
RDA11	El servidor y la placa deben tener librerías compatibles con el Lector RFID	X	
RDA12	Lenguaje de programación basado en PHP, Python, HTML, o C++	X	
RDA13	Debe tener capacidad de trabajar con diferentes plataformas	X	
RDA14	Debe manejar alto grado de confiabilidad de la información recolectada	X	
RDA15	El sistema debe permitir al administrador dar accesos a los operadores	X	
RDA16	Alta disponibilidad de la base de datos	X	
RDA17	Almacenamiento de varias estaciones de trabajo en la base de datos	X	
RDA18	Sintaxis de lenguaje amigable	X	
RDA19	Portabilidad del Lenguaje	X	
REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS			
RDA20	La fuente de alimentación debe ser de 5V, 2 A	X	

Nota. Esta tabla detalla y describe los requerimientos de diseño y Arquitectura

3.5. Selección de Hardware y Software

Una vez analizados y establecidos los requerimientos para el diseño, se procede a seleccionar el hardware y el software adecuados para la implementación del sistema.

3.5.1. Elección de Hardware.

Procedemos a seleccionar el hardware adecuado para el correcto montaje y funcionamiento del sistema, esta selección se ejecuta bajo la división de Ordenador de placa única (servidor), placa de microcontrolador de código abierto, sensores de corriente.

3.5.1.1. Ordenador de placa única

La selección del Servidor se basa enteramente en las librerías actualizadas que permitan la integración de los demás dispositivos al sistema, la tabla 12 muestra a continuación los dos tipos de servidores que podrían cumplir con los requerimientos.

Tabla 12

Elección de ordenador en base a los requerimientos

#	Tipo de Ordenador	Requerimientos							Valoración
		RF10	RF11	RDA10	RDA11	RDA12	RDA13	RDA16	
O1	ESP32	1	1	1	1	1	1	1	7
O2	PcDuino	0	1	0	1	1	1	1	5
ELECCIÓN		O1			ESP32				

Nota. Esta tabla detalla la valoración y elección del ordenador

3.5.1.2. Placa de microcontrolador de código abierto

La elección de la placa se basa en el costo, en vista que existen placas de igual o mejor características se ha tomado en cuenta su valor de adquisición con el objetivo de reducir al mínimo los costos de implementación, la tabla 13 muestra las placas para analizar cuál de ellas se seleccionará.

Tabla 13

Elección de la placa de microcontrolador de código abierto

#	Tipo de Placa	Requerimientos							Valoración
		RF4	RF5	RF6	RF9	RDA12	RDA13	RDA20	
P1	Arduino Leonardo	1	1	1	1	1	1	1	7
P2	ESP32	0	1	1	1	1	1	1	6
SELECCIÓN		P2			ESP32				

3.5.1.3. Sensores de Corriente

Para la elección del sensor de corriente se ha tomado en cuenta la adaptabilidad del dispositivo a cualquier máquina, y su resistencia en amperaje a las estaciones de trabajo, la tabla 14 compara dos sensores y permite seleccionar el más adecuado.

Tabla 14

Elección del sensor de corriente

#	Tipo de Sensor	Requerimientos			Valoración
		RSTH7	RSTH10	RF13	
S1	SCT-013	1	1	1	3
S2	ACS712	0	0	0	0
SELECCIÓN		S1	SCT-013		

Nota. Esta tabla detalla la selección del sensor de corriente

3.5.2. Elección de Software

De acuerdo con los requerimientos establecidos por los Stakeholders se procede a seleccionar el software adecuado que permitirá el correcto funcionamiento del sistema una vez implementado el hardware, es así como tenemos el sistema, la base de datos, el lenguaje de programación y el servidor web como pilares de nuestra selección.

3.6. Diseño del Sistema

Ahora que se han establecido los requerimientos y se ha seleccionado tanto el hardware como el software para la implementación del diseño, se debe cumplir con la siguiente etapa de acuerdo con la metodología seleccionada.

Se adquirirán los materiales necesarios para realizar la implementación del sistema considerando los análisis previos.

3.6.1. Diagrama de bloques

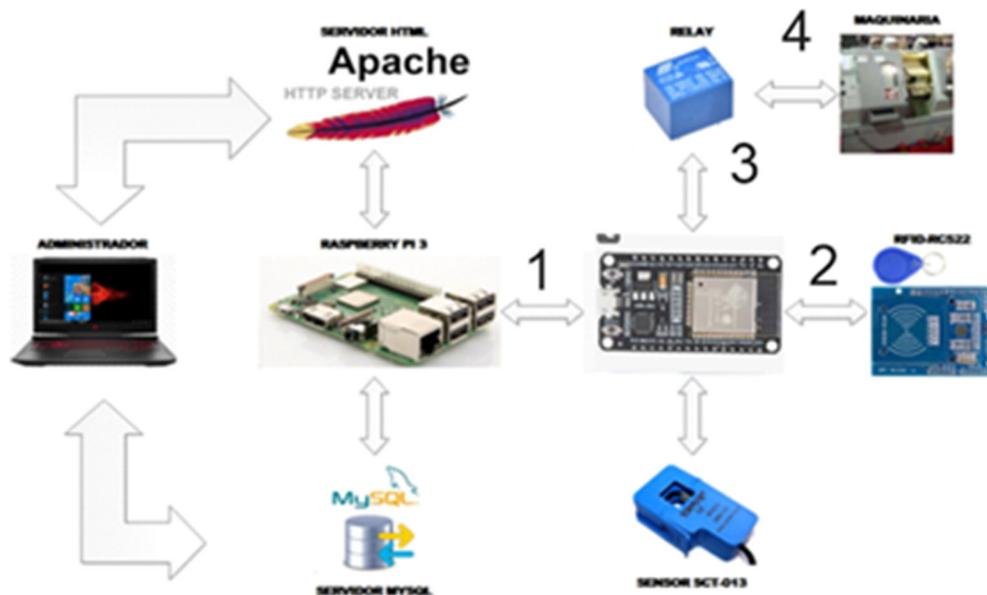
Representación gráfica del funcionamiento del sistema y las etapas por las que debe pasar para cumplir con los resultados esperados, la figura 39 muestra el esquema del

diseño, en el cual se encuentran los dispositivos de hardware y software seleccionados previamente.

El diagrama de bloques busca indicar cada uno de los componentes del sistema a implementar, esto se muestra en la Figura 30.

Figura 30

Diagrama de bloques



Nota: Diagrama que sigue los diferentes procesos del sistema

Como se muestra en la Figura 30 se tiene el proceso en base a la numeración:

- Es la conexión entre el ESP32 y el servidor web donde se almacenará los datos censados y se presentará la visualización de las variables medidas.
- La conexión entre el ESP32 y RFID para la activación del relé con una llave de identificación
- Una vez que se identifica la llave del usuario se activa el relé que enciende la máquina para su censado.
- En cada proceso de censado es necesario activar la maquina por medio del relé.
- Se procede a realizar el censado de la maquinaria o dispositivo

El proceso inicia con el lector RFID, que por medio del Arduino uno identifica el usuario que pretende acceder al sistema, en caso de que el acceso sea correcto se activa el Relé encendiendo la maquinaria y encendiendo el sensor.

Los datos censados son almacenados por la base de datos que se encuentra en el servidor, en este caso el Raspberry Pi 3, y que mediante el interfaz gráfico permiten visualizar al administrador y generar reportes en caso de que así lo requiera.

3.6.2. Alimentación del sistema

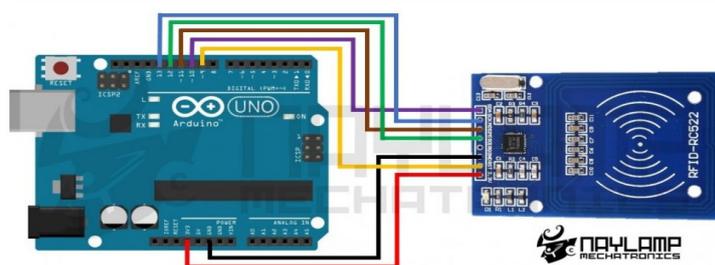
Los dispositivos electrónicos y demás componentes seleccionados para el diseño se alimentan con una fuente de 5V y 2 A. por medio del puerto USB instalado el cual permite conectar un cable directamente al tomacorriente.

3.6.3. Diagrama de circuito y conexiones

La figura 31 muestra el diagrama de conexión entre la placa Arduino y el módulo lector RFID, la figura 32 muestra la conexión con el Relé que controla en encendido tanto de la maquinaria como de los sensores y la figura 33 muestra la conexión de los sensores.

Figura 31

Diagrama conexión Arduino con módulo RFID



Nota. Recuperado de (Balboa, 2018)

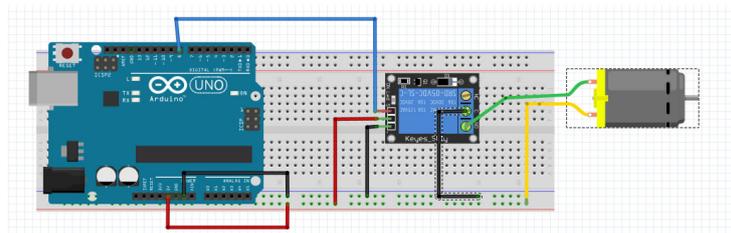
La Figura 31 muestra un esquema de conexión entre una placa Arduino Uno y un módulo RFID-RC522. Con las siguientes conexiones específicas.

- Pin VCC del módulo RFID-RC522 **conectado al pin 3.3V** del Arduino Uno.

- Pin GND del módulo RFID-RC522 **conectado al pin GND** del Arduino Uno.
- Pin RST del módulo RFID-RC522 **conectado al pin 9** del Arduino Uno.
- Pin IRQ del módulo RFID-RC522 **no está conectado**.
- Pin MISO del módulo RFID-RC522 **conectado al pin 12** del Arduino Uno.
- Pin MOSI del módulo RFID-RC522 **conectado al pin 11** del Arduino Uno.
- Pin SCK del módulo RFID-RC522 **conectado al pin 13** del Arduino Uno.
- Pin SDA del módulo RFID-RC522 **conectado al pin 10** del Arduino Uno.

Figura 32

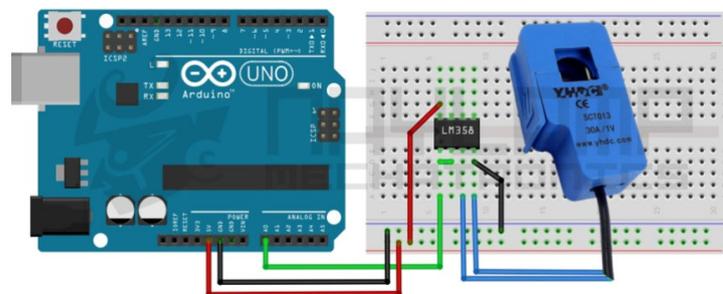
Conexión Arduino con Relé 220



Nota. Conexión de Arduino con Relé 220v Fuente: el autor

Figura 33

Conexión Arduino con sensor de corriente



Nota. Conexión de Arduino con sensor de corriente Fuente: el autor

La Figura 33 muestra un esquema de conexión entre una placa Arduino Uno, un módulo de relé, y un motor eléctrico, todo montado en una protoboard (placa de pruebas).

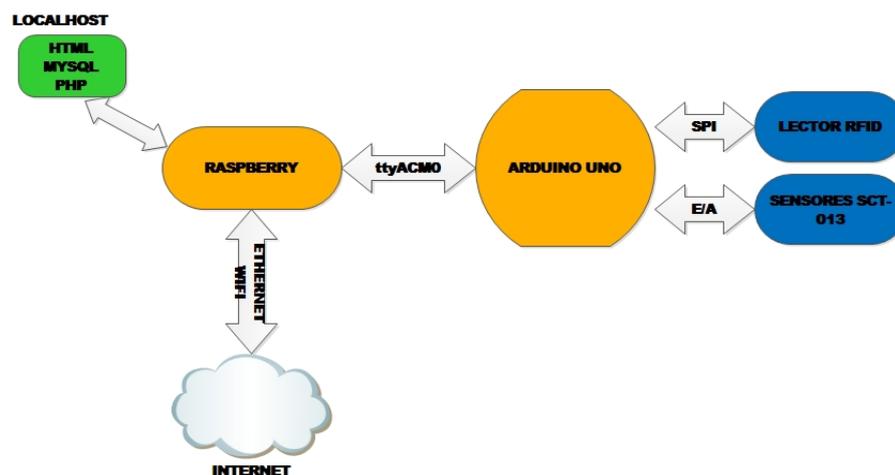
Con las siguientes conexiones específicas:

- in 5V del Arduino Uno conectado a la línea de alimentación roja de la protoboard.
- Pin GND del Arduino Uno conectado a la línea de tierra azul de la protoboard.
- Pin 7 del Arduino Uno conectado al pin IN del módulo de relé.
- Pin VCC del módulo de relé conectado a la línea de alimentación roja de la protoboard.
- Pin GND del módulo de relé conectado a la línea de tierra azul de la protoboard.
- Salida del módulo de relé conectada a los cables del motor eléctrico:
- Un cable del motor va a uno de los terminales del relé.
- El otro cable del motor va a la línea de tierra de la protoboard.

Este esquema se utiliza para controlar un motor eléctrico mediante un relé, activado por el Arduino Uno.

Figura 34

Diagrama de comunicaciones.



Nota. Diagrama de comunicaciones. Fuente: el autor

En la figura 34 se puede observar el tipo de comunicaciones existentes entre los módulos que integran el sistema, de los que se puede destacar la comunicación SPI entre

Arduino y el lector RFID, la comunicación analógica entre el Arduino y los sensores SCT-013, la comunicación serial entre Raspberry y Arduino, a su vez por medio de Ethernet y 802.11 se puede comunicar el mini computador Raspberry con la internet e integrado en Raspberry se tiene la base de datos y el servidor HTML para presentar los resultados.

3.7.Programación

Una vez que se ha realizado las conexiones físicas del sistema, procedemos a desarrollar el código fuente, por medio del cual podremos cumplir con los requerimientos antes establecidos,

El diagrama de flujo de la Figura 35 ilustra el proceso de lectura y verificación de un usuario, el control de una máquina mediante un relé, y el almacenamiento de datos en una base de datos. Se describe paso a paso a continuación:

- **Leer usuario:**

Inicio del proceso donde se lee la información del usuario.

- **Comprobar usuario:**

Verificación de si el usuario es autorizado.

- **Decisión:**

- **Usuario autorizado:** Sigue al paso "Usuario correcto".
- **Usuario incorrecto:** Termina el proceso con "Fin".

- **Usuario correcto:**

Si el usuario es correcto, se decide si se debe activar la máquina o no.

- **Decisión:**

- **Sensores activados:** Enlaza la máquina.
- **Sensores desactivados:** El relé permanece apagado.

- **Enlace máquina:**

La máquina se activa.
- **Comprobar datos de sensores analógicos:**

Se verifica si los valores de los sensores son mayores que el valor de operación.
- **Decisión:**
 - **Valores mayores:** Se almacena variable y tiempo de funcionamiento.
 - **Valores menores:** Apaga la máquina.
- **Se almacena variable y tiempo de funcionamiento:**

Registro de variables y tiempos cuando los valores de los sensores son adecuados.
- **Apaga máquina:**

Si los valores de los sensores son menores, se apaga la máquina.
- **Decisión:**
 - **Usuario autorizado:** Continúa con el siguiente paso.
 - **Usuario no autorizado:** Termina el proceso con "Fin".
- **Máquina apagada:**

Estado de la máquina apagada.
- **Promedio de valores censados:**

Cálculo del promedio de los valores registrados por los sensores.
- **Calcula tiempo de encendido:**

Cálculo del tiempo total en que la máquina estuvo encendida.
- **Ordena datos para enviar a la base de datos:**

Preparación de los datos para su envío.
- **Envía datos (Consumo total, tiempo de uso y usuario) a la base de datos:**

Envío de datos a la base de datos.

- **Fin:**

Termina el proceso.

Notas:

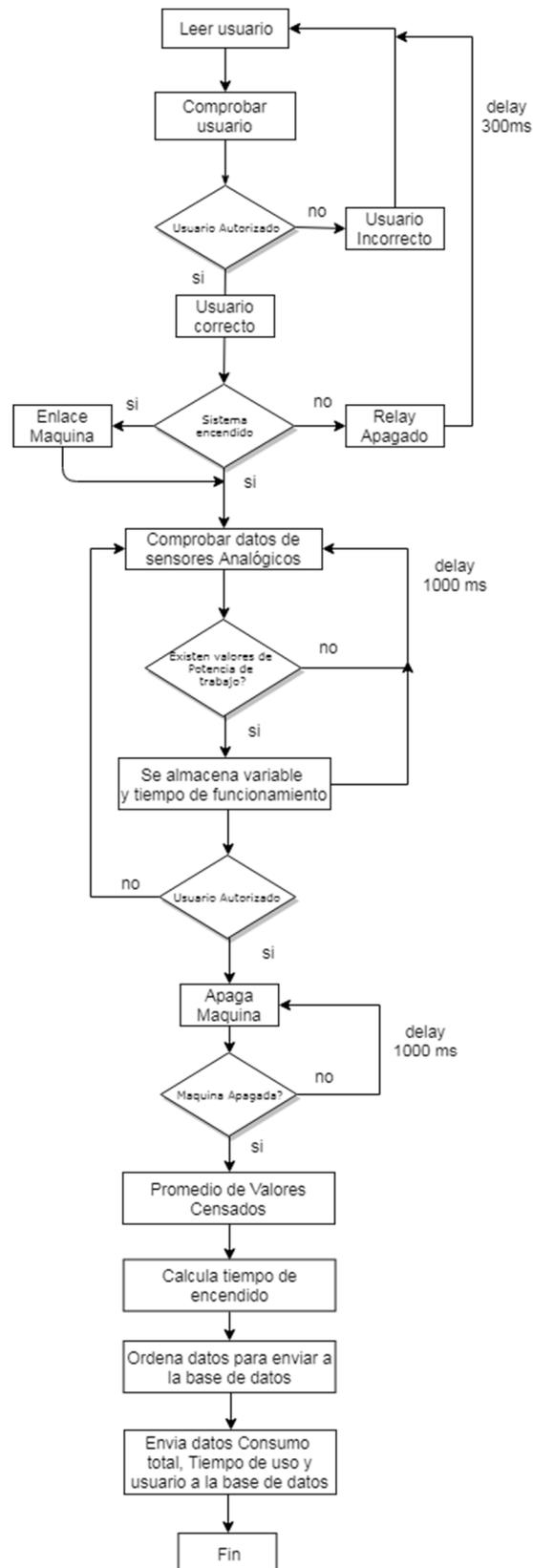
Las decisiones están representadas por los diamantes.

Los procesos están representados por los rectángulos.

Las conexiones y el flujo del proceso se indican mediante flechas.

Figura 35.

Diagrama de flujo RFID y sensores SCT-013



Nota. Diagrama de flujo RFID y sensores SCT-013. Fuente: el autor

CAPITULO 4

4.1. Pruebas funcionales

En este apartado se realizarán las pruebas funcionales del diseño previo a la implementación final del sistema, para este fin se han separado las pruebas en etapas.

Las etapas que se han contemplado para las pruebas son las siguientes:

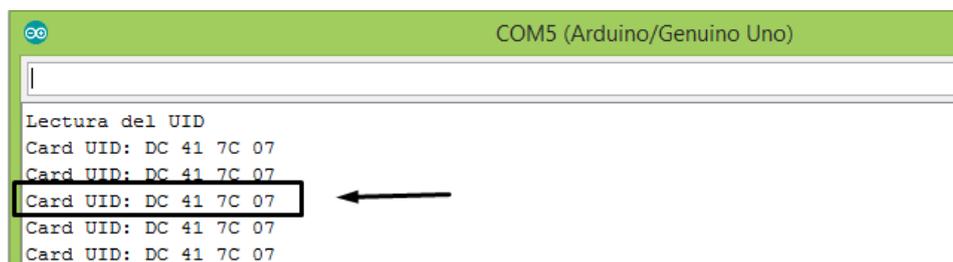
- Acceso de administrador.
- Activación de la maquinaria y el sensor.
- Comunicación entre módulos.
- Creación de la base de datos.

4.1.1. Acceso de administrador

Primera Etapa, el administrador puede realizar un acceso por medio de una tarjeta RFID, misma que contiene un código único de autenticación, el lector con ayuda de Arduino generará un acceso de forma local. Una vez cargado dentro del monitor serial se obtiene la respuesta del código de administrador que se observa en la Figura 36.

Figura 36

Código TAG administrador

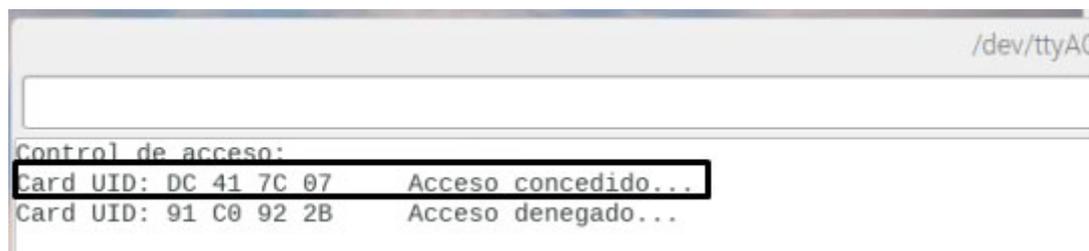


```
COM5 (Arduino/Genuino Uno)
Lectura del UID
Card UID: DC 41 7C 07
```

Nota. Código TAG de administrador. Fuente: el autor

Con este proceso la primera etapa se ha completado exitosamente para poder solo generar acceso al usuario administrador como se observa en la Figura 37, y del mismo modo si no posee el TAG de administrador se negará el permiso.

Figura 37

Autenticación de administrador por medio de TAG

```
/dev/ttyAC
Control de acceso:
Card UID: DC 41 7C 07 Acceso concedido...
Card UID: 91 C0 92 2B Acceso denegado...
```

Nota. Autenticación de administrador por medio de TAG Fuente: El autor.

4.1.2. Activación de la Maquinaria y el Sensor

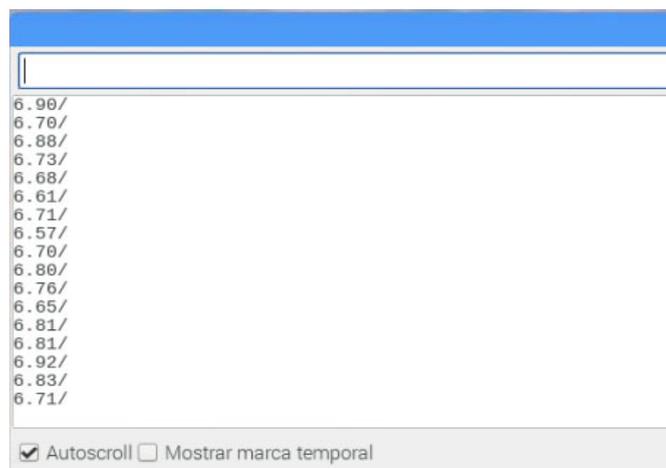
La segunda etapa consiste en la identificación del personal que va a hacer uso de la maquinaria.

El operador acerca la tarjeta al lector de la máquina, la tarjeta se enlaza con el lector entregando su información (código de usuario), el lector transmitirá la información obtenida al microcontrolador. El microcontrolador se encarga de procesar estos datos y autenticar el código para el encendido de la máquina, si el código está dentro del rango de uso se enviará a activar el relé de encendido de la máquina, caso contrario esperará a enlazarse con la siguiente tarjeta.

Para la conexión de la maquina hacia el microcontrolador se utilizará un Relé el cual se conecta con Arduino, al activarse la maquinaria se procede a conectar el sensor de corriente.

Una vez cargado en el monitor serial se obtendrá el resultado visto en la Figura 38, que indica una lectura del sensor de corriente en donde se procederá a calibrar según equipos con parámetros conocidos de funcionamiento.

Figura 38

Respuesta serial con el valor de la potencia en Watios

Nota. Respuesta serial con el valor de la potencia en watts. Fuente: Interfaz de administración usuario.

4.1.3. Comunicación entre módulos

Esta tercera etapa consiste en la comunicación entre módulos, para lo cual se utiliza el módulo serial tanto dentro de Arduino como Raspberry, una vez realizado también es necesario enlazar el Raspberry hacia la infraestructura de red, los componentes que intervienen dentro de este proceso son:

- Arduino Uno
- Raspberry Pi 3
- Infraestructura de red

Las etapas anteriores se encargan de trabajar de manera independiente, pero el objetivo del proyecto es interactuar todo en un solo modulo para permitir economizar y controlar ciertos parámetros de la maquinaria utilizada, por lo cual es necesario adaptar tanto el control RFID para activación de la maquinaria, el sensor de corriente para el control de consumo y que todo se envíe a través del puerto serial del Arduino, la respuesta será la que se observa en la figura 39 por el puerto serial.

Figura 39

Respuesta serial control acceso y consumo en watts

The screenshot shows a serial terminal window with a blue header bar containing the text "/dev/ttyACM0 (Arduino/Genuino Uno)". Below the header, the terminal displays the following text:

```
Control de acceso:
Card UID: DC 41 7C 07      Maquina Encendida
*/0.00/0.00/0.00/0.00*
*/0.00/0.00/0.00/0.00*
*/0.00/72.25/0.00/0.00*
*/0.00/18.64/0.00/0.00*
*/0.00/9.58/0.00/0.00*
*/0.00/8.91/0.00/0.00*
*/0.00/8.65/0.00/0.00*
*/0.00/8.73/0.00/0.00*
*/0.00/8.76/0.00/0.00*
Card UID: DC 41 7C 07      Maquina Apagada
```

Nota. Respuesta serial control acceso y consumo en watts Fuente: Interfaz de administración usuario.

4.1.4. Creación de la Base de Datos

Como etapa final es necesario crear una base de datos en donde se pueda almacenar los valores que nos arroja los sensores implementados y además se pueda mostrar en una gráfica por medio de un servidor web.

4.1.4.1. Diseño de Base de datos

Las variables en Grafana se almacenan como parte del JSON de configuración del dashboard. Esto significa que:

Las variables se definen en la columna data de la tabla dashboard. La columna data contiene el JSON completo del dashboard, incluyendo la sección donde se definen las variables.

En la tabla dashboard se almacena la configuración de los dashboards en formato JSON.

id: Identificador único del dashboard (clave primaria).

uid: Identificador único del dashboard en formato UUID.

title: Título del dashboard.

slug: Slug del dashboard, utilizado en las URLs.

data: JSON que contiene toda la configuración del dashboard, incluyendo paneles y variables.

folder_id: Identificador de la carpeta en la que se encuentra el dashboard.

version: Versión del dashboard.

created: Fecha y hora en que se creó el dashboard.

updated: Fecha y hora de la última actualización del dashboard.

4.1.4.2. Tabla panel

Esta tabla contiene información sobre los paneles dentro de los dashboards.

id: Identificador único del panel (clave primaria).

dashboard_id: Identificador del dashboard al que pertenece el panel.

title: Título del panel.

type: Tipo de panel (por ejemplo, Graph, Table, etc.).

data: JSON que contiene la configuración del panel.

options: Opciones adicionales del panel, si las hay.

4.1.4.3. Tabla dashboard_snapshot

Almacena instantáneas de dashboards.

id: Identificador único de la instantánea (clave primaria).

uid: Identificador único de la instantánea en formato UUID.

snapshot_data: JSON que contiene la configuración del dashboard en el momento de la instantánea.

created: Fecha y hora de creación de la instantánea.

4.1.4.4. Tabla `dashboard_tags`

Almacena etiquetas asociadas a dashboards.

`id`: Identificador único de la etiqueta (clave primaria).

`dashboard_id`: Identificador del dashboard al que se aplica la etiqueta.

`tag`: Etiqueta asociada al dashboard.

4.1.4.5. Tabla `user`

Almacena información sobre los usuarios.

`id`: Identificador único del usuario (clave primaria).

`login`: Nombre de usuario.

`email`: Correo electrónico del usuario.

`password`: Contraseña en formato hash.

`is_admin`: Indica si el usuario es administrador.

`created`: Fecha y hora de creación del usuario.

4.1.4.6. Tabla `org`

Almacena información sobre las organizaciones en Grafana.

`id`: Identificador único de la organización (clave primaria).

`name`: Nombre de la organización.

`created`: Fecha y hora de creación de la organización.

4.1.4.7. Tabla `org_user`

Relaciona usuarios con organizaciones.

`id`: Identificador único de la relación (clave primaria).

`org_id`: Identificador de la organización.

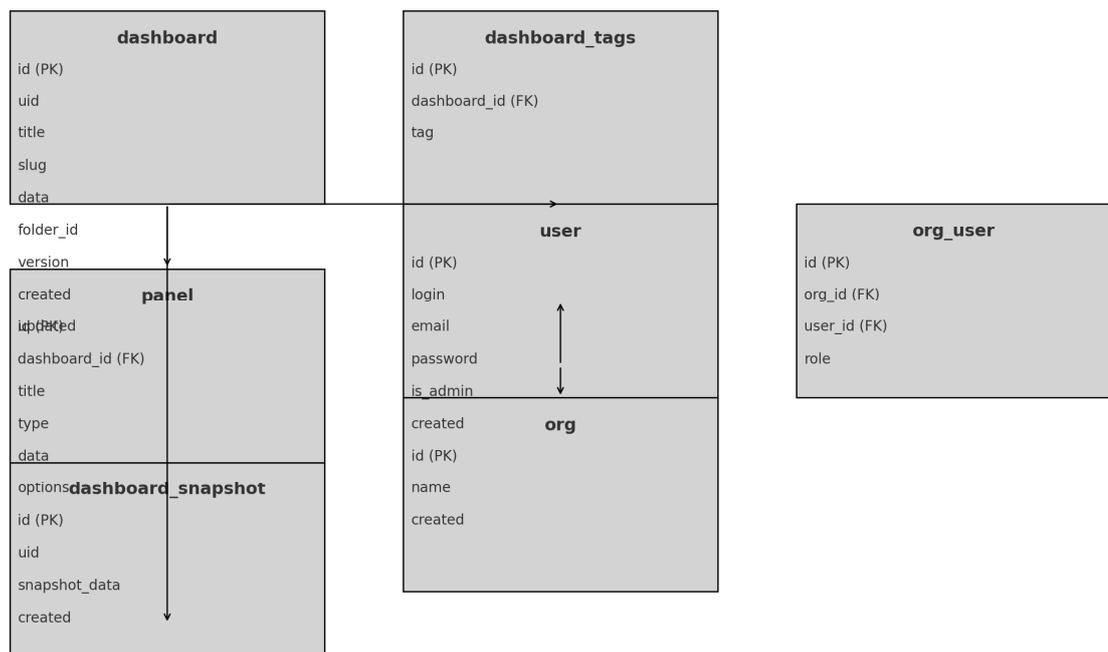
`user_id`: Identificador del usuario.

role: Rol del usuario dentro de la organización (por ejemplo, Admin, Editor, Viewer).

El servidor web se utilizará para visualizar cada uno de los sensores y una gráfica en tiempo real de su funcionamiento, el gráfico se puede observar en la Figura 40,

Figura 40

Diagrama del diseño de la base de datos



Nota: El diagrama muestra las tablas dashboard, panel, dashboard_snapshot, dashboard_tags, user, org, y org_user junto con sus respectivos campos y relaciones entre ellas.

Gráfica sensores servidor web

La base de datos donde almacena la lectura de consumo se puede observar mediante el servidor phpmyadmin como se muestra en la figura 41.

Figura 41

Grafica base de datos

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'sensores' and a table named 'señales'. The table structure is as follows:

Opciones	Fecha	Sensor1	Sensor2	Sensor3	Sensor4
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	2019-06-02 16:33:54	0	18.85	0	0
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	2019-06-02 16:33:55	0	9.37	0	0
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	2019-06-02 16:33:56	0	8.63	0	0
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	2019-06-02 16:33:57	0	8.77	0	0
<input type="checkbox"/> Editar <input type="checkbox"/> Copiar <input type="checkbox"/> Borrar	2019-06-02 16:33:58	0	8.52	0	0

Nota. Grafica base de datos Fuente: Interfaz de administración usuario.

4.2. Integración

Una vez realizada la programación que corresponde al sistema dentro del módulo Raspberry pi3 se procede al armado del proyecto dentro de una caja que cumpla con la norma internacional CEI 50629 con IP-63.

4.2.1. Puertos de entrada y salida

La figura 42 muestra a continuación los puertos de entrada del sistema Centralización de información de maquinaria, basado en autenticación con tecnología RFID y la figura 43 muestra el puerto de salida.

Figura 42

Puertos de entrada

Nota. Puertos de entrada del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. *Fuente: El autor.*

Figura 43

Puerto de salida del Sistema

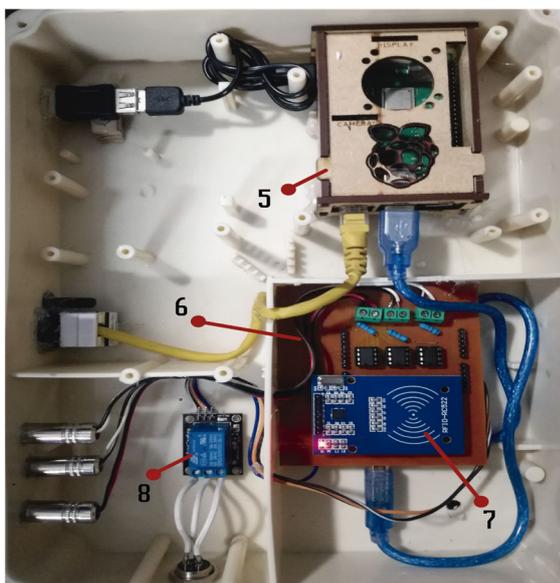
Nota. Puerto de salida del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. *Fuente: El autor.*

- 1) Puerto USB 2.0 de alimentación para el módulo Raspberry de 5V, 2A.
- 2) Puerto Ethernet RJ45 hembra, para conexión de red.
- 3) Adaptador Jack analógico 3.5mm para la conexión de los sensores de corriente.
- 4) Plug macho de tres pines correspondiente al puerto de salida para encendido de maquinaria.

4.2.2. Componentes del Sistema

En la figura 44 podemos observar instalados ordenadamente la placa junto con el lector RFID, el módulo Raspberry Pi3 el relé y el cableado del sistema.

Figura 44

Diseño y organización de los componentes del sistema

Nota. Componentes del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. *Fuente: El autor.*

- 5) Modulo Raspberry Pi3, centralizador de servicios para la recopilación de los datos generados por los sensores.
- 6) Shield de control para Arduino uno que unifica el lector RFID con los sensores de corriente.
- 7) Lector RFID, permite la autenticación del administrador y bloquea el acceso a los usuarios no autorizados.
- 8) Relé, se encarga de activar el paso de corriente para el arranque de la maquinaria, siempre y cuando el usuario sea autorizado.

4.2.3. Sensor de Corriente

En la figura 45 se muestra los sensores utilizados para la medición de potencia que permiten al sistema generar el consumo del dispositivo a escanear.

Figura 45

Sensores de corriente

Nota. Sensores de corriente conectados a los Jacks analógicos. Fuente: El autor.

4.3. Pruebas de Funcionamiento

Se elaboró un formato de pruebas que describe de manera resumida el funcionamiento del Sistema implementado en una a empresa siderúrgica y Metalúrgica.

El formato consta de una tabla con una nomenclatura, esto permite identificar cada prueba, además se establece el objetivo de la evaluación junto con una breve descripción, en el cuerpo de la tabla se realizará el desarrollo de la evaluación y, por último, se evidenciará un resultado, todo esto se observa en la tabla 15.

Tabla 15

Formato para Prueba de Funcionamiento

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.1
Objetivo de Control a Evaluar	
Descripción	
Desarrollo:	
Resultado:	

Nota. Detalle de la tabla a utilizarse para realizar las pruebas de funcionamiento

4.3.1. Ficha de pruebas de funcionamiento

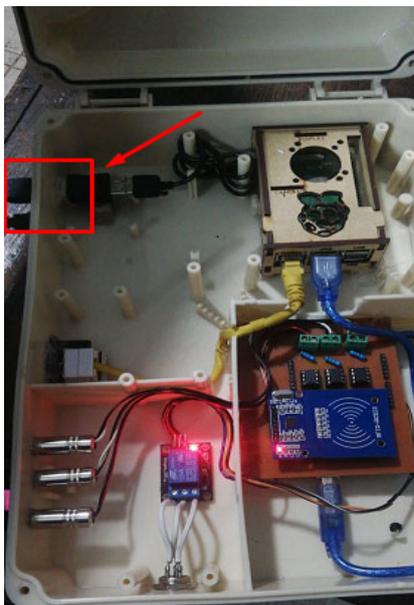
En las tablas 16 a la 28 podemos observar de forma resumida y clara las diferentes pruebas de funcionamiento realizadas al sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID.

Tabla 16

Prueba de Funcionamiento #1

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.1
Objetivo de Control a Evaluar	Encendido módulo y conexión remota por medio de VNC
Descripción	Probar el funcionamiento del módulo por medio de acceso remoto y conexión a la red local
Desarrollo:	

1. Se conecta la fuente de alimentación al módulo a un tomacorriente con 110V.



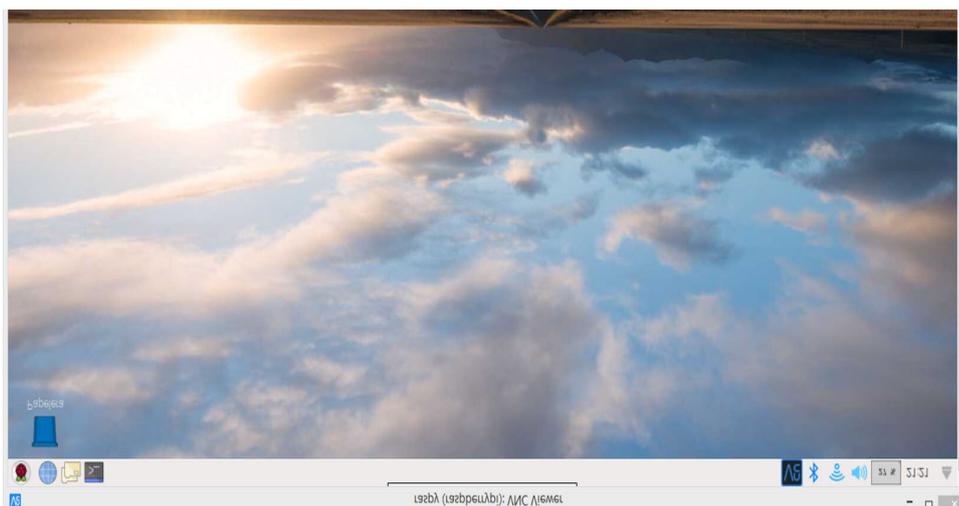
Como se observa en la figura se conectó satisfactoriamente el módulo a 110V encendiendo cada uno de los circuitos que lo integran.

2. Es necesario verificar que el equipo raspberry que actúa como servidor se encuentra en línea por lo cual por medio de la herramienta Fing se procede a escanear la red local en busca de la dirección IP, como se muestra en la figura.

	Wireless Router WR740N/...	TP-Link	IP
	192.168.2.11...	TL-WR740N/TL-WR741ND	
	PAUL	AzureWave Technology	>
	192.168.2.122	80:A5:89:C8:DF:DE	
	raspberrypi-2	Raspberry Pi	>
	192.168.2.123	B8:27:EB:51:1F:AA	

Nota. Se encuentra el equipo raspberry con la dirección ip 192.168.2.123 y dirección MAC B8:27:EB:51:1F:AA.

3. Una vez definida la ip del raspberry se procede a utilizar vnc y verificar que se tiene acceso remoto al dispositivo por medio de acceso, como se muestra en la figura.



Nota. Se observa la interfaz de escritorio del dispositivo raspberry.

Resultado: Se puede observar que el servidor está funcionando y se puede acceder de forma remota por medio de VNC y la red local de la empresa.

Nota. Ficha de prueba N° 1 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

Tabla 17

Prueba de Funcionamiento #2

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.2
Objetivo de Control a Evaluar	Verificación de funcionamiento servidor html
Descripción	Probar el funcionamiento del servidor html por medio de consola y accediendo por medio de un navegador.

Desarrollo:

1. Se accede al terminal por medio de vnc utilizando el panel de inicio de raspberry como se muestra en la figura:

Nota. Se resalta los comandos utilizados y el detalle del servicio en ejecución (active).

- Una vez realizado se procede a ingresar en un navegador web e introducir la dirección ip que por medio del programa Fing pertenecía al servidor raspberry:

<http://192.168.2.123/grafica.php>



Nota. Se ingresa la dirección en la barra de navegación.

Resultado: El servidor web está funcionando correctamente y permite el acceso de forma local.

Nota. Ficha de prueba N° 2 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

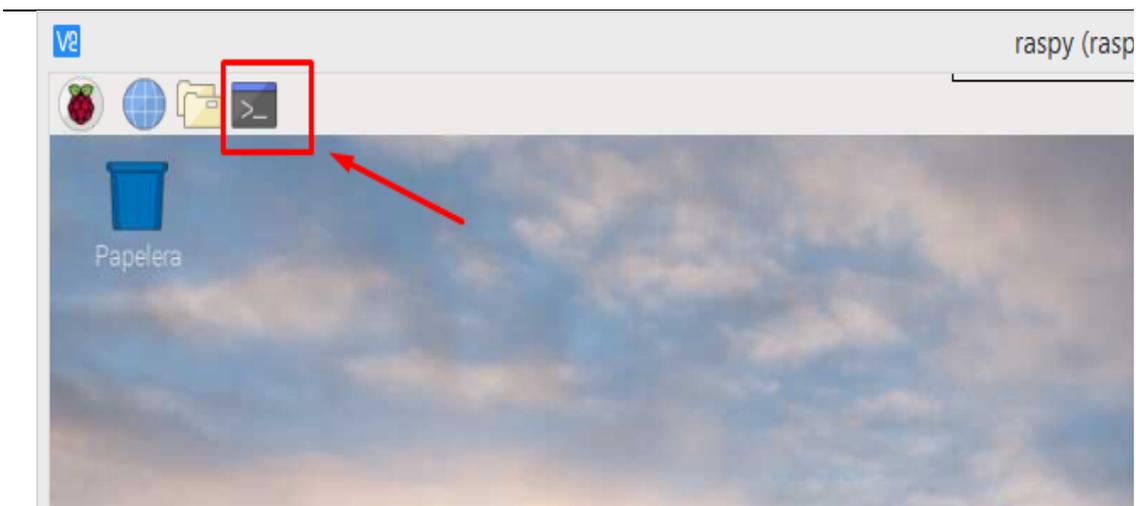
Tabla 18

Prueba de Funcionamiento #3

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.3
Objetivo de Control a Evaluar	Verificación de funcionamiento servidor php
Descripción	Probar el funcionamiento del servidor php por medio de consola y accediendo por medio de un navegador.

Desarrollo:

- Se accede al terminal por medio de vnc utilizando el panel de inicio de raspberry como se muestra en la figura:



Nota. Se observa en la interfaz de escritorio del dispositivo raspberry, el icono de acceso a la consola “terminal” de ejecución de comandos.

2. Una vez realizado se procede a ingresar en un navegador web e introducir la dirección ip que por medio del programa Fing localizo al servidor raspberry:

<http://192.168.2.123/phpmyadmin>



Nota. Acceso al administrador de la base de datos.

Resultado: El servidor php está funcionando correctamente y permite el acceso de forma local.

Nota. Ficha de prueba N° 3 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

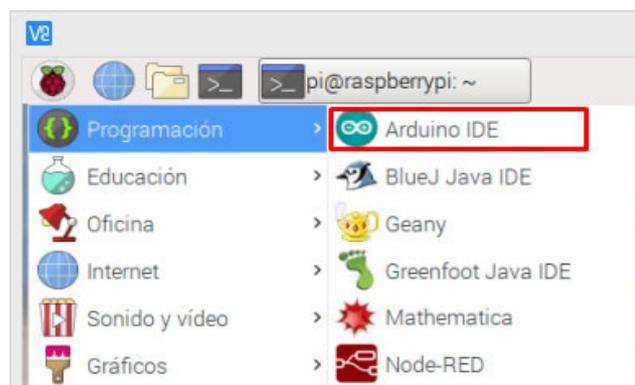
Tabla 19

Prueba de Funcionamiento #4

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.4
Objetivo de Control a Evaluar	Comunicación Raspberry con Arduino uno
Descripción	Por medio de la herramienta arduino idle se procede a verificar que existe una comunicación desde raspberry al arduino uno.

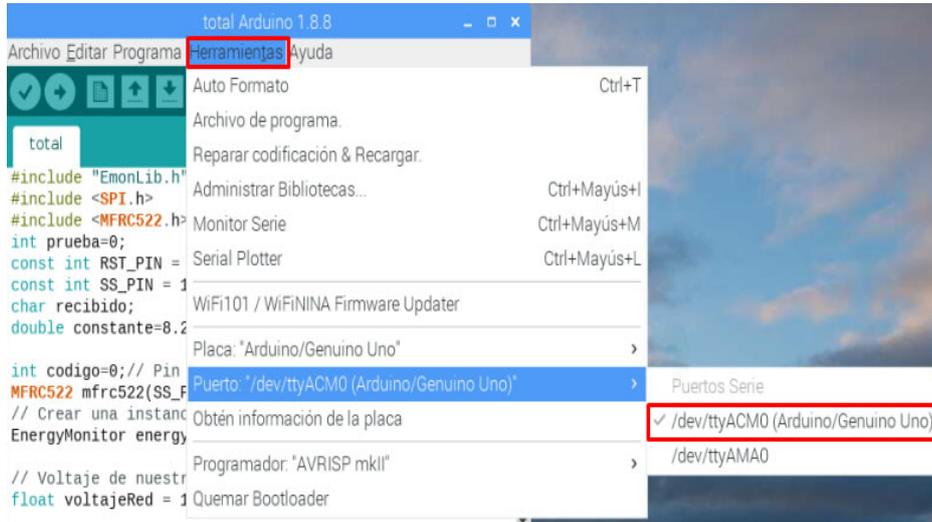
Desarrollo:

1. Se procede a acceder al arduino idle por medio del panel de inicio de raspberry por medio vnc como se observa en la figura:



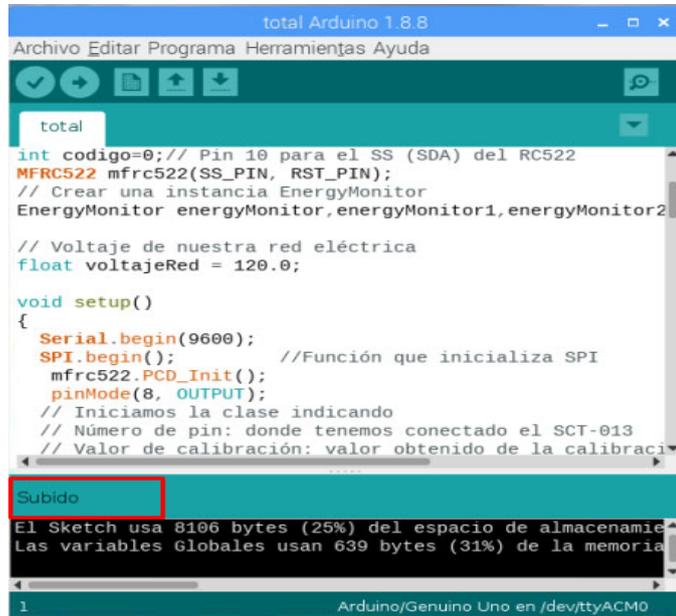
Nota. Icono de acceso a Arduino IDE.

2. Una vez dentro se procede a seleccionar el puerto de comunicación donde se encuentra arduino como se muestra en la figura:



Nota. Ventana herramientas, puerto de comunicación Arduino uno

3. Para comprobar que existe una comunicación se envía un programa y debe salir en el interfaz el mensaje de subido, como podemos observar en la figura:



Nota. Comprobación de carga del código en Arduino uno.

Resultado: Como se puede observar en el desarrollo la comunicación con arduino uno se realiza por el puerto del raspberry y es exitosa.

Nota. Ficha de prueba N° 4 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

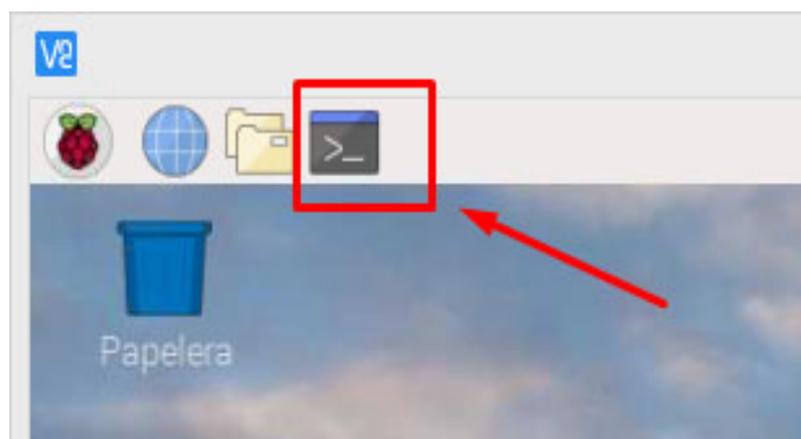
Tabla 20

Prueba de Funcionamiento #5

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.5
Objetivo de Control a Evaluar	Inicio de programa modulo en Python
Descripción	Se procede a iniciar el programa que se encarga de unificar la comunicación de arduino raspberry y la base de datos.

Desarrollo:

1. Se accede al terminal por medio de vnc utilizando el panel de inicio de raspberry como se muestra en la figura:



Nota. Icono de acceso a Terminal desde escritorio.

2. Una vez abierto el terminal se procede a ingresar como super usuario con el comando `sudo su`, luego se escribe `cd` y enter para entrar al directorio raíz del servidor, una vez en el directorio raíz se ejecuta el comando `python carga1.py`, como se observa en la imagen

```

pi@raspberrypi:~ $ sudo su
root@raspberrypi:/home/pi# cd
root@raspberrypi:~# python carga1.py

```

Nota. Ejecución de comandos en Terminal.

Con esto se da inicio al programa que se encarga de recolectar los datos.

Resultado: Se puede observar que el programa no genera ningún error y tiene un correcto funcionamiento.

Nota. Ficha de prueba N° 5 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

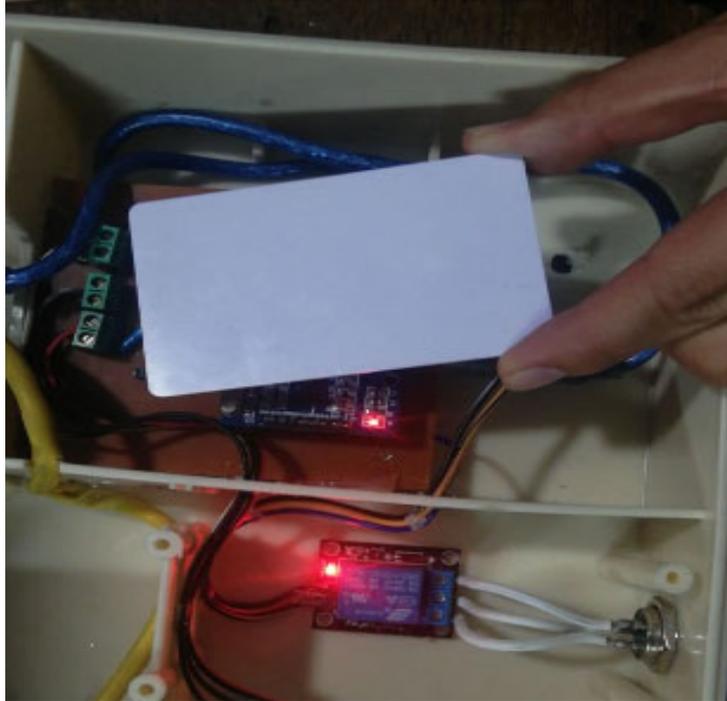
Tabla 21

Prueba de Funcionamiento #6

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.6
Objetivo de Control a Evaluar	Encendido por medio de RFID del módulo.
Descripción	Por medio del lector RFID se procede a activar el sistema

Desarrollo:

1. Como se observó en la prueba de funcionamiento 5 el programa quedó activo por lo cual es necesario acercar la tarjeta de administración al lector RFID como se observa en la imagen:



Nota. Presentación de tarjeta al lector RFID.

Como se observa en la Figura el Relé se encendió el led de funcionamiento indicando que el circuito de arranque de la maquinaria está activo.

2. Para completar la verificación del funcionamiento en el programa se observará que empieza a funcionar la recolección de datos por medio de los sensores lo cual se puede visualizar en la Figura:

```

pi@raspberrypi:~ $ sudo su
root@raspberrypi:/home/pi# cd
root@raspberrypi:~# python carga1.py
['Card UID: F6 ED C5 00', '/24.35/0.00/0.00/0.00', '\r\n']
24.35
0.00
0.00
0.00
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
['', '/24.86/0.00/0.00/0.00', '\r\n']
24.86
0.00
0.00
0.00
Record inserted successfully into python_users table

```

Nota. Lectura de datos.

Resultado:

Por medio de la tarjeta de administración RFID se tiene el arranque del sistema y la recolección de datos.

Nota. Ficha de prueba N° 6 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

Tabla 22

Prueba de Funcionamiento #7

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.7
Objetivo de Control a Evaluar	Funcionamiento Sensores
Descripción	Se comprueba el correcto funcionamiento de los sensores

Desarrollo:

1. Conexión de sensor N° 1 a un dispositivo eléctrico con un valor entre 10-20 W de potencia.



Nota. Ubicación de la pinza amperimétrica en puerto de sensor 1 en la fase del equipo a medir.

```

pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
[24.44, 0.00, 0.00, 0.00]
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
[24.34, 0.00, 0.00, 0.00]
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
[23.90, 0.00, 0.00, 0.00]
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed

```

Nota. Datos obtenidos.

2. Conexión de sensor N° 2 a un dispositivo eléctrico con un valor entre 10-20 W de potencia



Nota. Ubicación de la pinza amperimétrica en puerto de sensor 2 en la fase del equipo a medir.

```

pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
['', '/0.00/17.88/0.00/0.00', '\r\n']
0.00
17.88
0.00
0.00
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
['', '/0.00/17.34/0.00/0.00', '\r\n']
0.00
17.34
0.00
0.00
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
['', '/0.00/17.82/2.26/0.00', '\r\n']
0.00
17.82
2.26
0.00
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed

```

Nota. Datos obtenidos.

3. Conexión de sensor N° 3 a un dispositivo eléctrico con un valor entre 10-20 W de potencia



Nota. Ubicación de la pinza amperimétrica en puerto de sensor 3 en la fase del equipo a medir.

```

pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
['', '/0.00/0.00/16.08/0.00', '\r\n']
0.00
0.00
16.08
0.00
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
['', '/0.00/0.00/15.55/0.00', '\r\n']
0.00
0.00
15.55
0.00
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed
['', '/3.40/0.00/15.82/0.00', '\r\n']
3.40
0.00
15.82
0.00
Record inserted successfully into python_users table
MySQL connection is closed

```

Nota. Datos obtenidos.

Resultado:

Mediante la interfaz gráfica en el terminal
 procedemos a comprobar que cada sensor actúa
 correctamente y cumple a cabalidad su función

Nota. Ficha de prueba N° 7 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

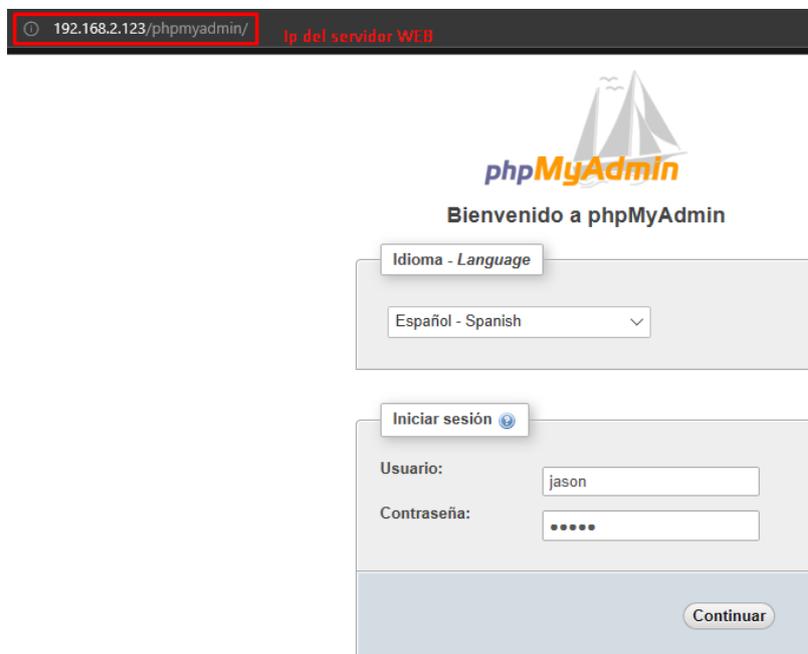
Tabla 23

Prueba de Funcionamiento #8

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.8
Objetivo de Control a Evaluar	Almacenamiento en la Base de Datos
Descripción	Verificar el almacenamiento en tiempo real de la base de datos, en base a la lectura de los sensores

Desarrollo:

1. Ingreso a la interfaz de administrador en la dirección 192.168.2.123/phpmyadmin/ digitando las credenciales de administrador.



192.168.2.123/phpmyadmin/ Ip del servidor WEB

phpMyAdmin

Bienvenido a phpMyAdmin

Idioma - *Language*

Español - Spanish

Iniciar sesión

Usuario: jason

Contraseña:

Continuar

Nota. Interfaz de administrador

2. Dentro del interfaz nos dirigimos a la opción sensores, dentro de ella elegimos la opción señales, enseguida se despliega en la parte derecha de la pantalla el registro de los sensores donde se hace énfasis en la fecha y los datos recopilados en los 3 sensores.

The screenshot shows the phpMyAdmin interface. On the left, the database structure is visible, with 'señales' selected under the 'sensores' database. On the right, the 'señales' table is displayed with the following data:

	Fecha	Sensor1	Sensor2	Sensor3
<input type="checkbox"/>	2019-07-29 22:51:24	4.89	3.17	2.8
<input type="checkbox"/>	2019-07-29 22:51:25	0	0	
<input type="checkbox"/>	2019-07-29 22:51:26	27.16	0	
<input type="checkbox"/>	2019-07-29 22:51:27	24.84	0	
<input type="checkbox"/>	2019-07-29 22:51:28	24.39	0	
<input type="checkbox"/>	2019-07-29 22:51:29	24.46	0	
<input type="checkbox"/>	2019-07-29 22:51:30	24.62	0	
<input type="checkbox"/>	2019-07-29 22:51:31	24.55	0	

Nota. Datos registrados en base de datos.

Resultado:

Se evidencia claramente el correcto almacenamiento de los datos generados por cada uno de los sensores en tiempo real.

Nota. Ficha de prueba N° 8 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

Tabla 24

Prueba de Funcionamiento #9

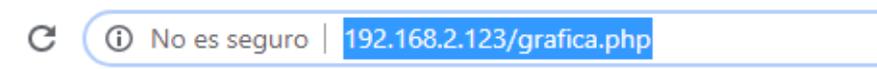
Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.9
Objetivo de Control a Evaluar	Gráfico del valor de sensores recolectado

Descripción Por medio del interfaz web se verifica que cada sensor visualice los valores censados.

Desarrollo:

1. Para acceder a la visualización de los sensores se ingresa a cualquier navegador y se procede a utilizar la dirección ip del servidor de la siguiente forma:

<http://192.168.2.123/grafica.php>



Nota. Dirección de acceso al servidor

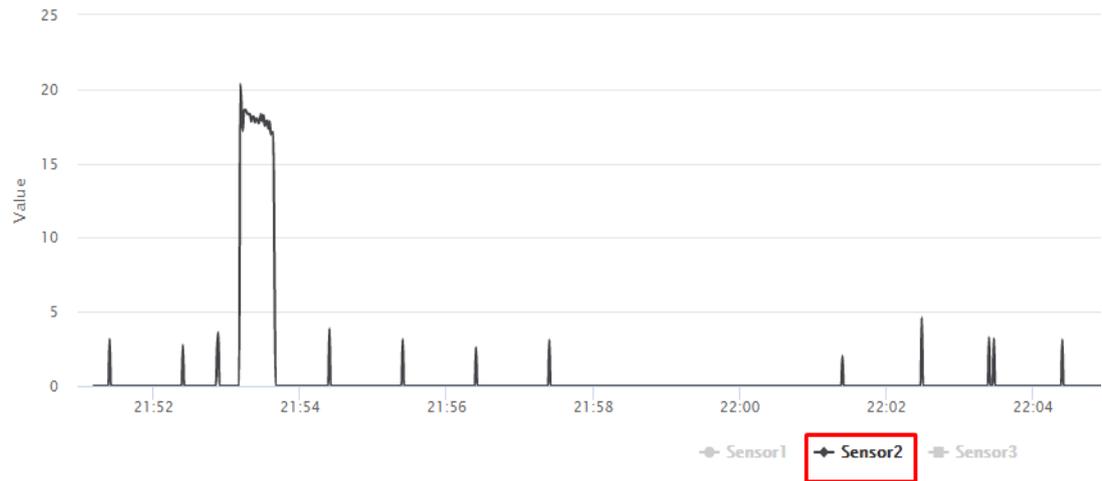
2. Para visualizar cada sensor por separado se selecciona en la parte inferior cada uno de ellos como se observa a continuación:

Sensor 1:



Nota. Gráfico de obtención de datos del sensor 1.

Sensor 2:



Nota. Gráfico de obtención de datos del sensor 2.

Sensor 3:



Nota. Gráfico de obtención de datos del sensor 3.

Resultado: Se puede observar que cada uno de los sensores se graficó correctamente con sus respectivos valores de censado.

Nota. Ficha de prueba N° 9 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

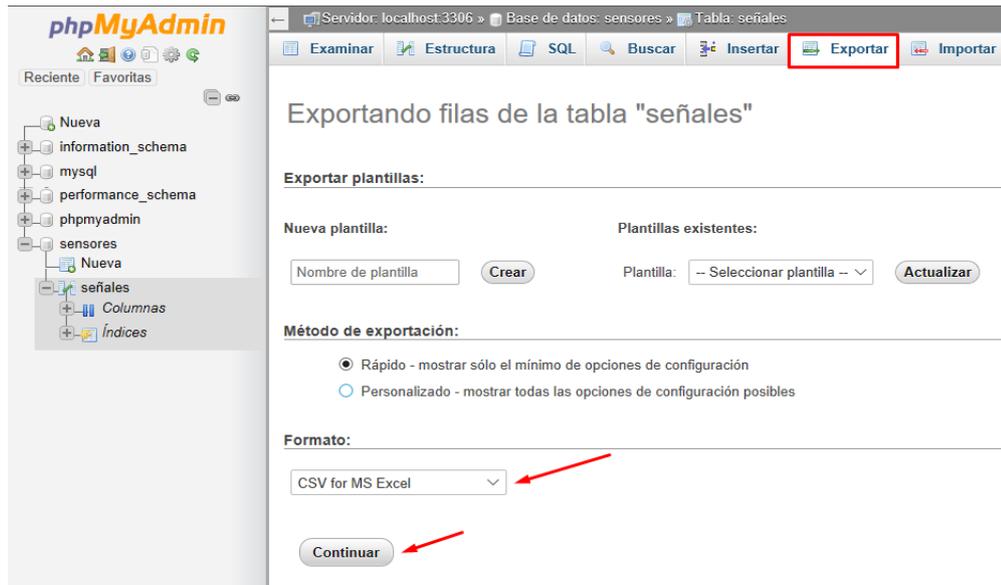
Tabla 25

Prueba de Funcionamiento #10

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.10
Objetivo de Control a Evaluar	Exportar reporte
Descripción	Demostrar que el interfaz de administrador permite la exportación de los datos.

Desarrollo:

1. Dentro de la Opción señales tenemos la pestaña Exportar enmarcada en rojo, dentro de ella elegimos el formato CVS for MS Excel y presionamos en continuar.



Nota. Herramienta exportar para entregar reporte en formato CSV.

2. Para los fines de la presente prueba seleccionamos la opción abrir para visualizar el documento, para otros casos seleccionaremos la opción guardar para almacenar el reporte.



Nota. Ventana para guardar el reporte.

3. Como podemos observar el reporte se abre en una hoja de Excel.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D
1		Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
2	2019-07-2	24.35	0	0
3	2019-07-2	24.86	0	0
4	2019-07-2	24.6	0	0
5	2019-07-2	24.81	0	0
6	2019-07-2	24.75	0	0
7	2019-07-2	24.85	0	0
8	2019-07-2	24.55	0	0
9	2019-07-2	24.57	0	0
10	2019-07-2	24.64	0	0
11	2019-07-2	24.39	0	0
12	2019-07-2	24.06	0	0
13	2019-07-2	21.48	0	0
14	2019-07-2	10.35	0	0
15	2019-07-2	4.89	3.17	2.84

Nota. Reporte en formato CSV visualizado en programa Excel.

Resultado: Demostramos que dentro del interfaz de administración podemos generar un reporte descargable para llevar un historial documentado de los valores censados

Nota. Ficha de prueba N° 10 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

Tabla 26

Prueba de Funcionamiento #11

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.11
Objetivo de Control a Evaluar	Funcionamiento Sensores en campo
Descripción	Se comprueba el correcto funcionamiento de los sensores conectados en una Fresadora CESEPEL con motores trifásicos.

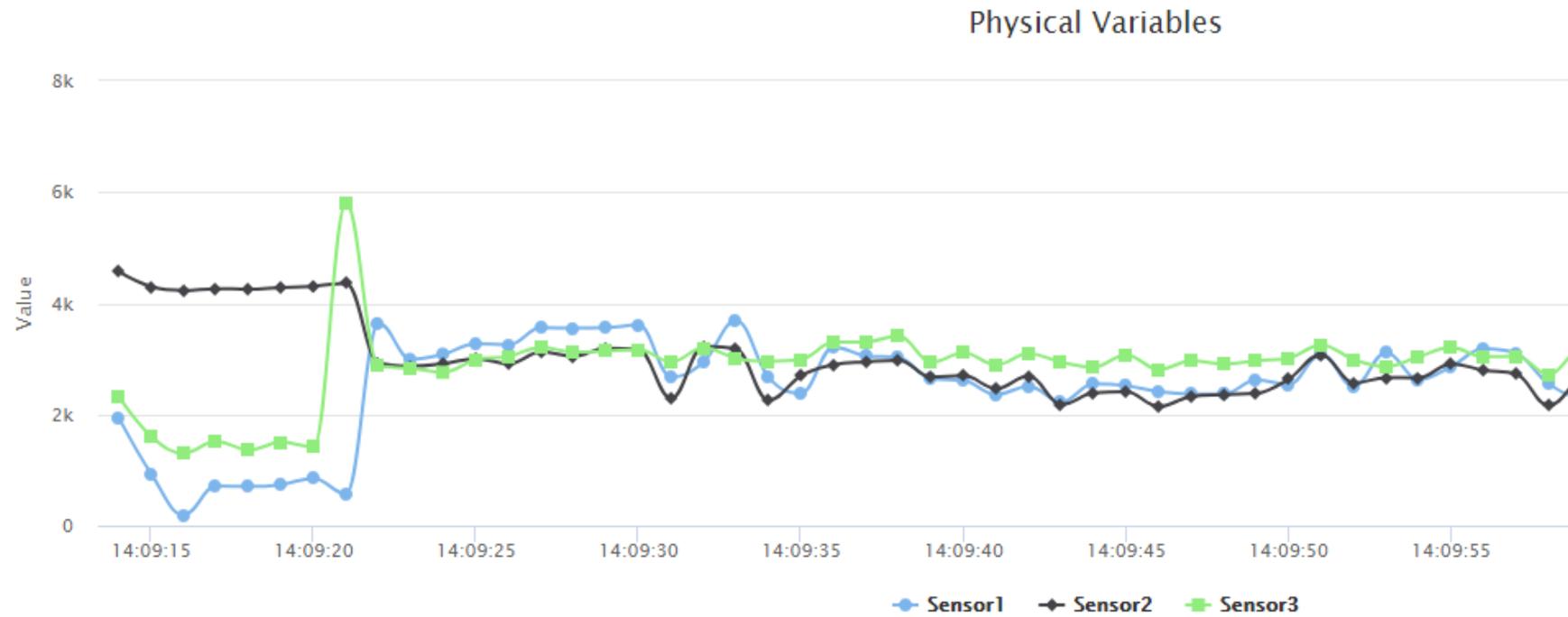
Desarrollo:

1. Conexión de sensores a Fresadora CESEPEL.



Nota. Integración del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID en maquinaria industrial.

2. Grafica de potencia de las fases con la fresadora encendida.



Nota. Grafico de potencias obtenidas de los sensores en maquina trifásica.

Resultado: Mediante la gráfica podemos interpretar que las tres fases de la máquina trabajan de manera estable mientras esta encendida

Nota. Ficha de prueba N° 11 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

Tabla 27

Prueba de Funcionamiento #12

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.12
Objetivo de Control a Evaluar	Funcionamiento Sensores en campo
Descripción	Se comprueba el correcto funcionamiento de los sensores conectados en un Torno 4 metros x 2000mm de volteo

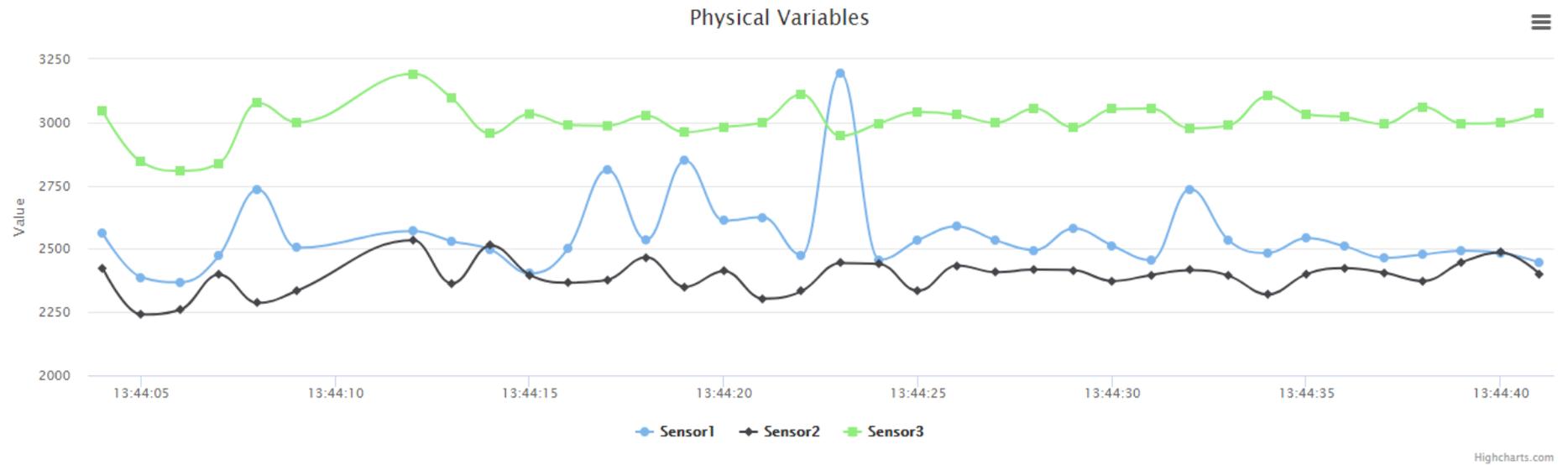
Desarrollo:

1. Conexión de sensores en Torno.



Nota. Integración del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID en maquinaria industrial.

2. Grafica de potencia de las fases con el Torno 4m x 2000mm de volteo.



Nota. Gráfico de potencias obtenidas de los sensores en maquina trifásica.

Resultado: Mediante la interfaz gráfica en el terminal procedemos a comprobar que cada sensor actúa correctamente y cumple a cabalidad su función

Nota. Ficha de prueba N° 12 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

Tabla 28

Prueba de Funcionamiento #13

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.13
Objetivo de Control a Evaluar	Funcionamiento Sensores en campo
Descripción	Se comprueba el correcto funcionamiento de los sensores conectados en un Torno 3 metros x 500mm de volteo

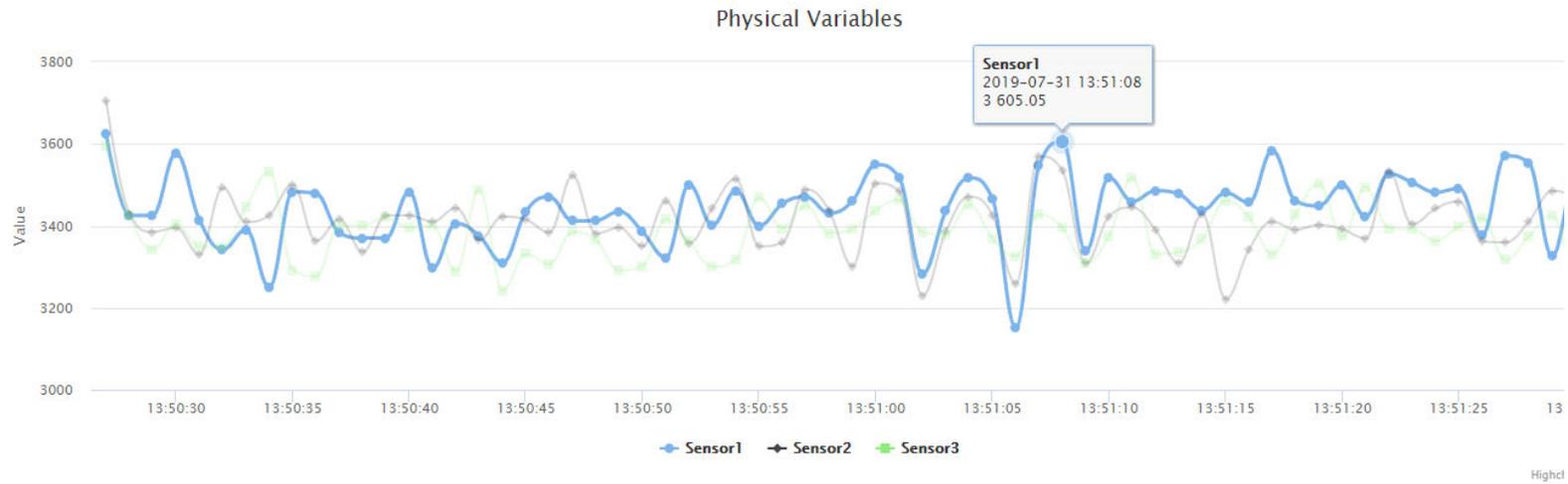
Desarrollo:

1. Conexión de sensores en Torno.



Nota. Integración del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID en maquinaria industrial.

2. Grafica de potencia de las fases con el Torno 3m x 500mm de volteo.



Nota. Gráfico de potencias obtenidas de los sensores en maquina trifásica.

Resultado: La grafica nos muestra la variación de potencia mientras el torno está en funcionamiento.

Nota. Ficha de prueba N° 13 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

Tabla 29

Prueba de Funcionamiento #14

Prueba de Funcionamiento	
Código	PRF.14
Objetivo de Control a Evaluar	Funcionamiento Sensores en campo
Descripción	Se comprueba el correcto funcionamiento de los sensores conectados en un Taladro mecánico pequeño

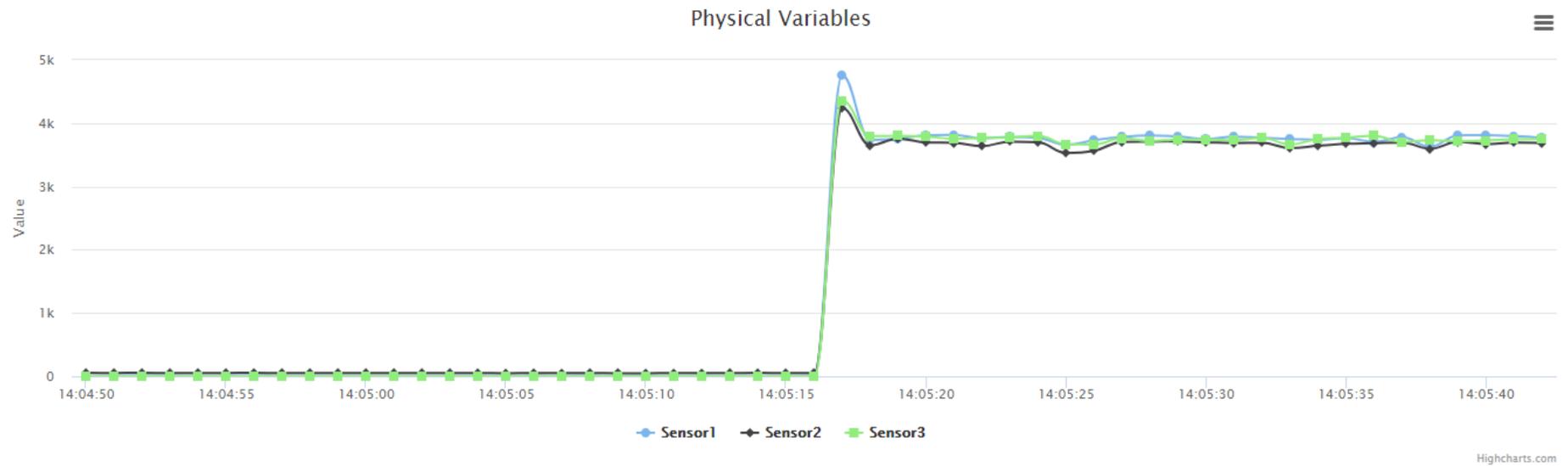
Desarrollo:

1. Conexión de sensores en Taladro.



Nota. Integración del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID en maquinaria industrial.

2. Grafica de potencia de las fases con el Taladro.



Nota. Gráfico de potencias obtenidas de los sensores en maquina trifásica.

Resultado: Mediante la interfaz del terminal podemos observar claramente el pico de medición el cual representa el momento exacto en el que la maquina se enciende.

Nota. Ficha de prueba N° 14 del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID. Fuente: El autor.

En las pruebas de funcionamiento se comprueba la integración de los componentes del sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID en maquinaria industrial.

se realiza reportes de la base de datos en formato CSV que se puede visualizar por medio del programa Microsoft Excel como una tabla.

Se ha podido evidenciar que el sistema para la supervisión de la operación de maquinaria industrial mediante la autenticación con tecnología RFID es adaptable a todo tipo de maquinaria industrial tanto trifásica como bifásica o monofásica.

CONCLUSIONES

El sistema implementado en el presente proyecto permite realizar la medición en tiempo real de la potencia consumida por maquinaria cuyo funcionamiento se basa en energía eléctrica, además permite asignar los permisos e identificación para el usuario administrador.

La medición del consumo en vatios proporciona una visión clara del uso de energía de cada máquina, permitiendo identificar posibles áreas de mejora en términos de eficiencia energética. El tiempo de operación, por su parte, ayuda a contextualizar el consumo, permitiendo calcular el consumo total en función del tiempo de uso y evaluar el impacto energético de cada máquina en el proceso industrial.

El uso de identificadores RFID asegura que solo el personal autorizado pueda operar la maquinaria, lo que aumenta significativamente la seguridad y reduce el riesgo de accidentes y uso no autorizado.

La capacidad del sistema para adaptarse a todas las máquinas es crucial para la eficiencia y la efectividad de los procesos de producción. Permite una supervisión constante y precisa, lo que es esencial para mantener la calidad y la seguridad en los procesos siderúrgicos y metalúrgicos. Además, su flexibilidad y adaptabilidad reducen el tiempo y los costos asociados con la integración de nuevos sistemas en entornos industriales ya existentes.

El formato CSV es especialmente relevante debido a su facilidad de uso y compatibilidad. Puede ser fácilmente manejado y entendido por la mayoría de los programas de hojas de cálculo y software de análisis de datos. Además, su estructura simple permite una rápida visualización y manipulación de los datos, lo cual es crucial para la toma de decisiones informadas en tiempo real.

RECOMENDACIONES

Para la utilización del minicomputador raspberry como servidor dedicado es necesario instalar todas las dependencias, tanto para html, php y mysql. Esto siempre tomando en consideración que los repositorios se encuentren activos y actualizados a su versión más reciente.

Es recomendable utilizar un amplificador operacional para los sensores SCT-003 ya que los valores de amperaje varían en cantidades de los microvoltios por lo cual, si se envía esta señal directo al conversor análogo digital del microcontrolador Arduino Uno, se generaría errores de lectura de hasta un 50%.

Para el envío de los valores hacia la base de datos es recomendable transmitir desde el microcontrolador Arduino uno por el puerto serial hacia el raspberry pi, los datos juntos en una misma trama utilizando separadores, los que se utilizaran para que el servidor raspberry identifique cada dato proporcionado por los sensores los organice e ingrese en la tabla generada para su almacenamiento en mysql.

Antes de iniciar el consumo es necesario determinar el valor de la tensión nominal de las máquinas que se utilizara en la fábrica, para cambiar la variable de cálculo en el microcontrolador.

BIBLIOGRAFÍA

- Arca, A. (2006). *EDISON, Thomas A. (1847-1931)*. Obtenido de https://www.histel.com/z_histel/biografias.php?id_nombre=44#:~:text=La%20comunicaci%C3%B3n%20se%20efectuaba%20mediante,a%20las%20v%C3%ADas%20del%20ferrocarril.
- ARCOTEL. (2021). *Plan Estratégico Institucional ARCOTEL 2021 – 2025*.
- Arduino. (14 de Septiembre de 2022). *Arduino*. Obtenido de https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3?_gl=1*1nonwbf*_ga*OTMwNTE5NTE4LjE2OTQwNTg1MzU.*_ga_NEXN8H46L5*MTY5NjQ4Mjg0Ny41LjEuMTY5NjQ4Mjg2NS4wLjAuMA..
- Asamblea. (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*.
- Balboa, M. (abril de 2018). *github*. Obtenido de <https://github.com/miguelbalboa/rfid/issues/371>
- Corona, L., Abarca, G., & Carreño, J. (2020). *Sensores y actuadores*. México: Grupo Editorial Patria.
- ecuador, R. o. (s.f.). 04-03-ARCOTEL-2023. En ARCOTEL.
- Foundation, W. H. (2009-2024). *The World History Encyclopedia*. Obtenido de [https://www.worldhistory.org/trans/es/1-21714/telegrafo-electrico/.](https://www.worldhistory.org/trans/es/1-21714/telegrafo-electrico/)
- Gonzales de la Rosa, J. J. (6 de Febrero de 2022). *Universidad de Cadiz*. Obtenido de http://www2.uca.es/grupos/invest/instrument_electro/ppjjgdr/Electronics_Instrum/Electronics_Instrum_Files/temas/T11_CAD.pdf

Haro Flores, E. G. (2017). *Sistema de control de acceso y monitoreo de estudiantes con el uso de tecnología inalámbrica de identificación automática (RFID) en la Universidad Técnica del Norte.*

<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5993>.

Inuca Morales, M. G. (2017). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte.*

Obtenido de Estudio de nuevas tecnologías de gestión de bases de datos NOSQL para el desarrollo de aplicaciones web 2.0:

<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7713>

Joskowicz, D. I. (2013). *Instituto de Ingeniería Eléctrica, .* Obtenido de

https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/67081/mod_resource/content/1/Historia_de_las_Telecom .

Leon, W. (2109). *Sistemas de comunicación digitales y analógicos 7ED.* Mexico: Pearson.

LinkSprite. (11 de Febrero de 2022). *LinkSprite.* Obtenido de

<https://www.linksprite.com/linksprite-pcduino2/>

Lteif, G. (22 de abril de 2024). *SoftwareDominos.* Obtenido de Waterfall Project

Management: 13 Comprehensive Thoughts on Winston Royce's Software

Development Methodology: [https://softwaredominos.com/home/software-](https://softwaredominos.com/home/software-design-development-articles/waterfall-project-management-13-comprehensive-thoughts-on-winston-royces-software-development-methodology/)

[design-development-articles/waterfall-project-management-13-comprehensive-](https://softwaredominos.com/home/software-design-development-articles/waterfall-project-management-13-comprehensive-thoughts-on-winston-royces-software-development-methodology/)

[thoughts-on-winston-royces-software-development-methodology/](https://softwaredominos.com/home/software-design-development-articles/waterfall-project-management-13-comprehensive-thoughts-on-winston-royces-software-development-methodology/)

Morán Figueroa, E. F. (2016). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte .*

Obtenido de Máquina dosificadora de leche para la alimentación de terneras en

la provincia del Carchi.: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4612>

- Naylamp Mechatronics. (5 de Enero de 2021). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-esp32-wifi.html>
- ONU, O. d. (2024). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- Peña, M. (23 de Marzo de 2022). *INTECO*. Obtenido de <http://cef-ugr.org/wp-content/uploads/2017/03/25-Manuel-Pe%C3%B1a-Zafra-guia-seguridad-y-privacidad-de-la-tecnologia.pdf>
- Pillo Guanoluisa, D. M. (2013). *Control de personal para Colegio UTN, mediante la utilización de un controlador Ethernet y la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID)*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/999>.
- Sainz, J. (3 de Junio de 2020). *slideshare*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/wilincar/introduccion-a-los-microprocesadores-j-sainz>
- Stallings, W. (2017). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. Madrid: Pearson Education.
- Tanenbaum, A., & Wetherall, D. (2018). *Redes de Computadoras*. Mexico: Pearson.
- TecnoBasket. (2024). *EL ORIGEN DE LA COMUNICACIÓN*. Obtenido de <https://grupo821cyb.blogspot.com/p/comunicaciones.html>.
- V, P. (s.f.). <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/concurso-frecuencias-lo-que-no-se-dice>.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AllWinner. Es una compañía china de tecnología de semiconductores que diseña de señal mixta sistemas en un chip (SoC).

Android ICS (Ice Cream Sandwich). Es la novena versión del sistema operativo para smartphones Android desarrollado por Google.

Apache. El Proyecto Apache HTTP Server es un esfuerzo por desarrollar y mantener un servidor HTTP de código abierto para sistemas operativos modernos, incluyendo UNIX y Windows.

API. Interfaz de programación de aplicaciones.

ARM GNU/Linux. Es un puerto de la exitosa Kernel Linux para ARM máquinas basadas en el procesador, el plomo principalmente por Russell Rey, con contribuciones de muchos otros.

ATmega328P. Es un chip microcontrolador por ATMEL de 8 bits.

ATmega32u4. Es un chip microcontrolador por ATMEL

ATMEL. Es un fabricante líder de microcontroladores y semiconductores de tecnología táctil para móviles, la energía de la automoción industrial, inteligente, iluminación, del consumidor.

Bluetooth. Es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos.

Collision Avoidance. Es el mantenimiento de los sistemas y prácticas diseñadas para evitar que los vehículos, tales como automóviles, trenes, barcos y aviones de chocar con otra.

Cristal de cuarzo. Es un oscilador que cumple la función de reloj.

CRT. Es una tecnología que permite visualizar imágenes mediante un haz de rayos catódicos constante dirigido contra una pantalla de vidrio recubierta de fósforo y plomo.

Diafonía. Es un tipo de interferencia (crosstalk) -acoplamiento electromagnético- entre pares de un mismo cable.

DSSS. Espectro ensanchado por secuencia directa.

Efecto Hall. Se conoce como efecto Hall a la aparición de un campo eléctrico por separación de cargas, en el interior de un conductor por el que circula una corriente en presencia de un campo magnético con componente perpendicular al movimiento de las cargas.

HDMI. Es una norma de audio y vídeo digital cifrado sin compresión apoyada por la industria para que sea el sustituto del euro conector.

LAMP. Sus siglas significan Linux, Apache, MySQL, PHP

MAMP. Se refiere al conjunto de programas software comúnmente usados para desarrollar sitios web dinámicos sobre sistemas operativos Apple.

Middleware. Intercambio de información entre aplicaciones ("interlogical") es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, o paquetes de programas, redes, hardware y/o sistemas operativos.

Modem. Es un dispositivo que convierte las señales digitales en analógicas.

MPEG4. Es un método para la compresión digital de audio y vídeo.

OFDM. Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

Piezoeléctricos. Aquellos que basan su funcionamiento en el fenómeno de la piezoelectricidad. Para su fabricación se utilizan materiales cerámicos como el Titano de Bario

Piezo resistivos. Es la propiedad de algunos materiales conductores y semiconductores, cuya resistencia eléctrica cambia cuando se los somete a un esfuerzo o estrés mecánico (tracción o compresión) que los deforma.

PWM. Modulación por ancho de pulsos.

Python. Es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible.

Relés. Es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico

SATA. Es una interfaz de transferencia de datos entre la placa base y algunos dispositivos de almacenamiento, como la unidad de disco duro, lectora y grabadora de discos ópticos.

Snappy Ubuntu Core. Es el sistema perfecto para implementaciones de contenedor de nubes a gran escala, con lo que las actualizaciones transaccionales a la plataforma de contenedores más popular del mundo.

SRAM. Memoria estática de acceso aleatorio.

UART. Es un circuito integrado diseñado para implementar la interfaz de las comunicaciones seriales.

WAMP. Es el acrónimo usado para describir un sistema de infraestructura de internet que usa las siguientes herramientas: Windows, como sistema operativo.

ANEXOS

ANEXO A: Código arduino lectura RFID

```

#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#define RST_PIN 9 //Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 10 //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RC522
void setup() {
  Serial.begin(9600); //Iniciamos la comunicación serial
  SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
  mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522
  Serial.println("Lectura del UID");
}
void loop() {
  // Revisamos si hay nuevas tarjetas presentes
  if ( mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
  {
    //Seleccionamos una tarjeta
    if ( mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
    {
      // Enviamos serialemente su UID
      Serial.print("Card UID:");
      for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
      }
      Serial.println();
      // Terminamos la lectura de la tarjeta actual
      mfrc522.PICC_HaltA();
    }
  }
}
}

```

ANEXO B: Código autenticación arduino lectura RFID

```

#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#define RST_PIN 9 //Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 10 //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); ///Creamos el objeto para el RC522
void setup() {
    Serial.begin(9600); //Iniciamos La comunicacion serial
    SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
    mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522
    Serial.println("Control de acceso:");
}
byte ActualUID[4]; //almacenará el código del Tag leído
byte Usuario1[4]= {0x4D, 0x5C, 0x6A, 0x45} ; //código del usuario 1
byte Usuario2[4]= {0xC1, 0x2F, 0xD6, 0x0E} ; //código del usuario 2
void loop() {
    // Revisamos si hay nuevas tarjetas presentes
    if ( mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
    {
        //Seleccionamos una tarjeta
        if ( mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
        {
            // Enviamos serialamente su UID
            Serial.print(F("Card UID:"));
            for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
                Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
                Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
                ActualUID[i]=mfrc522.uid.uidByte[i];
            }
            Serial.print(" ");
            //comparamos los UID para determinar si es uno de nuestros usuarios
            if(compareArray(ActualUID,Usuario1))
                Serial.println("Acceso concedido...");
        }
    }
}

```

```
else if(compareArray(ActualUID,Usuario2))
    Serial.println("Acceso concedido...");
else
    Serial.println("Acceso denegado...");
// Terminamos la lectura de la tarjeta actual
mfrc522.PICC_HaltA();
    }
}
}
```

//Función para comparar dos vectores

```
boolean compareArray(byte array1[],byte array2[])
{
    if(array1[0] != array2[0])return(false);
    if(array1[1] != array2[1])return(false);
    if(array1[2] != array2[2])return(false);
    if(array1[3] != array2[3])return(false);
    return(true);
}
```

ANEXO C: Código autenticación arduino RFID encendido maquinaria

```

#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

#define RST_PIN 9 //Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 10 //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); ///Creamos el objeto para el RC522

int i=0;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Iniciamos La comunicacion serial
  SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
  mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522
  Serial.println("Control de acceso:");
  pinMode(8, OUTPUT);
}

byte ActualUID[4]; //almacenará el código del Tag leído
byte Usuario1[4]= {0xDC, 0x41, 0x7C, 0x07} ; //código del usuario 1
byte Usuario2[4]= {0xC1, 0x2F, 0xD6, 0x0E} ; //código del usuario 2

void loop() {
  if(i==2){
    i=0;
  }
  // Revisamos si hay nuevas tarjetas presentes
  if ( mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
  {
    //Seleccionamos una tarjeta
    if ( mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
    {
      // Enviamos serialmente su UID
      Serial.print(F("Card UID:"));
      for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
      }
    }
  }
}

```

```

        ActualUID[i]=mfrc522.uid.uidByte[i];
    }
    Serial.print("  ");
    //comparamos los UID para determinar si es uno de nuestros usuarios
    if(compareArray(ActualUID,Usuario1)){
        Serial.println("Acceso concedido...");
        if(i==0){
            digitalWrite(8, HIGH);
        }
        if(i!=0){
            digitalWrite(8, LOW);
            //i=0;
        }
        i++;
    }
    else if(compareArray(ActualUID,Usuario2))
        Serial.println("Acceso concedido...");
    else
        Serial.println("Acceso denegado...");
    // Terminamos la lectura de la tarjeta actual
    mfrc522.PICC_HaltA();
}
}
}
//Función para comparar dos vectores
boolean compareArray(byte array1[],byte array2[])
{
    if(array1[0] != array2[0])return(false);
    if(array1[1] != array2[1])return(false);
    if(array1[2] != array2[2])return(false);
    if(array1[3] != array2[3])return(false);
    return(true);}

```

ANEXO D: Código calibración de sensor de corriente

```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  analogReference(INTERNAL);  
}  
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(A0); //Lectura analógica  
  float voltajeSensor = analogRead(A0) * (1.1 / 1023.0); //voltaje del sensor  
  float corriente=voltajeSensor*30.0; //corriente=VoltajeSensor*(30A/1V)  
  Serial.println(corriente,3);//enviamos por el puerto serie  
}
```

ANEXO E: Programación

Es necesario destacar que tanto en el microcontrolador arduino uno como el raspberry necesitan programas independientes para realizar las tareas de censar los SCT-013, control de inicio por medio de RFID, la comunicación serial, la carga en la base de datos y el funcionamiento de cada uno de los servidores el html y el MySQL en donde se carga la base de datos.

Código Raspberry

Base de datos: Para que la base de datos funcione es necesario realizar un script en python para que conecte la comunicación serial con servidor MySQL, el archivo es carga1.py y su contenido es el listado a continuación:

```
#coding=utf-8

import mysql.connector

import serial

import time

from mysql.connector import Error

from mysql.connector import errorcode

arduino = serial.Serial('/dev/ttyACM0',
    baudrate=9600)

arduino.setDTR(False)

time.sleep(1)

arduino.flushInput()

arduino.setDTR(True)

#A=[' ',' ',' ',' ',' ']

def insertPythonVariableInTable( Sensor1, Sensor2, Sensor3, Sensor4):

    try:

        connection = mysql.connector.connect(host='localhost',
            database='sensores',
            user='jason',
            password='jason')

        cursor = connection.cursor(prepared=True)

        sql_insert_query = """ INSERT INTO `señales`
            (`Sensor1`, `Sensor2`, `Sensor3`, `Sensor4`) VALUES
            (%s,%s,%s,%s)"""

        insert_tuple = ( Sensor1, Sensor2, Sensor3, Sensor4)

        result = cursor.execute(sql_insert_query, insert_tuple)
```

```

        connection.commit()

        print ("Record inserted successfully into python_users table")

except mysql.connector.Error as error :

    connection.rollback()

    print("Failed to insert into MySQL table {}".format(error))

finally:

    #closing database connection.

    if(connection.is_connected()):

        cursor.close()

        connection.close()

        print("MySQL connection is closed")

while True:

    #time.sleep(10)

    line= arduino.readline()

    vector=line.split('*')

    print(vector)

    A=vector[1].split('/')

    print(A[1])

    print(A[2])

    print(A[3])

    print(A[4])

    #line = arduino.readline()

    insertPythonVariableInTable( A[1], A[2], A[3], A[4])

    #insertPythonVariableInTable("2017-03-28", 30, 33, 33, 33)

```

Servidor html: Se lo realiza en apache y es necesario crear un archivo en php que genere la gráfica tomando en consideración los datos de la base de datos, para el servidor web es necesario realizar un script que maneje la base de datos y cargue en un gráfico visible para el usuario final, este archivo se lo almacena en la carpeta /var/www/html y su nombre es grafico.php con el contenido listado a continuación:

```

<?php

function conectarBD(){

    $server = "localhost";

    $usuario = "jason";

    $pass = "jason";

```

```

$BD = "sensores";

//variable que guarda la conexión de la base de datos
$conexion = mysqli_connect($server, $usuario, $pass, $BD);

//Comprobamos si la conexión ha tenido éxito
if(!$conexion){
    echo 'Ha sucedido un error inesperado en la conexión de la base de datos<br>';
}

//devolvemos el objeto de conexión para usarlo en las consultas
return $conexion;
}

/*Desconectar la conexión a la base de datos*/
function desconectarBD($conexion){
    //Cierra la conexión y guarda el estado de la operación en una variable
    $close = mysqli_close($conexion);

    //Comprobamos si se ha cerrado la conexión correctamente
    if(!$close){
        echo 'Ha sucedido un error inesperado en la desconexión de la base de
datos<br>';
    }

    //devuelve el estado del cierre de conexión
    return $close;
}

//Devuelve un array multidimensional con el resultado de la consulta
function getArraySQL($sql){
    //Creamos la conexión
    $conexion = conectarBD();

    //generamos la consulta
    if(!$result = mysqli_query($conexion, $sql)) die();

    $rawdata = array();

    //guardamos en un array multidimensional todos los datos de la consulta
    $i=0;
    while($row = mysqli_fetch_array($result))
    {

```

```

        //guardamos en rawdata todos los vectores/filas que nos devuelve la consulta
        $rawdata[$i] = $row;
        $i++;
    }
    //Cerramos la base de datos
    desconectarBD($conexion);
    //devolvemos rawdata
    return $rawdata;
}

//Sentencia SQL
$sql = "SELECT Sensor1,Sensor2,Sensor3,Fecha from señales;";

//Array Multidimensional
$rawdata = getArraySQL($sql);

//Adaptar el tiempo
for($i=0;$i<count($rawdata);$i++){
    $time = $rawdata[$i]["Fecha"];
    $date = new DateTime($time);
    $rawdata[$i]["Fecha"]=$date->getTimestamp()*1000;
}
?>
<HTML>
<BODY>
<meta charset="utf-8">
<!-- Latest compiled and minified JavaScript -->
<script src="https://code.jquery.com/jquery.js"></script>
    <!-- Importo el archivo Javascript de Highcharts directamente desde su servidor -->
<script src="http://code.highcharts.com/stock/highstock.js"></script>
<script src="http://code.highcharts.com/modules/exporting.js"></script>
<div id="container">
</div>
<script type='text/javascript'>
$(function () {

```

```
$(document).ready(function() {  
  Highcharts.setOptions({  
    global: {  
      useUTC: false  
    }  
  });  
  var chart;  
  $('#container').highcharts({  
    chart: {  
      type: 'spline',  
      animation: Highcharts.svg, // don't animate in old IE  
      marginRight: 10,  
      events: {  
        load: function() {  
        }  
      }  
    },  
    title: {  
      text: 'Physical Variables'  
    },  
    xAxis: {  
      type: 'datetime',  
      tickPixelInterval: 150  
    },  
    yAxis: {  
      title: {  
        text: 'Value'  
      },  
      plotLines: [{  
        value: 0,  
        width: 1,  
        color: '#808080'  
      }  
    ]  
  }  
});
```

```

    }]
  },
  tooltip: {
    formatter: function() {
      return '<b>'+ this.series.name +'</b><br/>'+
        Highcharts.dateFormat('%Y-%m-%d %H:%M:%S', this.x) +'<br/>'+
        Highcharts.numberFormat(this.y, 2);
    }
  },
  legend: {
    enabled: true
  },
  exporting: {
    enabled: true
  },
  series: [{
    name: 'Sensor1',
    data: (function() {
      var data = [];
      <?php
        for($i = 0 ;$i<count($rawdata);$i++){
          ?>
          data.push([<?php echo $rawdata[$i]["Fecha"];?>,<?php echo
$rawdata[$i]["Sensor1"];?>]);
          <?php } ?>
      return data;
    })()
  },{
    name: 'Sensor2',
    data: (function() {
      var data = [];
      <?php
        for($i = 0 ;$i<count($rawdata);$i++){

```

```

        ?>
        data.push([<?php echo $rawdata[$i]["Fecha"];?>,<?php echo
$rawdata[$i]["Sensor2"];?>]);
        <?php } ?>
        return data;
        })()
    },{
        name: 'Sensor3',
        data: (function() {
            var data = [];
            <?php
                for($i = 0 ;$i<count($rawdata);$i++){
                    ?>
                    data.push([<?php echo $rawdata[$i]["Fecha"];?>,<?php echo
$rawdata[$i]["Sensor3"];?>]);
                    <?php } ?>
                return data;
            })()
        })
    });
};
};
</script>
</html>

```

Código Arduino

```

#include "EmonLib.h"
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
int prueba=0;
const int RST_PIN = 9;          // Pin 9 para el reset del RC522
const int SS_PIN = 10;
char recibido;
double constante=8.2;

```

```

int codigo=0;// Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
// Crear una instancia EnergyMonitor
EnergyMonitor energyMonitor,energyMonitor1,energyMonitor2,energyMonitor3;
// Voltaje de nuestra red eléctrica
float voltajeRed = 120.0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin(); //Función que inicializa SPI
  mfrc522.PCD_Init();
  pinMode(8, OUTPUT);
  // Iniciamos la clase indicando
  // Número de pin: donde tenemos conectado el SCT-013
  // Valor de calibración: valor obtenido de la calibración teórica
  //inicio();
  energyMonitor.current(0, constante);
  energyMonitor1.current(1, constante);
  energyMonitor2.current(2, constante);
  energyMonitor3.current(3, constante);
}
byte ActualUID[4]; //almacenará el código del Tag leído
byte Usuario1[4]= {0xF6, 0xED, 0xC5, 0x00} ;
void loop()
{
  if(prueba==2){
    prueba=0;
  }
  //Serial.print(prueba);
  // Obtenemos el valor de la corriente eficaz
  // Pasamos el número de muestras que queremos tomar
  double Irms = energyMonitor.calcIrms(1484);

```

```

double Irms1 = energyMonitor1.calcIrms(1484);
double Irms2 = energyMonitor2.calcIrms(1484);
double Irms3 = energyMonitor3.calcIrms(1484);
// Calculamos la potencia aparente
double potencia = Irms * voltajeRed;
double potencia1 = Irms1 * voltajeRed;
double potencia2 = Irms2 * voltajeRed;
double potencia3 = Irms3 * voltajeRed;
if ( mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
{
//Seleccionamos una tarjeta
if ( mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
{
// Enviamos serialamente su UID
Serial.print(F("Card UID:"));
for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
ActualUID[i]=mfrc522.uid.uidByte[i];
}
Serial.print(" ");
//comparamos los UID para determinar si es uno de nuestros usuarios
if(compareArray(ActualUID,Usuario1)){
//Serial.println("Acceso concedido...");
if(prueba==0){
digitalWrite(8, HIGH);
codigo=1;
}
if(prueba!=0){
digitalWrite(8, LOW);
codigo=0;
//prueba=0;
}
}
}

```

```

    }
    prueba++;

}
else
Serial.println("Acceso denegado...");
// Terminamos la lectura de la tarjeta actual
mfrc522.PICC_HaltA();
}
}
// Mostramos la información por el monitor serie
if(codigo==1){
  Serial.print("");
  Serial.print("/");
  if((Irms<1.35)&&(potencia>2.0)){
    Serial.print(potencia);
  }
  else{
    Serial.print(0.0);
  }
  Serial.print("/");
  if((Irms1<1.35)&&(potencia1>2.0)){
    Serial.print(potencia1);
  }
  else{
    Serial.print(0.0);
  }
  Serial.print("/");
  if((Irms2<1.35)&&(potencia2>2.0)){
    Serial.print(potencia2);
  }
  else{

```

```
    Serial.print(0.0);  
  }  
  Serial.print("/");  
  if((Irms3<1.35)&&(potencia3>2.0)){  
    Serial.print(potencia3);  
  }  
  else{  
    Serial.print(0.0);  
  }  
  Serial.println("**");  
}  
}  
boolean compareArray(byte array1[],byte array2[])  
{  
  if(array1[0] != array2[0])return(false);  
  if(array1[1] != array2[1])return(false);  
  if(array1[2] != array2[2])return(false);  
  if(array1[3] != array2[3])return(false);  
  return(true);  
}
```

ANEXO F: Código total con rfid, Relay y sensor de corriente en arduino.

```

#include "EmonLib.h"
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#define RST_PIN 9 //Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 10 //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
char recibido;
double constanteC=8.2;
int codigo=0;// Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);

EnergyMonitor
energyMonitor,energyMonitor1,energyMonitor2,energyMonitor3;//Creamos el objeto
para el RC522

int i=0;

float voltajeRed = 120.0;

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Iniciamos La comunicacion serial
  SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
  mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522
  Serial.println("Control de acceso:");
  pinMode(8, OUTPUT);
  energyMonitor.current(0, constanteC);
  energyMonitor1.current(1, constanteC);
  energyMonitor2.current(2, constanteC);
  energyMonitor3.current(3, constanteC);
}

byte ActualUID[4]; //almacenará el código del Tag leído
byte Usuario1[4]= {0xDC, 0x41, 0x7C, 0x07} ; //código del usuario 1
byte Usuario2[4]= {0xC1, 0x2F, 0xD6, 0x0E} ; //código del usuario 2

void loop() {
  if(i==2){
    i=0;
  }
}

```

```

tarjeta();
if(codigo==1){
  tarjeta();
  sensor_corriente();
  tarjeta();
}
// Revisamos si hay nuevas tarjetas presentes
}
void sensor_corriente(){
  //Serial.println("accedio");
  if(codigo==1){
    double Irms = energyMonitor.calcIrms(1484);
    double Irms1 = energyMonitor1.calcIrms(1484);
    double Irms2 = energyMonitor2.calcIrms(1484);
    double Irms3 = energyMonitor3.calcIrms(1484);
    // Calculamos la potencia aparente
    double potencia = Irms * voltajeRed;
    double potencia1 = Irms1 * voltajeRed;
    double potencia2 = Irms2 * voltajeRed;
    double potencia3 = Irms3 * voltajeRed;
    Serial.print("**");
    Serial.print("/");
    if((Irms<1.35)&&(potencia>2.0)){
      Serial.print(potencia);
    }
    else{
      Serial.print(0.0);
    }
    Serial.print("/");
    if((Irms1<1.35)&&(potencia1>2.0)){
      Serial.print(potencia1);
    }
  }
}

```

```

else{
  Serial.print(0.0);
}
Serial.print("/");
if((Irms2<1.35)&&(potencia2>2.0)){
  Serial.print(potencia2);
}
else{
  Serial.print(0.0);
}
Serial.print("/");
if((Irms3<1.35)&&(potencia3>2.0)){
  Serial.print(potencia3);
}
else{
  Serial.print(0.0);
}
Serial.println("**");
}
//tarjeta();
}
//Función para comparar dos vectores
boolean compareArray(byte array1[],byte array2[])
{
  if(array1[0] != array2[0])return(false);
  if(array1[1] != array2[1])return(false);
  if(array1[2] != array2[2])return(false);
  if(array1[3] != array2[3])return(false);
  return(true);
}
void tarjeta(){
  if ( mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())

```

```

{
//Seleccionamos una tarjeta
  if ( mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
  {
    // Enviamos serialamente su UID
    Serial.print(F("Card UID:"));
    for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
      Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
      Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
      ActualUID[i]=mfrc522.uid.uidByte[i];
    }
    Serial.print("  ");
    //comparamos los UID para determinar si es uno de nuestros usuarios
    if(compareArray(ActualUID,Usuario1)){
      Serial.println("Acceso concedido...");
      if(i==0){
        digitalWrite(8, HIGH);
        codigo=1;
      }
      if(i!=0){
        digitalWrite(8, LOW);
        codigo=0;
        //i=0;
      }
      i++;
    }
    else if(compareArray(ActualUID,Usuario2))
      Serial.println("Acceso concedido...");
    else
      Serial.println("Acceso denegado...");
    // Terminamos la lectura de la tarjeta actual
    mfrc522.PICC_HaltA();}}}

```

ANEXO G: Diagramas y diseño de placas

