



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

DESARROLLO DE UNA RED LOCAL DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA UN PROCESO DE CONTROL DE MOTORES AC ENLAZADOS A UN SISTEMA IOT

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería Electromecánica

Autores:

Espin Pallango Yessenia Cecibel

Peña Reyes Karla Rosalia

Tutor:

Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez

Latacunga – Ecuador 2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotras **Espin Pallango Yessenia Cecibel**, con cédula de ciudadanía N.1601077777 y **Peña Reyes Karla Rosalía**, con cédula de ciudadanía N. 1723772545, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica declaramos ser autores del presente proyecto de investigación con el título:

“DESARROLLO DE UNA RED LOCAL DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA UN PROCESO DE CONTROL DE MOTORES AC ENLAZADOS A UN SISTEMA IOT”, siendo el Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez, tutor del presente trabajo; y exigimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Yessenia Cecibel Espin Pallango
C.C. 1601077777

Peña Reyes Karla Rosalia
C.C. 1723772545



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Latacunga, agosto 2023

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“DESARROLLO DE UNA RED LOCAL DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA UN PROCESO DE CONTROL DE MOTORES AC ENLAZADOS A UN SISTEMA IOT ”, de las ponentes **Espin Pallango Yessenia Cecibel Y Peña Reyes Karla Rosalía**, de la carrera de INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA, considero que dicha propuesta cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-teóricos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación del Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.



Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez
C.C. 0502529589



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de tribunal de lectores aprueban el presente informe de investigación de acuerdo las disposiciones reglamentarias emitidas por Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Espin Pallango Yessenia Cecibel, con cédula de ciudadanía N.1601077777 y Peña Reyes Karla Rosalía, con cedula de ciudadanía N. 1723772545 con el título de proyecto de titulación:

“DESARROLLO DE UNA RED LOCAL DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA UN PROCESO DE CONTROL DE MOTORES AC ENLAZADOS A UN SISTEMA IOT”, Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza a realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2023

Para constancia firman:

Lector 1

Ing. Ms.C. Gallardo Molina Cristian Ing.
C.I 0502847692

Lector 2

Ms.C Cevallos Betún Segundo Ángel
C.I 0501782437

Lector 3

Ms.C. Navarrete López Luis
C.I 1803747284



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que las estudiantes: Yessenia Cecibel Espin Pallango y Peña Reyes Karla Rosalia, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico **“DESARROLLO DE UNA RED LOCAL DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA UN PROCESO DE CONTROL DE MOTORES AC ENLAZADOS A UN SISTEMA IOT”** realizaron la entrega para el área de control eléctrico industrial cumpliendo así con los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, agosto 2023

Para constancia firma:

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

Ing. Ms.C. Gallardo Molina Cristian

C.I. 0502847692

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por permitirme llegar a este momento y darme fortaleza para no decaer y terminar con éxitos mis estudios.

Agradezco a mi madre Norma Pallango por ser un pilar fundamental en mi vida estudiantil, quien con su apoyo moral y sacrificios no me dejó decaer en ningún momento y me motivo a terminar con éxitos este sueño tan grande de ser ingeniera.

Agradezco a mi esposo e hija por su apoyo moral e incondicional en esta etapa, por siempre estar conmigo en los buenos y malos momentos.

Por último, quiero agradecer a mi compañero Marco Pallo por estar siempre presente con sus ánimos y guiarnos con sus conocimientos. A mi compañera de tesis Karla Peña por estar siempre dispuesta en todo momento y por su apoyo mutuo en esta etapa, más que una compañera una gran amiga.

Yessenia Espin

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me ha dado fuerzas y bendiciones para no rendirme.

Agradezco los consejos y los ánimos de mis padres Oscar y Elizabeth porque siempre confiaron en mí, a mis Hermanos por ser un apoyo moral a no rendirme.

A mi Novio por estar al pie del cañón presto para apoyarme en lo que necesite siempre. A doña Paty por sus consejos y estar presta en ayudarme en cualquier momento en lo que más ha podido.

A mi Amigo Marco Pallo por guiarnos y compartirnos su conocimiento. A nuestro tutor Ing. Luigi Freire por tener siempre la disponibilidad y disposición de ayudarnos.

A mi compañera de Tesis que más que una compañera fuimos un buen equipo, una amiga donde nos dábamos ánimos y consejos mutuamente.

A doña Paty por sus consejos y estar presta en ayudarme en cualquier momento en lo que más ha podido.

Karla Peña

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a dios por permitirme llegar a este momento de mi vida, por cumplir mi sueño de culminar mi carrera universitaria.

Dedico con mucho amor a mi madre este título, por enseñarme a nunca rendirme y siempre motivarme a salir adelante ante cualquier adversidad.

A mis hermanos, cuñadas y sobrinos por ser un apoyo grande en toda mi vida universitaria, por enseñarme el valor de la vida y no dejarnos vencer por nada, que todo es posible con dedicación y perseverancia.

A mi esposo Geovanny y mi hija Nair por día a día darme fuerzas y motivación en esta etapa, por estar siempre conmigo y ser mi motor para lograr mi sueño de ser ingeniera.

Yessenia Espin

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios pilar fundamental para todos mis logros también a los tesoros más grandes que Dios me pudo obsequiar en la vida. A mis padres Elizabeth y Oscar que han sido el motor fundamental que me han impulsado y motivado a conseguir mis metas.

A mi familia en si los que de una u otra forma han aportado un granito de arena para hacer posible esto, que me han dado palabras de ánimo.

A mi Amor bonito a mi persona especial Estalin que ha hecho hasta lo imposible, que me ha apoyado incondicionalmente, que me ha demostrado otro lenguaje del amor, ese lenguaje de preocuparse por mí y velar mis sueños para hacerlos posible y motivarme cada día y por creer en mí siempre.

A él amor de mi vida mi ángel que está en el cielo Abuelito todo lo hice por ti todo el valor que necesité las veces que caía y me costaba levantarme solo resonaba en mi cabeza nuestra promesa y ahora solo puedo decir que la promesa está saldada.

Karla Peña

ÍNDICE GENERAL

1	INFORMACIÓN GENERAL	1
2	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1	EL PROBLEMA.....	2
2.1.1	Planteamiento del problema	2
2.1.2	Formulación del problema.....	2
2.2	BENEFICIARIOS	2
2.3	JUSTIFICACIÓN	2
2.4	HIPÓTESIS	3
2.5	OBJETIVOS	3
2.5.1	General.....	3
2.5.2	Específicos.....	3
3	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
3.1	ANTECEDENTES	5
3.2	MARCO REFERENCIAL/ESTADO DEL ARTE.....	6
3.2.1	Control industrial.....	6
3.2.2	Internet de las cosas IoT	7
3.2.3	Red.....	7
3.2.4	Tipos de redes.....	8
3.2.4.1	Red LAN	9
3.2.4.2	Red WAN.....	9
3.2.4.3	Red inalámbrica.....	10
3.2.5	Protocolo de comunicación industrial	10
3.2.6	Tipos de protocolos de comunicación industrial.	11
3.2.6.1	Serial.....	11
3.2.6.2	Modbus.....	11
3.2.6.3	Ethernet/ip	11
3.2.7	Tipos arquitecturas de red wi-fi.....	11
3.2.7.1	Red de infraestructura	11
3.2.7.2	Red en malla.....	12
3.2.7.3	Red ad hoc.....	13
3.2.8	Sensor	13

3.2.9	Red de sensores	13
3.2.10	Tipos de tecnologías inalámbricas.....	14
3.2.10.1	Tecnología Wi-Fi	15
3.2.10.2	Tecnología Bluetooth	15
3.2.10.3	Tecnología Zigbee.....	16
3.2.11	Motor	16
3.2.11.1	Motor eléctrico	16
3.2.12	Tipos de arranques para motores jaula de ardilla	17
3.2.12.1	Arranque directo.....	17
3.2.12.2	Arranque estrella-delta	17
3.2.12.3	Arranque con autotransformador	19
3.2.12.4	Arranque con soft starter	20
3.2.13	Dispositivos de monitoreo y control del motor AC.....	20
3.2.13.1	PLC.....	20
3.2.13.2	Sistemas de automatización y control	21
3.2.14	Microcontrolador	21
3.2.15	Arduino IDE	22
3.2.16	Sensores de corriente	22
3.2.17	Sensores de velocidad.....	22
3.2.17.1	Sensor de velocidad de efecto hall	23
3.2.17.2	Sensor de velocidad proximidad óptico	23
3.2.17.3	Encoder incremental.....	23
3.2.17.4	Encoder absoluto.....	24
3.2.18	Plataformas para monitoreo y control IoT.....	24
3.2.18.1	Arduino IoT Cloud.....	24
3.2.18.2	ThingsBoard.....	25
3.2.18.3	Particle.io.....	25
3.2.18.4	Node-RED.....	26
3.2.18.5	Ubidots	26
3.2.19	Selección de materiales y herramientas.....	26
3.2.19.1	Microcontroladores	26
3.2.19.2	Sensores de corriente, voltaje y frecuencia	27

3.2.19.3	Sensor de velocidad.....	29
3.2.19.4	Plataforma para gestión y visualización de datos.....	29
4	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	31
4.1	METODOLOGÍA	31
4.1.1	Método bibliográfico	31
4.1.2	Método experimental.....	31
4.1.3	Método analítico.....	31
4.1.4	Parámetros del motor.....	32
4.1.4.1	Torque	32
4.1.4.2	Velocidad	32
4.1.4.3	Desplazamiento	33
4.1.4.4	Intensidad absorbida.....	33
4.1.4.5	Potencia Absorbida.	33
4.1.4.6	Potencia Útil.....	34
4.1.4.7	Rendimiento.	34
4.1.4.8	Potencia Aparente.	34
4.1.4.9	Velocidad Motor Asíncrono.....	35
4.1.4.10	Velocidad Motor Síncrono.....	35
4.1.4.11	Potencia Reactiva.	35
4.1.4.12	Factor de Potencia.	36
4.1.4.13	Factor de Potencia 2	36
4.2	Diseño e implementación de dispositivos.....	37
4.2.1	Principios de funcionamiento de las tarjetas recolectoras de datos.....	37
4.3	Diseño de PCB'S	38
4.4	Fuente de alimentación	38
4.5	Microcontrolador ATmega-328p.....	38
4.6	Microcontrolador ESP-8266	39
4.7	Sensores de corriente, voltaje, frecuencia y velocidad	39
4.8	Diseño de entorno en plataforma de gestión y visualización de datos	41
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
5.1.1	Rango de funcionamiento de sensores.....	43
5.1.2	Características del motor trifásicos	43

5.1.3	Análisis de transmisión de velocidad del motor con caja reductora	44
5.1.4	Análisis de corriente y curvas de arranque en triangulo y estrella	45
5.1.5	Análisis de los datos comunicados a la plataforma Ubidots	47
5.1.6	Análisis de la base de datos archivo Excel	48
5.1.7	Análisis de los parámetros eléctricos del motor con el uso de un variador de frecuencia.....	48
5.1.8	Análisis de costos del proyecto	52
5.1.8.1	Los costos directos:	53
5.1.8.2	Los costos indirectos	53
5.1.8.3	COSTO TOTAL DEL SISTEMA.....	54
6	CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	55
6.1	CONCLUSIONES	55
6.2	RECOMENDACIONES.....	55
7	BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	4
Tabla 3.1.	Cuadro comparativo de características de los microcontroladores	27
Tabla 3.2.	Cuadro comparativo de características de los sensores de corriente, voltaje y frecuencia.....	28
Tabla 3.3.	Cuadro comparativo de características del sensor de velocidad (encoder)	29
Tabla 3.4.	Cuadro comparativo de características de plataforma de visualización IoT	30
Tabla 5.1.	Rango de funcionamiento de sensores.....	43
Tabla 5.2.	Parámetros del motor.....	44
Tabla 5.3.	Costos Directos del tablero de sensores inalámbricos para un motor trifásico	53
Tabla 5.4.	Costos indirectos del tablero de sensores inalámbricos para un motor trifásico	54
Tabla 5.5.	Costo total del tablero de sensores inalámbricos para un motor trifásico	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de arquitectura de proceso iot.....	7
Figura 2 Arquitectura de una red de comunicación.....	8
Figura 3 Tipos de redes y su distribución.....	8
Figura 4 Arquitectura de red lan.....	9
Figura 5 Arquitectura de una red Wan	9
Figura 6 Arquitectura de una red inalámbrica	10
Figura 7 Configuración en modo infraestructura	12
Figura 8 Configuración en modo malla.....	12
Figura 9 Configuración en modo AD-HOC	13
Figura 10 Diagrama de conexión de red de sensores	14
Figura 11 Clasificación de las redes inalámbricas.....	14
Figura 12 Red inalámbrica de sensores industriales.....	15
Figura 13 Tecnología Bluetooth en el IoT.....	15
Figura 14 Tecnología zigbee y sus aplicaciones0	16
Figura 15 Curva de corriente de arranque directo	17
Figura 16 Esquema de conexión de bornes para arranque estrella y triangulo	18
Figura 17 Curva corriente de arranque en Estrella – triangulo.....	18
Figura 18 Esquema eléctrico del arranque con autotransformador	19
Figura 19 Curva de corriente de arranque del motor por autotransformador.....	19
Figura 20 Curva de corriente de arranque del motor por soft starter	20
Figura 21 Microcontroladores	21
Figura 22 Sensores de corriente, sensor efecto hall, sensor transformador de corriente, resistencia de detección de corriente	22
Figura 23 Encoder	23
Figura 24 Entorno plataforma arduino IoT.....	24
Figura 25 Entorno plataforma ThingsBoard.....	25
Figura 26 Entorno de trabajo de particle Web IDE	25
Figura 27 Entorno de trabajo de Ubidots.....	26
Figura 28 Flujo de funcionamiento de tarjetas de sensores IoT	37
Figura 29 Flujo de funcionamiento del sistema.....	38

Figura 30 Fuente de alimentación para el circuito	38
Figura 31 Diseño de pcb para el microcontrolador ATmega	39
Figura 32 Diseño de pcb para el microcontrolador ESP-8266.....	39
Figura 33 Diseño de pcb para sensores de corriente	40
Figura 34 Diseño de pcb para sensores de voltaje.....	40
Figura 35 Diseño de pcb para sensores de frecuencia	40
Figura 36 Diseño de pcb para sensores de velocidad encoder	40
Figura 37 Pagina de inicio de la plataforma	41
Figura 38 Integración de librerías en Arduino IDE.....	41
Figura 39 Token de integración en ubidots	42
Figura 40 Entorno de monitoreo de la red de sensores para el motor AC.....	42
Figura 41 Placa de identificación del motor eléctrico	43
Figura 42 Dato de revoluciones del motor sin la caja reductora de velocidad.....	44
Figura 43 Dato de revoluciones del motor en la caja reductora de velocidad.....	45
Figura 44 monitoreo de parámetros en el arranque del motor en triangulo	45
Figura 45 monitoreo de parámetros en el arranque del motor en estrella	46
Figura 46 Medición del voltaje de línea con voltímetros externos al Sistema.....	46
Figura 47 Medición de la corriente de línea con pinza amperimetrica externa al Sistema	47
Figura 48 Monitoreo de parámetros eléctricos del motor en la nube ubidots	47
Figura 49 Base de datos de parámetros de funcionamiento del motor en excel.....	48
Figura 50 Curvas de los parámetros eléctricos con el usos de variador, seteado a 15Hz.....	49
Figura 51 Analizador de redes fluke conectado al Sistema con un seteo de 15Hz	49
Figura 52Curvas de los parámetros eléctricos con el usos de variador, seteado a 25Hz.....	50
Figura 53 Analizador de redes fluke conectado al Sistema con un seteo de 25Hz	50
Figura 54 Curvas de los parámetros eléctricos con el usos de variador, seteado a 30Hz.....	51
Figura 55 Analizador de redes fluke conectado al Sistema con un seteo de 30Hz	51
Figura 56 Curvas de los parámetros eléctricos con el usos de variador, seteado a 60Hz.....	52
Figura 57 Analizador de redes fluke conectado al Sistema con un seteo de 60Hz	52

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1 Torque.....	32
Ecuación 4.2 Velocidad.....	32
Ecuación 4.3 Desplazamiento.....	33
Ecuación 4.4 Intensidad absorbida	33
Ecuación 4.5 Potencia absorbida.....	33
Ecuación 4.6 Potencia util	34
Ecuación 4.7 Rendimiento.....	34
Ecuación 4.8 Potencia aparente	34
Ecuación 4.9 Velocidad motor asincrónico	35
Ecuación 4.10 Velocidad motor síncrono.....	35
Ecuación 4.11Potencia reactiva.....	35
Ecuación 4.12 Factor de potencia.....	36
Ecuación 4.13 Factor de potencia 2.....	36

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
TITULO “DESARROLLO DE UNA RED LOCAL DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA
UN PROCESO DE CONTROL DE MOTORES AC ENLAZADOS A UN SISTEMA IOT”

AUTORES: Espin Pallango Yessenia Cecibel
Peña Reyes Karla Rosalia

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es el diseño de una red de sensores tradicionales los mismos que han sido repotenciados mediante placas de acceso wifi para que puedan recolectar y transferir datos de los parámetros del motor trifásico de manera inalámbrica logrando integrar tecnologías de vanguardia que permita visualizar de manera remota el correcto funcionamiento del motor en tiempo real. El proceso de desarrollo aborda desde la recopilación de información, diseño de redes y de PCB's para la adaptación de las tarjetas recolectoras de datos acopladas a los sensores de velocidad, frecuencia, voltajes y corrientes del motor hasta la configuración, programación y puesta en funcionamiento del sistema de adquisición de datos que recopila, procesa la información y la exporta hasta la plataforma Ubidots en la que se puede visualizar desde varios dispositivos como computadoras, Smartphone y tablets. La validación de la red de sensores inalámbricos se la realizo mediante pruebas rigurosas experimentales con el uso de herramientas como voltímetros, amperímetros, tacómetro y analizador de redes, esto con la finalidad de demostrar la eficacia y precisión del sistema propuesto. Adicional a las pruebas a los sensores y a las plataformas de monitoreo se establecieron varios análisis del comportamiento del motor como en su arranque a diferentes configuraciones, se verifico la relación de transmisión de velocidad debido a que el motor que se le realiza el monitoreo tiene una caja reductora de velocidad y por último se realiza pruebas de reacción en la adquisición de datos y el monitoreo al variar ciertos parámetros con un variador de frecuencia. En conclusión, el desarrollo de esta investigación dota de un sistema de monitoreo en tiempo real de los parámetros de un motor trifásico de tal manera que abre varias posibilidades de uso, entre ellas el monitoreo del funcionamiento del motor desde dispositivos móviles y realizar análisis de los parámetros en el funcionamiento para realizar mantenimientos preventivos y evitar paros imprevistos del proceso.

Palabras clave: IoT, sensores inalámbricos, automatización, monitoreo, Ubidots

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
TITLE " DEVELOPMENT OF A LOCAL NETWORK OF WIRELESS SENSORS FOR A
PROCESS CONTROL OF AC MOTORS LINKED TO AN IOT SYSTEM".

AUTHORS: Espin Pallango Yessenia Cecibel
Peña Reyes Karla Rosalia

ABSTRACT

The main objective of this research is a network design of traditional sensors that have been repowered through wifi access boards so they can collect and transfer data parameters of three-phase motor wirelessly achieving integration of cutting-edge technologies that allow to visualize remotely motor correct operation in real time. The development process covers from information gathering, network design and PCBs for data adaptation, collection cards coupled to the speed, frequency, voltage and current motor sensors to the configuration, programming and commissioning data acquisition system that collects and processes the information and exports it to the Ubidots platform where it can be viewed from various devices such as computers, smartphones and tablets. The validation of wireless sensor network was performed through rigorous experimental tests with tools use such as voltmeters, ammeters, tachometer and network analyzer, in order to demonstrate effectiveness and accuracy proposed system. In addition tests to sensors and monitoring platforms, and several analyses of engines behavior were established, such as its starting at different configurations, speed transmission ratio was verified because the engine being monitored has a speed reducer box and finally, tests were performed on reaction over data acquisition and monitoring when certain parameters with a frequency converter vary. In conclusion, development research provides a real-time monitoring system of a three-phase motor parameters in such a way it opens several of use possibilities, including monitoring the operation of the motor from mobile devices and performing analysis of operation in the parameters to perform preventive maintenance and avoid unplanned stops of the process.

Keywords: IoT, wireless sensors, automation, monitoring, Ubidots.

AVAL DE TRADUCCIÓN

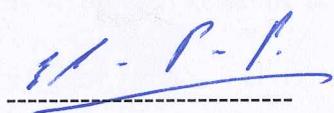
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DESARROLLO DE UNA RED LOCAL DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA UN PROCESO DE CONTROL DE MOTORES AC ENLAZADOS A UN SISTEMA IOT”** presentado por: **Yessenia Cecibel Espin Pallango y Peña Reyes Karla Rosalia**, egresadas de la Carrera de **Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticionarias hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,



**CENTRO
DE IDIOMAS**

Mg. Pacheco Pruna Edison Marcelo

DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS-UTC

Cl. 0502617350

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título: Desarrollo de una red local de sensores inalámbricos para un proceso de control de motores AC enlazados a un sistema IoT

Fecha de inicio: Abril del 2023

Fecha de finalización: Agosto del 2023

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia: Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistema Eléctricos de Potencia.

Proyecto de investigación vinculado: No aplica

Equipo de Trabajo: No aplica

Tutor de Titulación: Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez

Estudiantes: Espin Pallango Yessenia Cecibel

Peña Reyes Karla Rosalia

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0714 Electrónica y Automatización.

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, comercial y residencial.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 EL PROBLEMA

2.1.1 Planteamiento del problema

El sector industrial ha estado en constante avance desde sus primeras revoluciones industriales hasta la actualidad en donde cada vez se integra más a la industria 4.0, esta misma trata de interconectar sistemas, mecanismos y sensores para la toma de decisiones en procesos industriales autónomos y en gran parte con la disminución de la intervención humana, y es que tener los procesos industriales y un gran porcentaje de factores que intervienen en los mismos pueden elevar los índices de productividad de las empresas, sin embargo la problemática que radica en las medianas y pequeñas empresas es la falta de monitoreo de sus procesos y entre estos los motores AC que quizá sean uno de los elementos de mayor importancia y de esta manera se requiere conocer, analizar y recopilar el comportamiento en las diferentes fases como el arranque y el servicio a través del tiempo esto permitiendo también destinar planes de mantenimientos preventivos aumentando así la vida útil y garantizando su servicio.

La recopilación de variables mediante sensores es una problemática presente en las medianas y pequeñas industrias, sin embargo, existe un pequeño porcentaje que ha implementado sistemas de monitoreo tradicional los cuales requieren de personal que documente la información mediante equipos de medición y cada cierto tiempo, esto combinado a la falta de sistemas inalámbricos que limitan la transmisión y acceso de la información a grandes distancias.

2.1.2 Formulación del problema

La falta de sistemas de monitoreo en la operación de motores eléctricos trifásicos dificulta el análisis de las variables eléctricas

2.2 BENEFICIARIOS

Beneficiarios directos:

Sector industrial/ Estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Beneficiarios indirectos:

Medianas y pequeñas industrias

2.3 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la industria es clave para el avance económico y social del entorno, como ya lo han demostrado las tres revoluciones industriales anteriores, es por ello que las industrias en

especial las medianas y pequeñas deben ir evolucionando con la finalidad de integrarse a los grandes cambios. a industria 4.0 y el internet de las cosas (IoT) han demostrado su gran potencial y han cambiado el enfoque de como interactuamos con el mundo digital, interconectando sistemas y subsistemas con la finalidad de aumentar el acceso a la información de manera eficaz y eficiente en los procesos industriales como el control de motores AC en diversas aplicaciones a nivel de la industria.

En ese contexto el desarrollo de una red local de sensores inalámbricos para un proceso de control de motores AC enlazados a un sistema IoT permite el monitoreo en tiempo real de las variables que intervienen en el arranque de los motores eléctricos trifásicos para optimizar el rendimiento y correcto funcionamiento, es así que esta investigación explora diversas tecnologías así como protocolos de comunicación inalámbrica que permitan el procesamiento de información para mejorar significativamente la eficiencia en las aplicaciones industriales

2.4 HIPÓTESIS

¿Es factible implementar una red de sensores inalámbricos para monitorear y analizar las variables y parámetros eléctricos que intervienen en la operación de los motores trifásicos para registrar su comportamiento mediante registro de datos y visualización grafica en una plataforma IoT?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 General

Desarrollar una red local inalámbrica de sensores para el monitoreo de variables eléctricas en la operación de motores eléctricos trifásicos con el uso de microcontroladores e integrados a un sistema IoT

2.5.2 Específicos

- Investigar sobre los tipos de arquitecturas de redes locales e integración a sistemas IoT, uso de sensores inalámbricos y variables eléctricas que influyen en la operación de los motores trifásicos.
- Implementar algoritmos de programación, diseño y técnicas de ensamble para redes locales, sensores y sistemas de monitoreo IoT.
- Ejecutar el sistema de red local de sensores de monitoreo para la adquisición de las variables eléctricas del motor trifásico.

Tabla 2.1. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar sobre los tipos de arquitecturas de redes locales e integración a sistemas IoT, uso de sensores inalámbricos y variables eléctricas que influyen en la operación de los motores trifásicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión y análisis de trabajos bibliográficos sobre arquitecturas de redes inalámbricas - Investigación de las plataformas de monitoreo y control 	Selección y configuración idónea de software y hardware	<ul style="list-style-type: none"> -Libros -Artículos científicos -Tesis -Revistas
Implementar algoritmos de programación, diseño y técnicas de ensamble para redes locales, sensores y sistemas de monitoreo IoT	<ul style="list-style-type: none"> -Desarrollo de PCB's. -Interconexión de sensores y construcción de la red local inalámbrica. -Interconexión de elementos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Correcto muestreo de valores de los sensores -Conexión exitosa entre dispositivos -Transmisión de datos 	<ul style="list-style-type: none"> -Software de diseño de PCB's -Computadora -Modem
Ejecutar el sistema de red local de sensores de monitoreo para la adquisición de las variables eléctricas del motor trifásico.	<ul style="list-style-type: none"> -Configuración de Token y plataforma de monitoreo -Ejecución del proceso de arranque del motor 	<ul style="list-style-type: none"> - Integración de información. - Análisis de resultados - Curvas de operación del motor 	<ul style="list-style-type: none"> - Computadora - Sistema de arranque de motores AC

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

La evolución de sector industrial es un proceso que ha experimentado cambios constantes y estos se han apegado a las necesidades de producción de la época y de las características propias del entorno, y estos cambios han marcado importantes tendencias socioeconómicas en el progreso de las sociedades.

De tal manera la primea revolución industrial se centraba en la producción manual, con el uso de animales de trabajo y con la ayuda de motor impulsados con agua y vapor, en la segunda revolución se introduce el uso de la electricidad y manejo del acero, también se aplicó las técnicas de producción en masa para impulsar la productividad, en la tercera revolución se aplica la tecnología digital por sobre la preexistente la mecánica y analógica, así como también softwares de automatización, la cuarta revolución es la transformación de la cual somos parte en la actualidad, la tan aclamada industria 4.0 que surge de la aplicación de sistemas interconectados con la introducción de análisis y recopilación de datos de las industrias para un control eficaz de la producción y en tiempo real. [1]

Siguiendo el criterio [2] en la actualidad cursamos por la cuarta revolución industrial conocida como la industria 4.0 la cual consiste en una integración bastante complementaria entre los sistemas de control y sistemas de monitoreo, es así que esta ha abierto a la integración de la tecnología del internet de las cosas que se refiere a la interconexión de la industria y elementos físicos mediante redes de comunicación de diferente tipología pero con el mismo fin que es la adquisición de datos en tiempo real. [3]

Mientras se avanza en la transición a la industria 4.0 la digitalización y acceso remoto a datos y sistemas de control a grandes distancias cada vez son más necesarias y es que las demandas cambiantes de los mercados cada vez son más exigentes tanto que las industrias buscan métodos de producción continua y sin paros inesperados por ello es de vital importancia el monitoreo constantes y elaboración de bitácoras de los dispositivos usados en las líneas de producción entre estos los motores de corriente alterna que son ampliamente usados en diversas aplicaciones, por otro lado las redes de sensores inalámbricos abren un gran campo para dar seguimiento a los

dispositivos ya mencionados integrando el control y monitoreo mediante redes industriales flexibles que permiten la exportación de datos adquiridos por sensores a plataformas web y móviles para su uso oportuno.

De los trabajos investigativos que se alinean al tema del control y monitoreo de motores trifásico se ha podido recolectar los siguientes:

El proyecto diseño de un sistema de sensores y gestión inteligente para el campo sur de la UPM trata de la interconexión de sensores y actuadores, buscando la optimización de los procesos con el uso de tecnologías de comunicación inalámbrica, cableada y mixta para recibir información en tiempo real. [4]

La investigación con tema el diseño de un módulo de control basado en plataforma IOT para el monitoreo remoto de motores de inducción de baja potencia en Huancayo, trata del diseño de un módulo de control de bajo consumo de corriente y voltaje mediante microcontroladores como el ESP32 y el Atmega 2560, el mismo que adquiere los parámetros del motor y los envía a una nube interconectando un servidor IoT. [5]

3.2 MARCO REFERENCIAL/ESTADO DEL ARTE

3.2.1 Control industrial

El control industrial supervisa, analiza y da seguimiento a los procesos industriales con el uso de la tecnología y varias técnicas de manejo de variables como temperatura, presión, flujo y niveles de líquidos inmersos en procesos y líneas de producción automáticas y semiautomáticas en varios sectores de la producción y manufactura, todo esto con el objetivo de aumentar la eficiencia, calidad y las seguridad de las personas y equipos, así como la optimización de los recursos, para conseguir la disminución de costos para las industrias.

Con el desarrollo del control industrial la automatización se relaciona estrechamente debido a la cantidad de sensores y actuadores son implementados en los proyectos de automatización de procesos de tal manera que con el uso de la información proporcionada por la red de sensores se pueden tomar acciones para la ejecución del proceso permitiendo una mayor precisión y eficiencia

y por ende la optimización de recursos y productividad, el control industrial mejora de manera continua los procesos industriales [6]

3.2.2 Internet de las cosas IoT

El internet de las cosas o por sus siglas IoT, en primer lugar, se refiere a la recopilación de datos a manera de envío y recepción para su posterior análisis y ejecución de órdenes preinstaladas o a su vez interpretadas por el propio sistema los cuales están interconectados entre sí, el internet de las cosas deberá entonces estar interconectado a diversos equipos y sistemas de sensores y actuadores que en la actualidad se implementan en los sectores de la salud, del transporte, agricultura, en las viviendas y claro cómo no en los procesos industriales, con la integración de algoritmos e inteligencia artificial se puede dejar de lado la intervención humana ya que esta tecnología está diseñada especialmente para analizar grandes cantidades de información y compartir datos en tiempo real. [7]

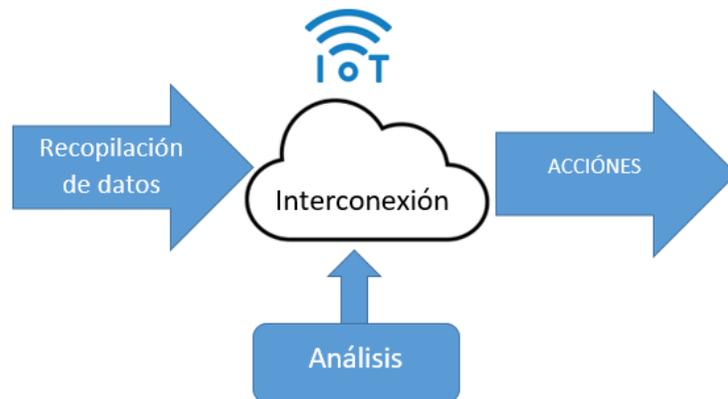


Figura 1. Diagrama de arquitectura de proceso IoT

3.2.3 Red

Una red es un grupo de interconexión de dispositivos que comparten información y recursos, entre los dispositivos más usados están los servidores, enrutadores, switches, entre otros, la implementación de la red se basa en un intercambio continuo de información entre los dispositivos, así como el acceso a la información desde diversos puntos. Las estructuras de las redes se irán diseñando según la necesidad y por ello puede tomar diferentes alcances y tamaños de tal manera se tiene las redes LAN y WAN que se diferencian según los límites de distancias es así que la

primera funciona a manera local en áreas limitadas y la segunda puede conectar en diferentes ubicaciones geográficas en la red los dispositivos se conectan mediante cables o a manera inalámbrica, para ello se usan diversos protocolos de comunicación entre el más comunes se tiene el TCP/IP, WIFI, bluetooth y el 5G. [8]

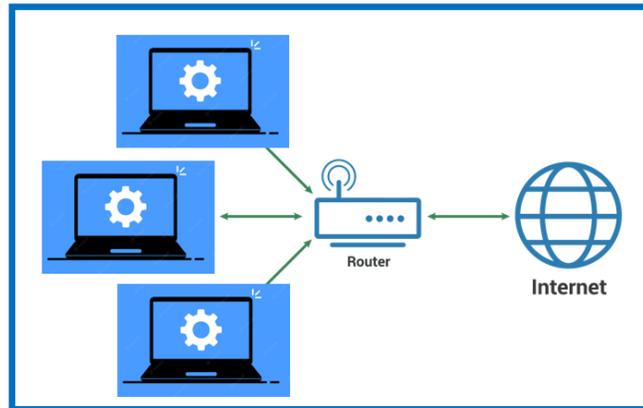


Figura 2 Arquitectura de una red de comunicación

3.2.4 Tipos de redes

Los tipos de redes que existen varían por distancias y medios de transmisión, cada red dispone características propias y la elección de estas será según la necesidad y objetivo específico de cada proyecto entre los más comunes se tiene los siguientes. [8]

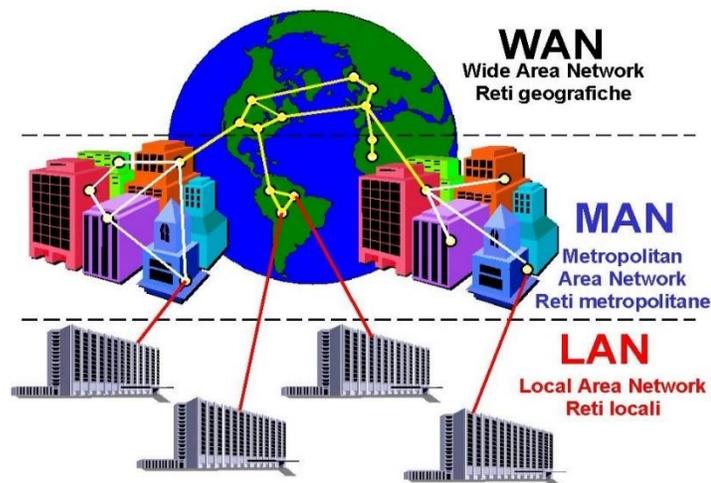


Figura 3 Tipos de redes y su distribución

Fuente: [8]

3.2.4.1 Red LAN

La red de área local interconecta dispositivos para que compartan recursos facilitando la comunicación interna en un área delimitada y estas generalmente usan como medio de comunicación de manera cableada. [9]

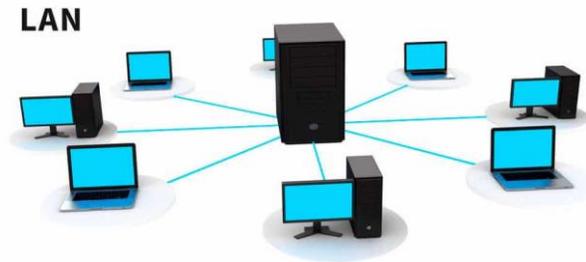


Figura 4 Arquitectura de red lan

Fuente: [10]

3.2.4.2 Red WAN

La red de área extensa usa infraestructuras de antenas o satélites de telecomunicaciones que se interconectan entre sí por fibra óptica, redes móviles y líneas telefónicas para conectar países o ciudades, un ejemplo empresarial de red WAN son redes empresariales e internet. [10]

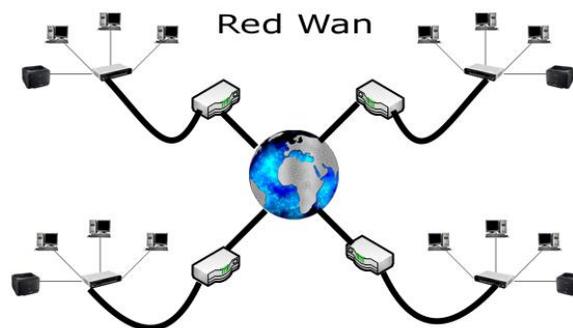


Figura 5 Arquitectura de una red Wan

Fuente: [11]

3.2.4.3 Red inalámbrica

Una red inalámbrica puede ofrecer flexibilidad en su implementación pues al carecer de la necesidad de cables para su interconexión se podrá conectar dispositivos mediante tecnologías como WI-FI que es conocida por sus siglas Wireless Fidelity que permite la conexión a una red local sin necesidad de medios físicos y con el uso de tecnologías de radiofrecuencias esto reduce significativamente el uso de recursos. [12]



Figura 6 Arquitectura de una red inalámbrica

Fuente: [12]

3.2.5 Protocolo de comunicación industrial

Los protocolos de comunicación industrial se definen como un grupo de estándares y reglas los cuales se usa en la comunicación de los dispositivos en las fábricas y escenarios industriales, mediante los protocolos se puede desarrollar un puente de transmisión de información entre dispositivos sin importar el origen de los dispositivos (marca y modelo) permitiendo así la integración a las redes operativas de diverso índole, entre los protocolos de comunicación más comunes se tiene el protocolo de bus de campo, protocolo de red, control y de seguridad, citando alguno ejemplos de los protocolos de comunicación en el área industrial de la manufactura, la automatización y energía, los más conocidos son DeviceNet, Modbus, Ethernet/ip, Profibus, como

resumen se puede entender a un protocolo como un conjunto de reglas que facilitan la interconexión y acceso a los datos de los dispositivos integrados a la red. [13]

3.2.6 Tipos de protocolos de comunicación industrial.

3.2.6.1 Serial

La comunicación serie está diseñada para permitir la comunicación entre dos dispositivos a través de un bus serie, este tipo de comunicación es una de las más sencillas sin embargo puede ser lenta, esto debido al envío de datos de un bit las vez, la comunicación serie usa dos cables uno como emisor y otro como receptor, este tipo de comunicación es la más común que existe entre las computadoras, microcontroladores, dispositivos móviles y dispositivos de instrumentación industrial, entre otros se apoyan en este tipo de comunicación para enviar y recibir cierto tipos de datos o instrucciones. [13]

3.2.6.2 Modbus

Este protocolo se basa en una arquitectura de mensajes simple y es usado ampliamente en la industria para la comunicación de PLC's y sensores integrados en las redes industriales de varios sectores. [13]

3.2.6.3 Ethernet/ip

Este tipo de protocolo usa el modelo de compatibilidad de comunicación cliente-servidor, este tipo de protocolo se usa ampliamente en la industria en base a Ethernet. [13]

3.2.7 Tipos arquitecturas de red wi-fi

Las topologías más comunes que se usan en las redes inalámbricas tratan de la manera de que se conectan los dispositivos a la red. [14]

3.2.7.1 Red de infraestructura

En esta los dispositivos se centralizan mediante un Access point que comunican a los diversos dispositivos integrados en la red, de manera que la información viaja desde el dispositivo al punto

de acceso y viceversa pero siempre deberá pasar por dicho punto, esta topología es la más común en entornos públicos, domésticos e industriales. [14]

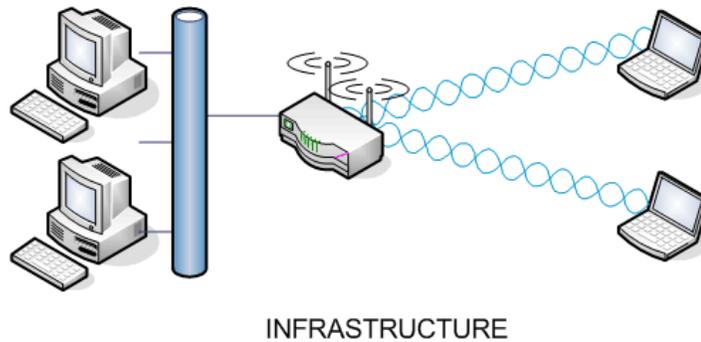


Figura 7 Configuración en modo infraestructura

Fuente: [14]

3.2.7.2 Red en malla

La topología mesh interconecta directamente los dispositivos siempre y cuando estén en el rango de su señal actuando como puntos de retransmisión de datos a otros dispositivos y estas son útiles cuando se necesita aumentar la cobertura. [14]

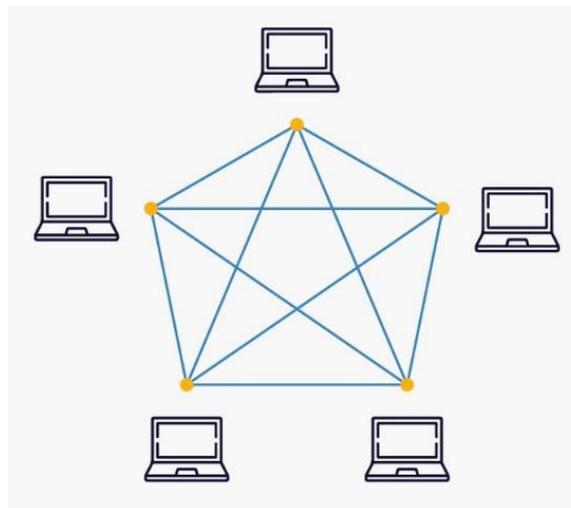


Figura 8 Configuración en modo malla

Fuente: [15]

3.2.7.3 Red ad hoc

En esta los dispositivos se pueden interconectar entre sí, sin el paso de un punto de acceso siendo así cada dispositivo un nodo en la arquitectura de la red, estas se usan a menudo cuando se requiere una conexión rápida y temporal entre dispositivos. [16]

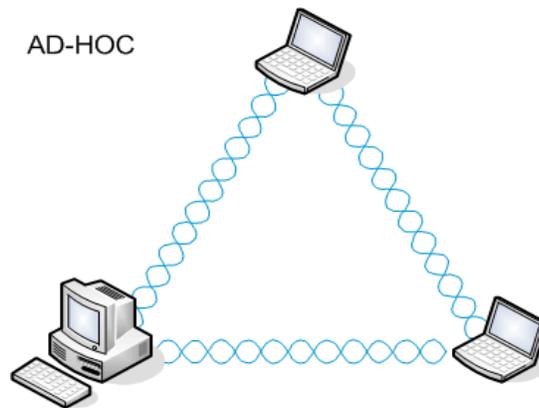


Figura 9 Configuración en modo AD-HOC

Fuente: [16]

3.2.8 Sensor

Un sensor es un dispositivo que se encarga en transformar variables físicas como temperatura, sonido, luz, movimiento, presión, luz, etc., en señales eléctricas procesables mediante microcontroladores o dispositivos de lectura y procesamiento de dicha información, en palabras simples un sensor se encargara de ser un traductor que transmite la información captada y lo emite en lenguaje lógico o de máquina. [17]

3.2.9 Red de sensores

Una red de sensores inalámbricos es un grupo de sensores distribuidos e interconectados inalámbricamente implementados para el monitoreo y recolección de datos de dispositivos determinados, estos sensores son capaces de compartir recursos para transmitirlos en la red, en las redes los sensores captan señales de variables físicas presentes en los entornos como temperatura, velocidad, presión, luz, etc. para ser transmitidos a un punto de conexión centralizado para su posterior análisis y procesamiento, el campo de aplicación de las redes de sensores inalámbricos

se dan en un gran campo de aplicaciones como el control industrial, salud, agricultura, entre otros. [18]

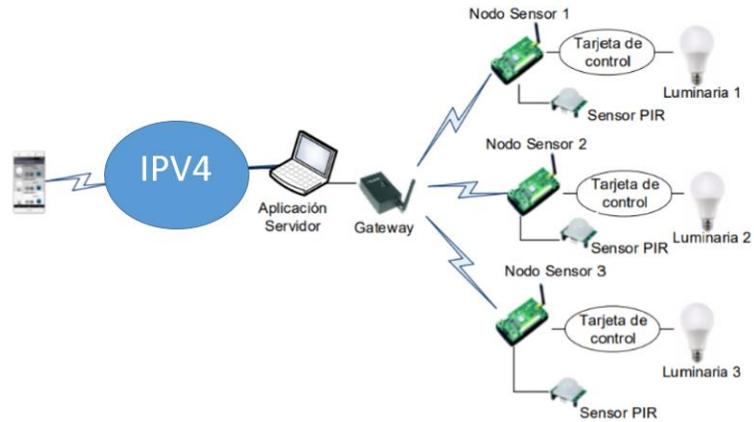


Figura 10 Diagrama de conexión de red de sensores

Fuente: [18]

3.2.10 Tipos de tecnologías inalámbricas

La comunicación inalámbrica entre sensores puede usar Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, de tal manera el uso de cada una tendrá que ser analizada por sus características propias de cada una.

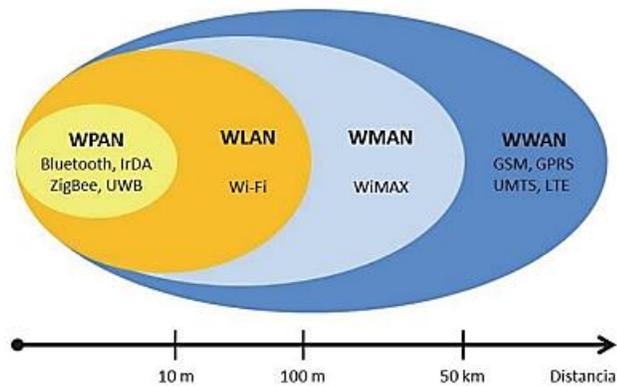


Figura 11 Clasificación de las redes inalámbricas

Fuente: [19]

3.2.10.1 Tecnología Wi-Fi

La tecnología wifi transmite datos a través de ondas de radio mediante redes de área local basándose en los estándar IEEE 802.11, los dispositivos se comunican por puntos de acceso, el espectro de frecuencia para conexión es de 2.4GHz o 5GHz para la transmisión de datos de diferente tamaño. [20]



Figura 12 Red inalámbrica de sensores industriales

Fuente: [20]

3.2.10.2 Tecnología Bluetooth

El bluetooth es un tipo de conexión inalámbrica de corto alcance para la interconexión de dispositivos a unos cuantos metros de separación, las ondas de radio que emite son de baja potencia trabajando en el rango de frecuencia de 2.4 GHz basándose en el estándar IEEE802.15.1 la arquitectura de esta red se da de punto a punto. [21]



Figura 13 Tecnología Bluetooth en el IoT

Fuente: [21]

3.2.10.3 Tecnología Zigbee

Zigbee es una comunicación inalámbrica de baja potencia y alcance corto que ha tomado fuerza por su aplicación de automatización doméstica y de redes de sensores, se basa en el estándar IEEE 802.15.4 con espectro de frecuencia 2.4 GHz. [22]



Figura 14 Tecnología zigbee y sus aplicaciones0

Fuente: [22]

3.2.11 Motor

El motor se ha convertido en una parte esencial de varios procesos tanto industriales como domésticos y es que resulta complicado pensar en el desarrollo de un sinnúmero de trabajos sin el uso del motor, un motor es una máquina que se encarga de convertir una energía de alimentación en movimiento como resultado, estos pueden ser eléctricos, térmicos, hidráulicos o químicos. [23]

3.2.11.1 Motor eléctrico

El motor eléctrico ofrece eficiencia, confiabilidad y versatilidad en el sector industrial al ser una parte fundamental de varios sistemas, el motor eléctrico es un dispositivo electromecánico encargado de convertir la energía eléctrica que ingresa para su alimentación en energía mecánica de rotación mediante la interacción del campo magnético y corriente eléctrica lo que genera el movimiento del motor, el motor se compone principalmente de dos partes el estator y el rotor. [23]

3.2.12 Tipos de arranques para motores jaula de ardilla

Las diferentes configuraciones de arranque para motores se hacen para ejercer control sobre las corrientes de arranque, debido a que pueden afectar la línea de distribución y acortar la vida útil del motor, de esta manera las configuraciones más típicas son:

3.2.12.1 Arranque directo

El arranque directo es uno de los métodos sencillos, este consiste en como su nombre lo dice dotar de tensión nominal al motor directamente a los bornes o puede ser con una variante adicionándole un interruptor, el giro del motor se produce de inmediato al aplicar la tensión acelerando hasta alcanzar su velocidad nominal, sin embargo, los picos de corriente que produce hasta estabilizarse son muy elevados acortando su vida útil. [23]

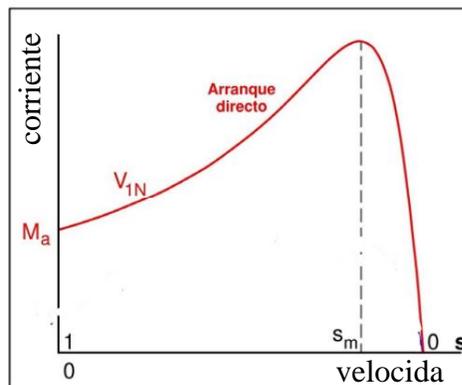


Figura 15 Curva de corriente de arranque directo

Fuente: [24]

3.2.12.2 Arranque estrella-delta

Este tipo de configuración de arranque para motores surge de la necesidad de reducir los picos de corriente elevada a la hora de puesta en marcha de un motor y esta consiste en conectar de manera temporal los devanados del motor en estrella para luego cuando el motor alcance una velocidad específica se pueda conectar a configuración triángulo y con esto limitando los picos de corriente a un tercio de la corriente nominal. Este tipo de arranque se usa de manera frecuente en motores medianos y grandes ya que ayuda a disminuir el desgaste y tensión en los componentes. [25]

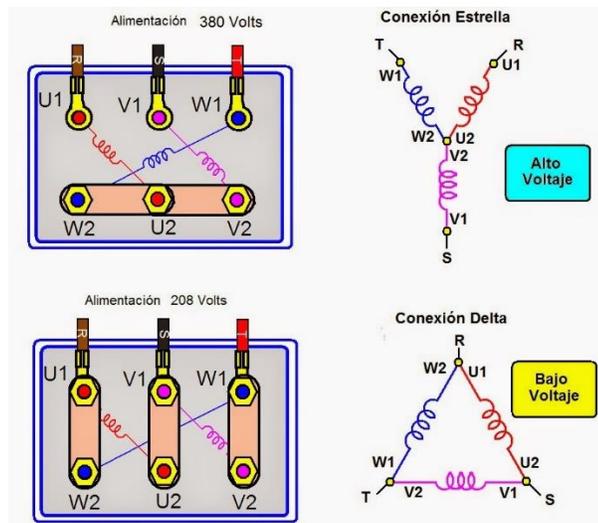


Figura 16 Esquema de conexión de bornes para arranque estrella y triangulo

Fuente: [25]

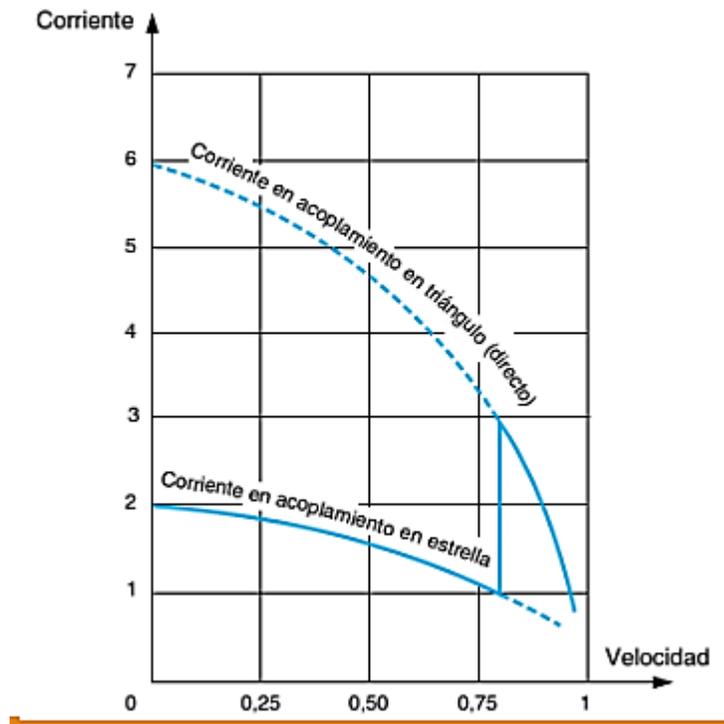


Figura 17 Curva corriente de arranque en Estrella – triangulo

Fuente: [25]

3.2.12.3 Arranque con autotransformador

El arranque con autotransformador reduce la tensión aplicada al motor durante su arranque y esta consiste en la conexión de un autotransformador que dotara de la tensión más baja y una vez que el motor ha alcanzado una velocidad determinada se desconecta del mismo y pasa a la red eléctrica directamente. [26]

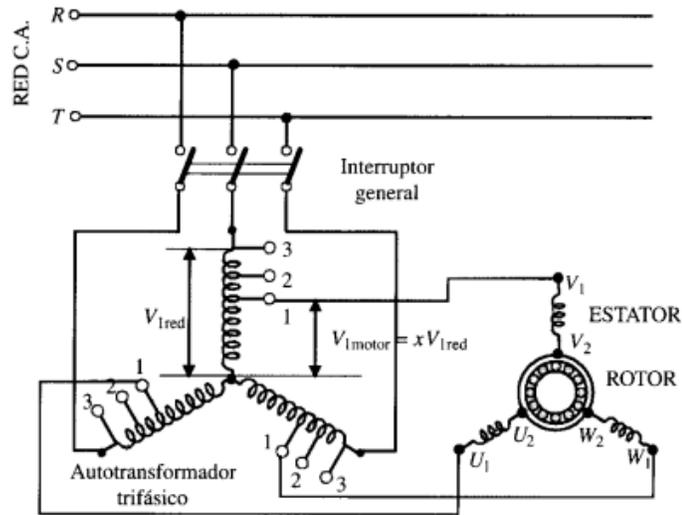


Figura 18 Esquema eléctrico del arranque con autotransformador

Fuente: [26]

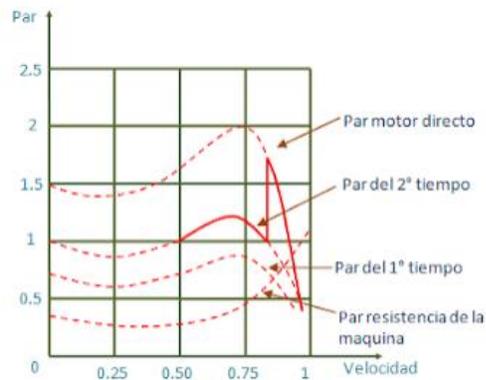


Figura 19 Curva de corriente de arranque del motor por autotransformador

Fuente [26]

3.2.12.4 Arranque con soft starter

El variador de frecuencia es resultado de la búsqueda continua de métodos de arranques que limiten los picos de corriente al arranque de los motores, alargar la vida útil, reducir la carga en la red eléctrica este método se puede usar en motores de todos los tamaños con un control preciso de velocidad y par de arranque, el variador de frecuencia controla el proceso de arranque mediante elementos electrónicos que varían la frecuencia y tensión eléctrica y cuando el motor gana velocidad la frecuencia aumenta gradualmente hasta llegar a la velocidad nominal y plena carga del motor. [27]

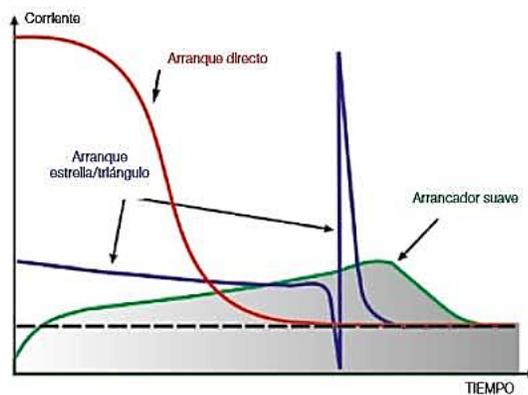


Figura 20 Curva de corriente de arranque del motor por soft starter

Fuente: [28]

3.2.13 Dispositivos de monitoreo y control del motor AC

Para el monitoreo o control de motores existen varios dispositivos que sin embargo están destinados a suplir ciertos requerimientos de un determinado sistema y entre los más usados se tiene:

3.2.13.1 PLC

Los PLC son dispositivos bastante robustos que con la integración de sensores se puede construir sistemas muy completos que combinen el control con la automatización de los motores y procesos en los que se usen dichos motores. [29]

3.2.13.2 Sistemas de automatización y control

Estos sistemas integran diversas tecnologías de monitoreo y recopilación de datos de sensores para el control y monitoreo de procesos que pueden ser construidos con uso de PLC's o el diseño integro de tarjetas de recolección de datos de sensores para su posterior control con el uso de dispositivos electrónicos y microcontroladores integrados de tal forma que el tipo de proyecto exija, así como también permite el ingreso a plataformas de visualización de datos en nubes o en ordenadores, aportando así con mucha flexibilidad a la hora del acceso a la información. [30]

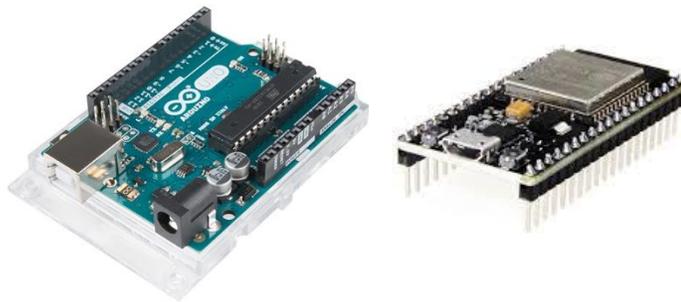


Figura 21 Microcontroladores

Fuente: [30]

la recopilación de información se ha apegado a detallar y recapitular temas y conceptos necesarios para el desarrollo del tema de investigación que se detalla en los siguientes capítulo

3.2.14 Microcontrolador

Los microcontroladores son usados en diversas aplicaciones de control, monitoreo y automatización industrial por su versatilidad al contar con unidades de procesamiento y la flexibilidad de ir incluyendo periféricos de entrada y salida de datos para así controlar los procesos, en la familia de los microcontroladores se puede encontrar una gran variedad y se distinguen por características que son destinadas y elegidas por su aplicación es así que entre los más conocidos están los Arduino, PIC, AVR, STM32 Y ESP8266. [30]

3.2.15 Arduino IDE

Arduino IDE que por sus siglas en inglés (Integrated Development Enviroment) es un entorno de desarrollo integrado que integra un editor de código a manera de texto basado en lenguaje de programación tipo C/C++, un procesador de compilación y carga de programa, bibliotecas disponibles para diversos periféricos, monitor serie, compatibilidad con diversos microcontroladores de la familia Arduino así como de ESP8266, también cabe destacar que es un editor de código abierto, con entrono simple y accesible para diversas aplicaciones. [30]

3.2.16 Sensores de corriente

Existen diversos sensores de corriente AC que se pueden implementar en circuitos con microcontroladores ATmega328p y ESP8266 y varían según el principio que usan para detectar los niveles de corriente entre los principales se tiene al sensor de efecto hall, el transformador de corriente y la resistencia de detección de corriente, entre estos sensores se debe implementar circuitos de acondicionamiento de señales para obtener resultados precisos, y la selección de estos dispositivos se lo hace tomando en cuenta ciertas características de cada proyecto. [31]



Figura 22 Sensores de corriente, sensor efecto hall, sensor transformador de corriente, resistencia de detección de corriente

Fuente: [31]

3.2.17 Sensores de velocidad

En el ámbito de poder medir la velocidad a la que gira un motor existen diversos tipos de sensores, sin embargo, estos son seleccionados por aspectos como tipo de aplicación, parámetros como velocidad máxima y mínima entre otras, así como también si son invasivos o no en el proceso

Los encoder son dispositivos electromecánicos usados ampliamente para la detección de la cantidad de velocidad que posee un motor esto mediante la generación de pulsos eléctricos según el movimiento rotacional del eje del motor y existen varios tipos como los siguientes: [32]



Figura 23 Encoder

Fuente: [33]

3.2.17.1 Sensor de velocidad de efecto hall

Los sensores de velocidad que se basan en el principio electromagnético detectan cambios en los campos magnéticos producidos por el motor y se o puede combinar con discos de codificación con ranuras o marcas para aumentar su precisión. [33]

3.2.17.2 Sensor de velocidad proximidad óptico

Los sensores de proximidad ópticos usan la emisión de luz y detectan la interrupción que tienen de dicha luz provocado por el giro rotacional del eje de motor. [33]

3.2.17.3 Encoder incremental

El encoder incrementar genera pulsos eléctricos en incrementos lo cual permite determinar la velocidad y dirección del movimiento del motor, sin embargo, no proporciona la posición del eje. [33]

3.2.17.4 Encoder absoluto

Este tipo de encoder se basan en la generación de varias señales eléctricas que determina la posición exacta del eje de motor proporcionando información absoluta, este tipo de encoder es más preciso que el incremental pero también es más costoso. [33]

3.2.18 Plataformas para monitoreo y control IoT

Este tipo de plataformas son herramientas tecnológicas para la gestión remota de sistemas y dispositivos que se conecten a internet para el procesamiento de grandes cantidades de datos que tiene como origen sensores y sistemas de recolección de datos, están diseñadas para tener acceso a la información de una amplia variedad de sensores y dispositivos, son fundamentales a la hora del acceso a variables diversas en varios procesos. [34]

Estas plataformas sirven para la conexión entre dispositivos y sensores, existen varias con sus características, ventajas y desventajas, así como su costo de suscripción entre las más usadas tenemos:

3.2.18.1 Arduino IoT Cloud

Es una plataforma nativa de Arduino que permite la visualización de datos y control desde cualquier dispositivo y desde lugares remotos, es compatible con una gran variedad de dispositivos y plataformas en caso de requerirlas [35]



Figura 24 Entorno plataforma arduino IoT

Fuente: [35]

3.2.18.2 ThingsBoard

Entre las ventajas que ofrece esta plataforma está el soporte de conexión de dispositivos usando protocolos estándar como HTTP, MQTT, entre otros, ThingsBoard es una plataforma de código abierto que permite la recolección, procesamiento, análisis y visualización de datos. [36]

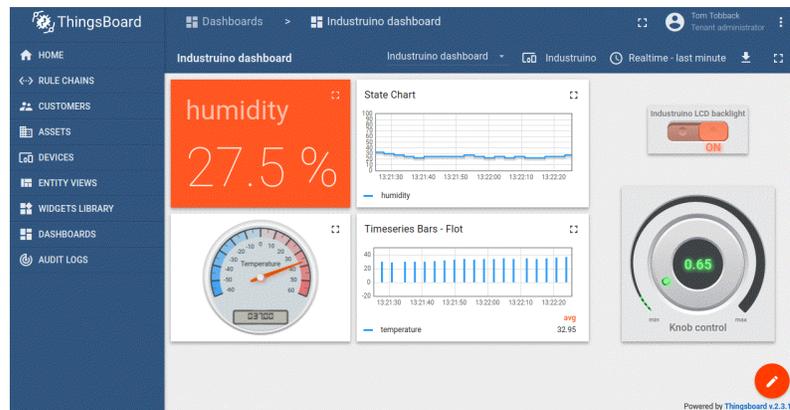


Figura 25 Entorno plataforma ThingsBoard

Fuente: [36]

3.2.18.3 Particle.io

Es una de las plataformas para el desarrollo de procesos IoT con una gama bastante extensa de compatibilidad entre dispositivos y sistemas, así como la forma de conexión a la nube, entre estas datos móviles, bluetooth y red inalámbrica wifi, lo que abre diversas posibilidades según sea el proyecto. [37]

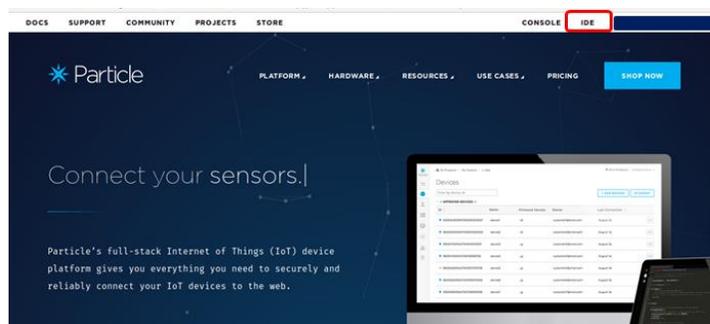


Figura 26 Entorno de trabajo de particle Web IDE

Fuente: [37]

3.2.18.4 Node-RED

En esta plataforma se ofrece una plataforma para programación visual mediante flujos de trabajo IoT, tiene una amplia compatibilidad entre dispositivos, plataformas y servicios. [38]

3.2.18.5 Ubidots

Ubidots es una plataforma creada para visualizar y analizar datos en tiempo real desde diferentes dispositivos entre ellos Arduino, ofrece la posibilidad de personalizar los entornos de trabajo dependiendo la necesidad y muestreo de datos y tiene un amplio campo de compatibilidad con diversos dispositivos y sistemas. [38]

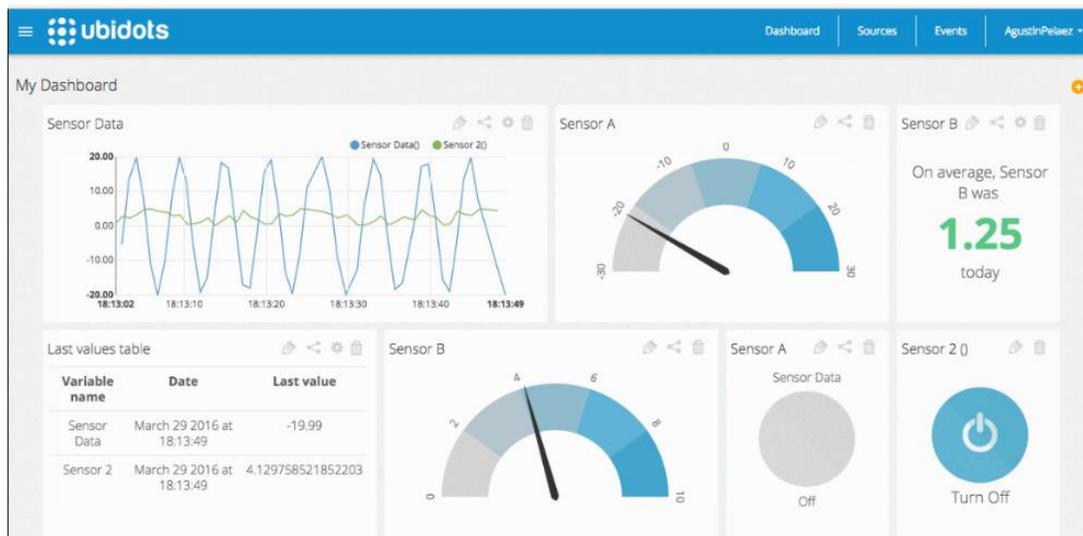


Figura 27 Entorno de trabajo de Ubidots.

Fuente: [38]

3.2.19 Selección de materiales y herramientas

3.2.19.1 Microcontroladores

En la tabla 3.1 se detalla un análisis comparativo realizado a los microcontroladores

Tabla 3.1. Cuadro comparativo de características de los microcontroladores

	ATmega328p	PIC	AVR	STM32	ESP8266
Velocidad	20 mhz	Según modelo	20mhz	Según modelo	80Mhz
Memoria	32kb rom 2kb ram	Según modelo	Según modelo	Según modelo	80kb rom 50kb ram
Periféricos	Si	Si	Si	Si	Si
Comunicación	Si	No	No	No	Si
Precios	Asequible	Según modelo	Según modelo	Según modelo	Asequible
Documentación	Si	Escaso	Escaso	Escaso	Si
Fácil programación	Si	Moderado	Moderado	Moderado	Si

Después del análisis comparativo realizado a los microcontroladores, se pudo determinar que los dispositivos idóneos para esta aplicación son el ATmega328p y el ESP8266, esto teniendo en cuenta que se les da relevancia a estos dispositivos por su calidad, economía y vasta información disponible, así como también por su popularidad y flexibilidad en su compatibilidad con dispositivos como sensores y módulos externos.

3.2.19.2 Sensores de corriente, voltaje y frecuencia

En la tabla 3.2 se detalla un análisis comparativo realizado a los tipos de sensores de corriente, voltaje y frecuencia

Tabla 3.2. Cuadro comparativo de características de los sensores de corriente, voltaje y frecuencia.

Sensores de corriente				
Tipo	Principio de funcionamiento	Características	Ventajas	Desventajas
Sensor de efecto hall	Efecto hall	No invasivo	Fácil instalación	Pierde precisión con rangos de corriente baja
		Análogo o digital	Rango amplio de corriente	Requiere Acondicionar la señal
Transformador de corriente	Inducción electromagnética	Precisión alta	Rango amplio de corriente	Mayor costo y tamaño
		No se integra en el circuito	Salida proporcional	Requiere Acondicionar la señal
Resistencia de detección de corriente	Caída de voltaje en la resistencia	Bajo costo	Conexión fácil	Precisión baja
		No invasivo	Para diferente rango de corriente	Caída de voltaje importante

Después del análisis realizado se selecciona el sensor de corriente, voltaje y frecuencia de tipo transformador de corriente con el principio de funcionamiento de inducción magnética debido a que proporciona una fácil instalación sin afectar al circuito original y es muy preciso con un correcto acondicionamiento de la señal

3.2.19.3 Sensor de velocidad

En la tabla 3.3 se detalla un análisis comparativo realizado a los tipos de encoder.

Tabla 3.3. Cuadro comparativo de características del sensor de velocidad (encoder)

ENCODER				
	Encoder óptico	Encoder rotativo	Encoder incremental	Encoder absoluto
funcionamiento	Haces de luz	Disco codificado	Pulsos eléctricos para movimiento	Pulsos eléctricos absolutos
resolución	alta	Variable	variable	alta
precisión	alta	Según el disco	Según la repetibilidad	alta
memoria	no	no	no	Si guarda el valor de la posición
retroalimentación	Valor de posición	Valor de posición	Valor de movimiento	Valor de posición
cableado	Usa más cables	Usa menos cables	Usa menos cables	Usa menos cables
costo	Más costoso	Según su calidad	Menos costoso	Más costoso
Aplicaciones	Sistemas de precisión	Industria y robótica	automatización	Sistemas de control y posicionamiento

Posterior al análisis de los encoder disponibles se selecciona el ENCODER INCREMENTAL debido a que tiene contactos mecánicos, económicos y ser bastante robusto

3.2.19.4 Plataforma para gestión y visualización de datos

En la tabla 3.4 se detalla un análisis comparativo realizado a los tipos de plataformas de servicio IoT.

Tabla 3.4. Cuadro comparativo de características de plataforma de visualización IoT

Plataforma	Características	Ventajas	Desventajas
Arduino IoT	<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilidad directa con dispositivos Arduino • Monitoreo remoto 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de usar • Soporte oficial por Arduino 	Limitado a comparación de otras plataformas
ThingBoard	Compatible con diversos protocolos y dispositivos	Personalización de paneles de control	Requiere cierto grado de experiencia para la configuración
Particle.io	Monitoreo en tiempo real con gestión integral de dispositivos y seguridad con cifrado	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de usar • Acceso a actualizaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Suscripción costosa para su uso • Menos enfoque en la personalización
Node-RED	Entorno visual integrado en la nube usando flujos de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a bibliotecas • Acceso a comunidad y recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere experiencia previa de programación • Necesita un servidor Node-RED
Ubidots	Plataforma con entorno sencillo, amplia gama de integración de dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> • Personalización de reglas, notificaciones y entorno de trabajo • Integración con dispositivos y plataformas 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas avanzadas requieren un pago de suscripción • Limitación en número de dispositivos y datos en su versión de prueba

Después del análisis comparativo entre algunas plataformas de gestión de datos se opta por Ubidots por algunas de sus características entre ellas ser una plataforma bastante robusta, fácil de usar y su flexibilidad a la hora de realizar personalización de los dashboard, así como también su facilidad de conexión e integración entre diversos dispositivos y sistemas, cabe recalcar que si bien esta

plataforma ofrece herramientas más avanzadas así como su cantidad de dispositivos y datos en su versión Premium la versión de prueba ofrece una muy buena funcionalidad para esta investigación.

4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 METODOLOGÍA

Las metodologías como conjunto de procedimientos sistemáticos se aplican en el trabajo investigativo que por su naturaleza se ha estructurado usando en esencia tres metodologías para su desarrollo y estas son el método bibliográfico, experimental y analítico, los cuales se detallan a continuación.

4.1.1 Método bibliográfico

La aplicación del método bibliográfico en la investigación se desarrolla en la profunda revisión, análisis y selección de publicaciones científicas, libros, tesis y artículos referentes al tema, permitiendo el esclarecimiento de temas, conceptos y teorías necesarias para el desarrollo eficiente del tema, así como alcanzar resultados coherentes y fiables.

4.1.2 Método experimental.

El método experimental es introducido en esta investigación debido a las características del diseño y configuración de los sensores a implementar para el monitoreo del motor trifásico, de igual manera en la implementación de la red local de adquisición de datos de manera inalámbrica para la evaluación de los parámetros de funcionamiento de dicho motor, de tal manera se ha diseñado e implementado pruebas y experimentos con la finalidad de obtener el mejor resultado y cumplir con los objetivos planteados

4.1.3 Método analítico

En el análisis de los datos obtenidos y en el uso de las técnicas de recolección de los mismos se ha aplicado el método analítico para obtener un estudio bastante robusto de las variables, tendencias y resultados, detallando así también las limitaciones en base a criterios definidos

El trabajo se ha realizado de manera sistémica partiendo del tema que es de relevante importancia en la automatización industrial, y de este se ha sacado sus derivaciones para hacer un estudio

bibliográfico a manera de abordar conceptos necesarios para una mayor comprensión basándose en bases bibliográficas de libros y artículos científicos, una vez abordados dichos temas se ha dado el salto a la implementación con procesos de selección de elementos idóneos y necesarios, de igual manera se ha aplicado técnicas de diseño y manufactura para la creación de las tarjetas recolectoras de datos y se ha dispuesto la estructura de la red, de tal manera que en el siguiente punto se exponga los resultado de una manera ordenada y que permita el correcto análisis de los datos.

4.1.4 Parámetros del motor

4.1.4.1 Torque

El torque se define como una fuerza rotatoria que se ejerce en un eje, causando de esta manera la rotación del mismo, se puede calcular usando la siguiente formula

$$T = \frac{HP * 716}{rpm}$$

Ecuación 4.1

Donde:

T= Torque en Nm

Hp= horsepower dato de placa

716= constante

Rpm= revoluciones por minuto

4.1.4.2 Velocidad

La velocidad del motor entiende por la cantidad de vueltas que puede dar el eje del motor en un lapso de un minuto, y este parámetro depende principalmente de los números de devanados y la frecuencia, como se puede observar en la formula siguiente.

$$n = \frac{2 f * 60}{p}$$

Ecuación 4.2

Donde:

n= velocidad

f= frecuencia

p= # de polos

4.1.4.3 Desplazamiento

$$S = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Ecuación 4.3

Donde:

n= revoluciones

S= desplazamiento

4.1.4.4 Intensidad absorbida.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi * n}$$

Ecuación 4.4

Donde:

I= intensidad absoluta

P= Potencia

$\cos\varphi$ = coseno

U= Tensión de línea

4.1.4.5 Potencia Absorbida.

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$$

Ecuación 4.5

Donde:

I= Intensidad

P= potencia absoluta

$\cos\varphi$ =coseno

U=Tensión de línea

4.1.4.6 Potencia Útil.

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi * r$$

Ecuación 4.6

Donde:

I= Intensidad

P= Potencia

$\cos\varphi$ = coseno

U= Tensión de línea

4.1.4.7 Rendimiento.

$$n = \frac{P_u}{P_a} * 100$$

Ecuación 4.7

Donde:

n= rendimiento

P_u = potencia útil

P_a = potencia absorbida

4.1.4.8 Potencia Aparente.

$$\cos = \sqrt{3} * U * I * n$$

Ecuación 4.8

Donde:

Cos= coseno

U = Tensión de línea

I = Intensidad

n = rendimiento

4.1.4.9 Velocidad Motor Asíncronico.

$$n = \frac{60 * f}{P} (1 - s)$$

Ecuación 4.9

Donde:

P = Potencia

f =Frecuencia

s = Desplazamiento

4.1.4.10 Velocidad Motor Síncrono.

$$v = \frac{60 * f}{P}$$

Ecuación 4.10

Donde:

f =frecuencia

p = # de polos

4.1.4.11 Potencia Reactiva.

$$P_x = \sqrt{3} * U * I * \text{sen } \varphi$$

Ecuación 4.11

Donde:

P_x = potencia reactiva

U= tensión de línea

I= Intensidad

$\text{sen } \varphi$ = Seno

4.1.4.12 Factor de Potencia.

$$\cos\varphi = \frac{P}{P_Z}$$

Ecuación 4.12

Donde:

$\cos\varphi$ = coseno

P= Potencia

4.1.4.13 Factor de Potencia 2

$$\cos\varphi = \frac{10^3 * P}{\sqrt{3} * U * I * n}$$

Ecuación 4.13

Donde:

$\cos\varphi$ = coseno

P= Potencia

U= Tensión de línea

I= Intensidad

n= rendimiento

4.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS

4.2.1 Principios de funcionamiento de las tarjetas recolectoras de datos

El sistema de sensores IoT de monitoreo de motor AC integrado a Ubidots funciona de la siguiente manera como se lo puede observar en la figura 28.

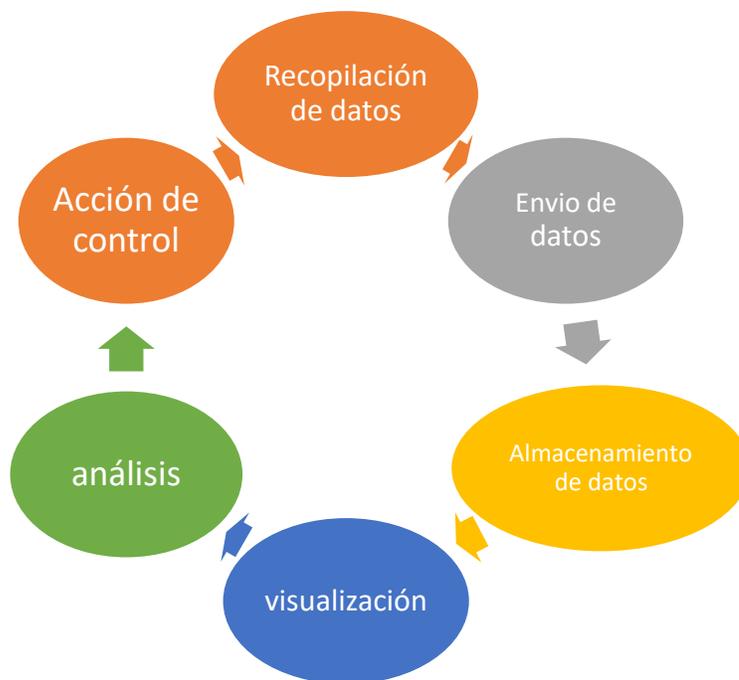


Figura 28 Flujo de funcionamiento de tarjetas de sensores IoT

Este flujo de procesos se hace necesario para poder visualizar las variables que están presentes en el funcionamiento del motor AC, estos procesos en el ámbito del sistema serían realizados en la etapa de recolección de datos por los sensores, el envío de datos lo realiza el módulo ESP-8266, y el almacenamiento, visualización y análisis de datos se lo realiza por la integración de la plataforma Ubidots y de tal manera se puede optar por realizar alguna condición de control del proceso como lo muestra la siguiente figura.

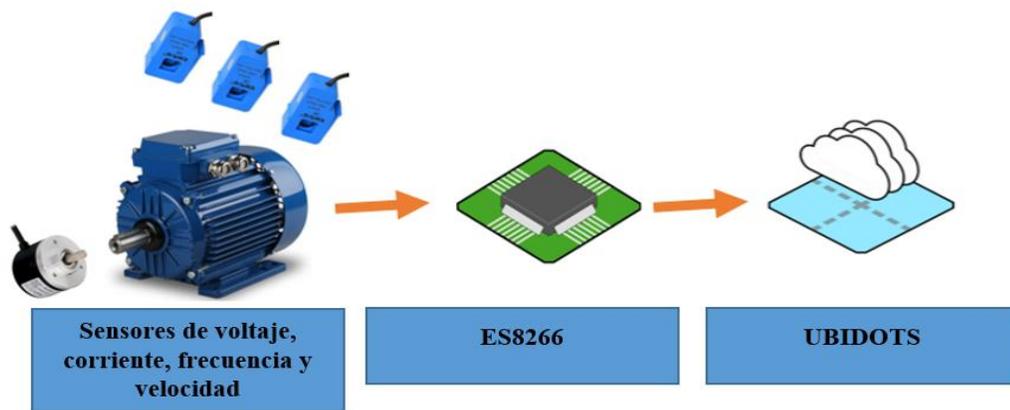


Figura 29 Flujo de funcionamiento del sistema

4.3 DISEÑO DE PCB'S

En el diseño de las PCB'S se considera el uso de software de diseño electrónico el cual permite la visualización de los elementos, su simulación y la exportación de diseños para la elaboración de las placas físicas.

4.4 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación se utiliza para dotar de energía limitada para el correcto funcionamiento de los microcontroladores y los sensores, el diseño de la etapa electrónica de fuente de alimentación en el PCB es la siguiente

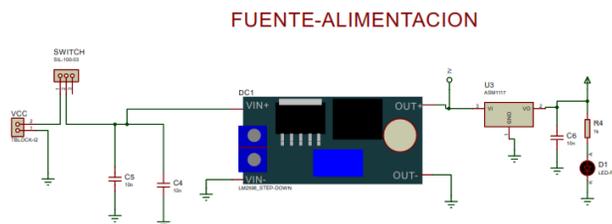


Figura 30 Fuente de alimentación para el circuito

4.5 MICROCONTROLADOR ATMEGA-328P

El microcontrolador ATmega se usa de tal manera que sea el encargado de recopilar los valores recopilados por los sensores

ATMEGA-328P

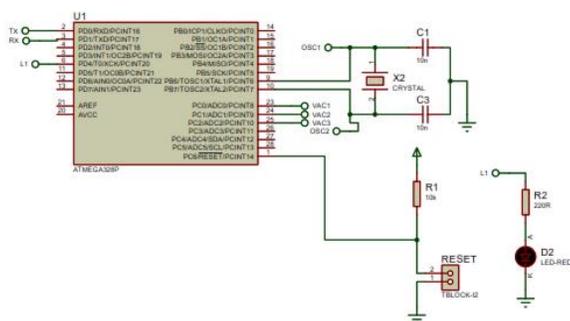


Figura 31 Diseño de pcb para el microcontrolador ATmega

4.6 MICROCONTROLADOR ESP-8266

El módulo ESP-8266 se usa y se configura de tal manera que sea mediante este la exportación de los datos anteriormente ya censados hacia la nube mediante la conexión de red inalámbrica wifi.

MODULO_ESP-8266

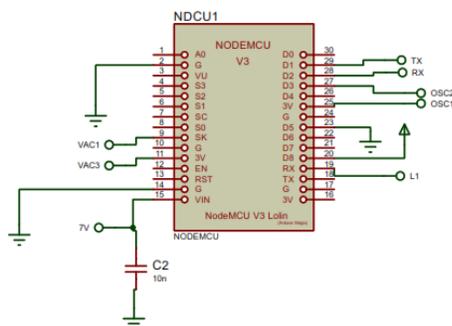


Figura 32 Diseño de pcb para el microcontrolador ESP-8266

4.7 SENSORES DE CORRIENTE, VOLTAJE, FRECUENCIA Y VELOCIDAD

En las figuras 33,34,35 y 36 se observa el diseño de los diferentes sensores, los mismos que se encargan de recolectar las variables según sea su tipo:

SENSORES_CORRIENTE

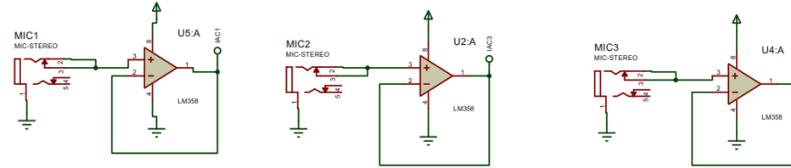


Figura 33 Diseño de pcb para sensores de corriente

SENSORES_VOLTAJES

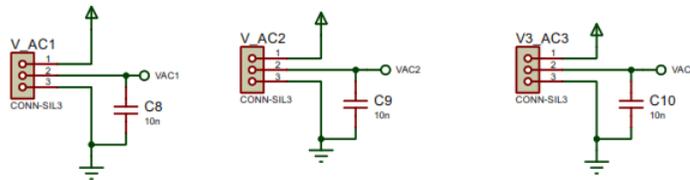


Figura 34 Diseño de pcb para sensores de voltaje

SENSORES_FRECUENCIA

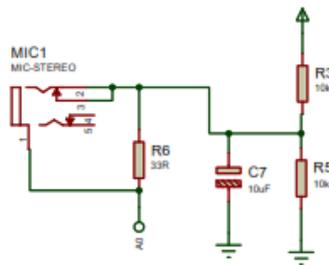


Figura 35 Diseño de pcb para sensores de frecuencia

SENSOR_ENCODER

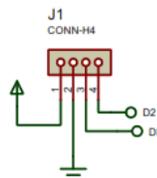


Figura 36 Diseño de pcb para sensores de velocidad encoder

4.8 DISEÑO DE ENTORNO EN PLATAFORMA DE GESTIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

El diseño del entorno o dashboard en ubidots se debe seguir los siguientes pasos:

- **Crear una cuenta en la plataforma ubidots**

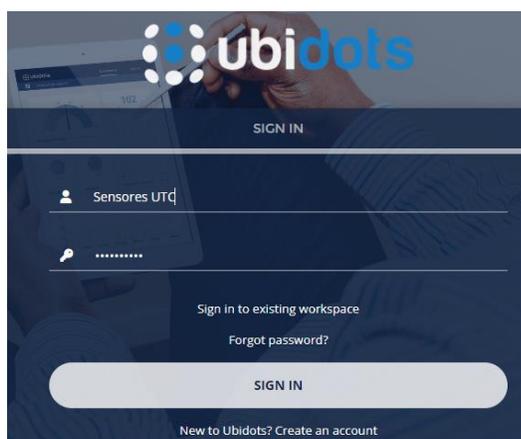


Figura 37 Pagina de inicio de la plataforma

- **Descargar librerías e integrarlas a Arduino IDE**

En la programación para el envío de datos se requiere tener ciertas librerías descargadas e instaladas para poder visualizar los datos en la plataforma ubidots

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Separador.h>
#include "Ubidots.h"
```

Figura 38 Integración de librerías en Arduino IDE

- **Integrar número de token dotado por la plataforma**

El token para Ubidots es una clave de acceso que se usa para autenticar y autorizar la conexión con la plataforma

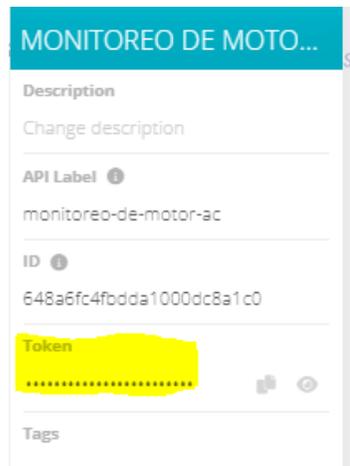


Figura 39 Token de integración en ubidots

- **Crear diseño de Paneles para visualizar datos**

El diseño de los paneles se diseña de manera que permitan visualizar las variables de manera correcta.

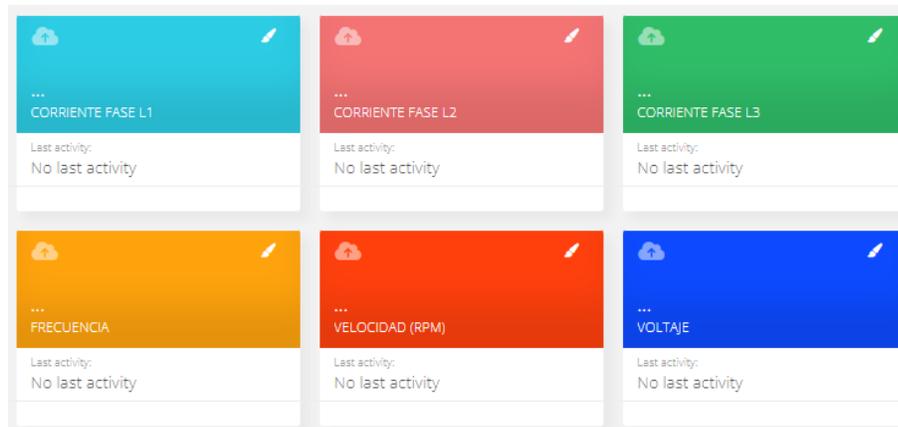


Figura 40 Entorno de monitoreo de la red de sensores para el motor AC

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1.1 Rango de funcionamiento de sensores

En la tabla 5.1 se detalla los rangos de funcionamiento basándose en los datasheet proporcionados por los fabricantes, de tal manera que se tenga presente para su correcta alimentación y rango de exposición

Tabla 5.1. Rango de funcionamiento de sensores

	voltaje	amperaje	Revolución/min
Sensor de voltaje	1 V	30 A	
Sensor corriente	1 V	30 A	
Sensor frecuencia	1 V	30 A	
Sensor velocidad	12 V		6000

5.1.2 Características del motor trifásicos

La figura 41 muestra la placa de identificación del motor la cual muestra las características específicas del mismo, entre las características más relevantes se tendrá la potencia nominal, voltaje, corriente, frecuencia, tipo de motor, factor de servicio, eficiencia, numero de polos, número y series del motor y datos del fabricante

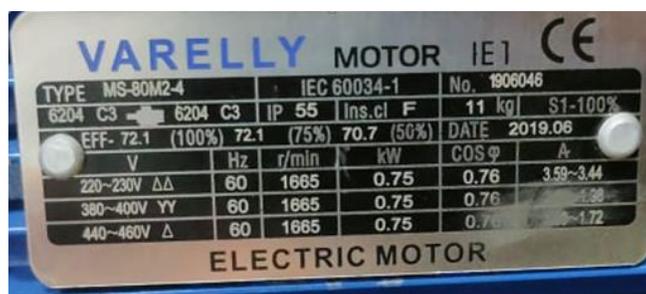


Figura 41 Placa de identificación del motor eléctrico

En la siguiente tabla se puede visualizar los parámetros con los cuales trabaja el motor

Tabla 5.2. Parámetros del motor

Parámetro	Valor	Unidad
voltaje	220-230	(V)
corriente	3,59 – 3,44	(A)
Revoluciones/min	1665	r/min
potencia	0,75	kW
torque	4,3	N.m

5.1.3 Análisis de transmisión de velocidad del motor con caja reductora

En el análisis del motor se realiza la medición de las RPM del mismo en condiciones de vacío sin carga para lo cual se usa como instrumento de medición un tacómetro con el cual obtiene los como resultado de 1782 revoluciones, las mismas que como muestra la figura 42 han sido tomadas en el eje del motor.



Figura 42 Dato de revoluciones del motor sin la caja reductora de velocidad

De igual manera como muestra la figura 43 se toma los datos de revolución en el eje del motor, pero del lado del acople de la caja reductora de velocidad



Figura 43 Dato de revoluciones del motor en la caja reductora de velocidad

Según los datos de revoluciones en el motor y en la caja reductora como lo muestran la imagen 42 y 43 se expone que el motor con la caja reductora ofrece una relación de transmisión de 60:1 dividiendo la velocidad de entrada con la velocidad de salida

5.1.4 Análisis de corriente y curvas de arranque en triángulo y estrella

En el análisis del arranque del motor se lo ha configurado en estrella y posterior en triángulo con la finalidad de verificar que las corrientes del motor cumplan el proceso de arranque para luego estabilizarse y como se aprecia en las imágenes 44, 45, la corriente en estrella es 3 veces menor que en triángulo

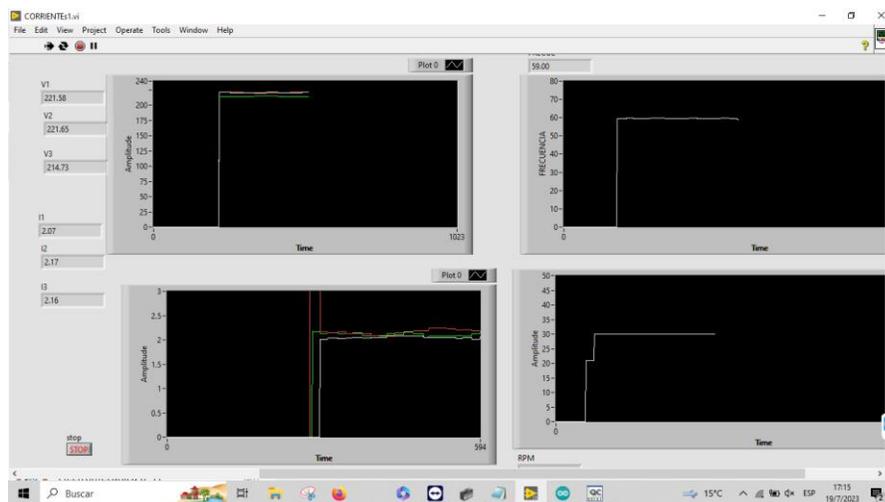


Figura 44 monitoreo de parámetros en el arranque del motor en triángulo

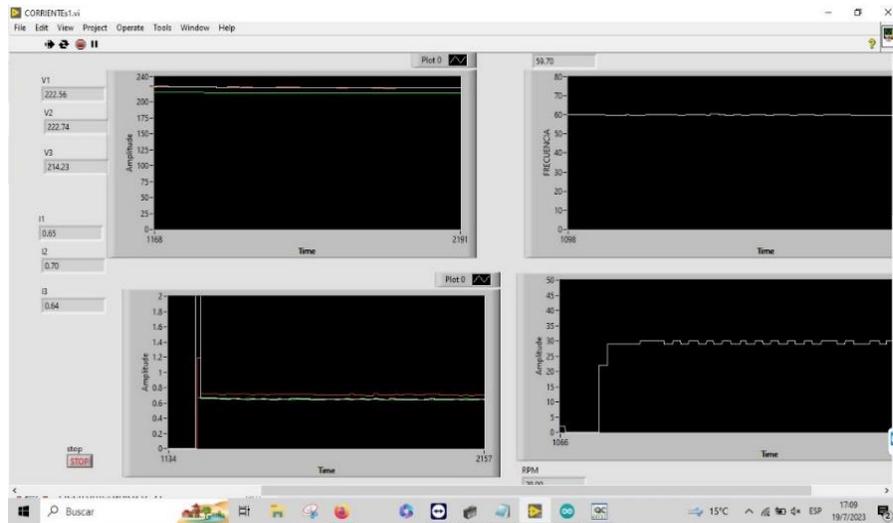


Figura 45 monitoreo de parámetros en el arranque del motor en estrella

En las figuras se muestra el entorno de adquisición de datos del proceso de arranque del motor desarrollado en LabView el cual en su parte izquierda se puede observar los valores de corriente y voltaje en forma numérica y en la parte derecha se muestra las diferentes gráficas, teniendo así la primera grafica superior izquierda los valores de voltajes de líneas, la superior derecho muestra el valor de la frecuencia, la inferior izquierda muestra el comportamiento de la corriente en el arranque del motor, y la inferior derecho muestra las revoluciones en la parte de la salida del motor.

Los datos que se visualiza en LabView y en ubidots han sido corroboradas mediante equipos de medición como se observa en la figura 46 con el uso del equipo de medición de voltaje voltímetro se comprueba que tenemos 212 y 213 v en la red eléctrica

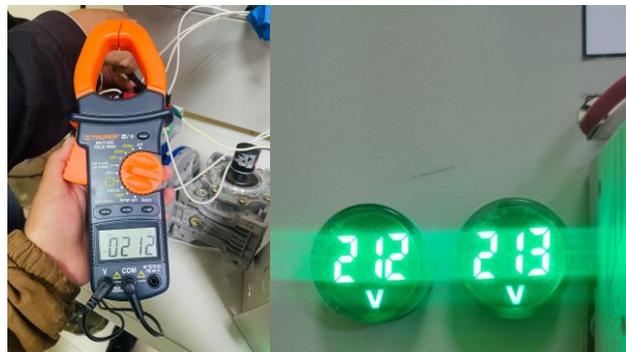


Figura 46 Medición del voltaje de línea con voltímetros externos al Sistema

De igual forma y ahora con la pinza amperimétrica se comprueba los valores de corriente en cada línea como se puede observar en la figura 47, dando como resultado valores muy similares al del registro del sistema de sensores.



Figura 47 Medición de la corriente de línea con pinza amperimetrica externa al Sistema

5.1.5 Análisis de los datos comunicados a la plataforma Ubidots

Las exportaciones de los parámetros eléctricos del motor se muestran en la figura 48, estos valores y presentación han sido diseñados a manera de acceder a la información de manera eficaz, cabe recalcar que en la figura se muestra el acceso desde una computadora, sin embargo, se lo puede realizar desde un dispositivo móvil Android, Apple o Tablet



Figura 48 Monitoreo de parámetros eléctricos del motor en la nube ubidots

5.1.6 Análisis de la base de datos archivo Excel

El sistema de monitoreo exporta un archivo en formato Excel el cual dota una base de datos de registro de los parámetros eléctricos en el arranque y funcionamiento del motor el mismo que posterior a su registro servirá para el análisis de los datos y toma de decisiones en caso de identificar anomalías, como se puede observar en la figura 48

Fecha:	Hora:	VOLTAJE V1	VOLTAJE V2	VOLTAJE V3	CORRIENTE I1	CORRIENTE I2	CORRIENTE I3
19/7/2023	14:58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/7/2023	14:58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/7/2023	14:58	214.02	212.19	215.86	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.03	212.20	215.87	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.04	212.21	215.88	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.05	212.22	215.89	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.06	212.23	215.90	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.07	212.24	215.91	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.08	212.25	215.92	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.09	212.26	215.93	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.10	212.27	215.94	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.11	212.28	215.95	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.12	212.29	215.96	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.13	212.30	215.97	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.14	212.31	215.98	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.14	212.31	215.86	2.29	2.32	2.19
19/7/2023	14:58	214.14	212.31	215.86	2.29	2.32	2.19

Figura 49 Base de datos de parámetros de funcionamiento del motor en excel

5.1.7 Análisis de los parámetros eléctricos del motor con el uso de un variador de frecuencia

En el análisis de con el uso de un variador de frecuencia se realiza para visualizar el comportamiento de los parámetros al momento que se varia el valor de la frecuencia entregada al motor, de tal manera se puede observar las siguientes imágenes

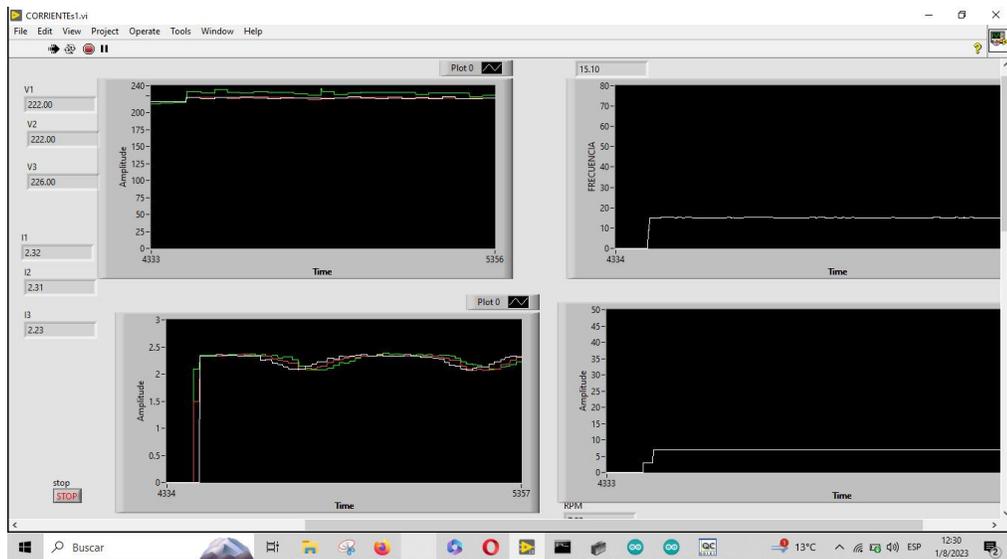


Figura 50 Curvas de los parámetros eléctricos con el uso de variador, seteados a 15Hz

De igual manera se usó un analizador de redes el cual nos dota de información sobre el comportamiento del voltaje en las líneas.



	L1	L2	L3
Dsc	0,05	0,41	0,36
Vrms (triangulo)	60,47	60,28	60,34
Vrms (estrella)	34,90	34,86	34,79
Vpk	90,8	90,1	90,8

Figura 51 Analizador de redes fluke conectado al Sistema con un seteo de 15Hz

De la misma manera y con el fin de ir verificando el comportamiento de los parámetros y el correcto monitoreo de los mismo se lo realizo con el seteo de 25Hz, 30Hz y 60Hz, obteniendo los siguientes resultados los mismos que se observan en las siguientes imágenes.

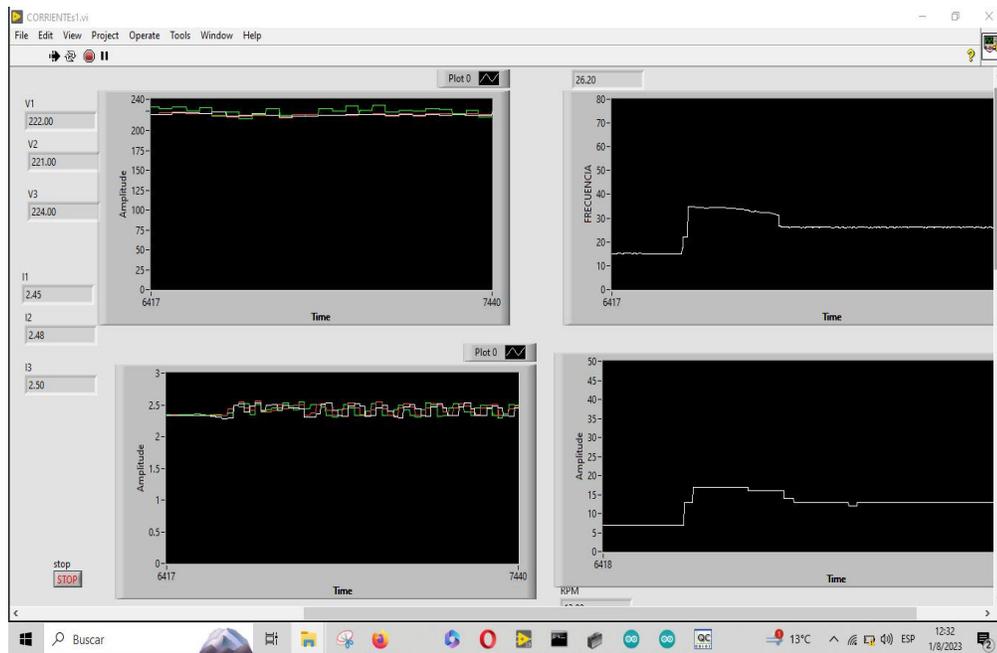


Figura 52 Curvas de los parámetros eléctricos con el uso de variador, setado a 25Hz



	L1	L2	L3
Dsc	0,05	0,41	0,36
Vrms (triangulo)	60,47	60,28	60,34
Vrms (estrella)	34,90	34,86	34,79
Vpk	90,8	90,1	90,8

Figura 53 Analizador de redes fluke conectado al Sistema con un seteo de 25Hz

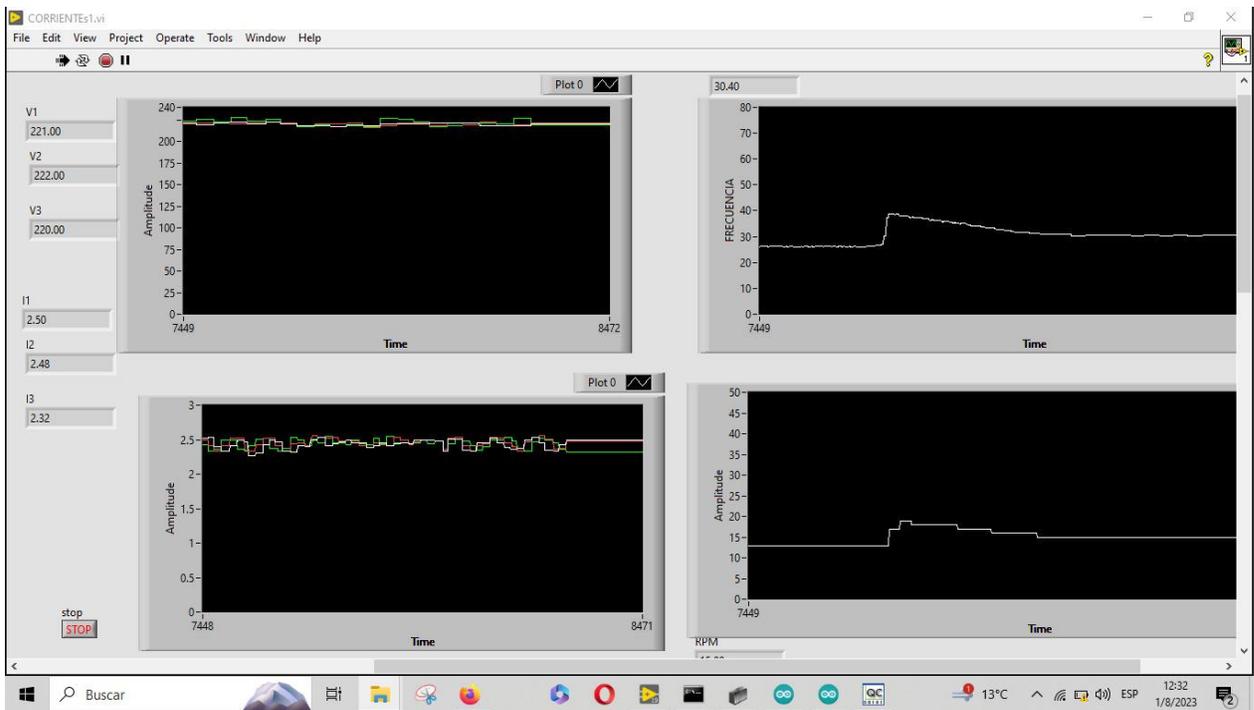


Figura 54 Curvas de los parámetros eléctricos con el usos de variador, seteado a 30Hz



	L1	L2	L3
Vrms (triangulo)	118,6	118,7	118,5
Vrms (estrella)	0,41	0,86	34,79
Arms	2,6	2,6	2,7
Apk	5,3	5,1	4,8

Figura 55 Analizador de redes fluke conectado al Sistema con un seteo de 30Hz

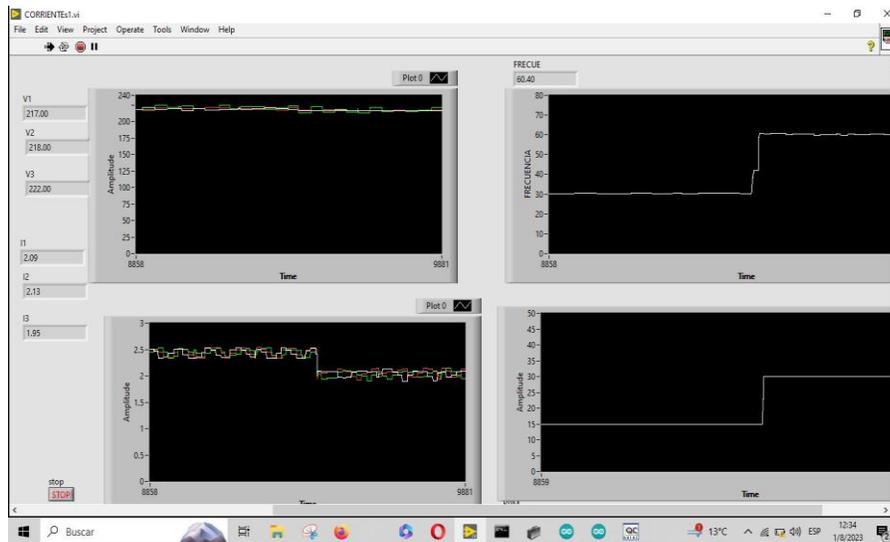


Figura 56 Curvas de los parámetros eléctricos con el usos de variador, seteados a 60Hz



	L1	L2	L3
Vdc	0,02	0,03	0,08
Vrms (triángulo)	200,08	200	200,5
Vrms (estrella)	121,88	120	129,02
Vpk	208,9	206,9	200,9

Figura 57 Analizador de redes fluke conectado al Sistema con un seteo de 60Hz

Con el uso del variador se pudo demostrar como el sistema de monitoreo del motor trifásico cambia sus parámetros permitiendo así tener un sistema de acceso a esta información desde lugares remotos.

5.1.8 Análisis de costos del proyecto

El análisis de costos se expone los costos directos e indirectos que se han tomado en cuenta y del cual se puede basarse para futuras implementaciones, los costos de fabricación se dividen en costos directos e indirectos con la finalidad de tener la precisión en su costo total.

5.1.8.1 Los costos directos:

Estos costos son identificados y cuantificados de manera directa, esto por su relación con la fabricación, entre los identificados se tienen los siguientes

- Materiales eléctricos
- Materiales electrónicos
- Mano de obra directa
- insumos directos utilizados
- Costes por software

En la siguiente tabla se describen los costos que se ha incurrido en este trabajo de tesis.

Tabla 5.3. Costos Directos del tablero de sensores inalámbricos para un motor trifásico

Tabla de costos			
material	cantidad	Precio unitario	Valor (USD)
Gabinete eléctrico	1	18,00	18,00
Disyuntor	1	8,00	8,00
Fuente de alimentación	1	17,00	17,00
Esp 8266	4	12,00	48,00
At mega328p	4	9,00	36,00
Step Up 12V 5a	4	7,00	28,00
Sensor de corriente Sct 013-030	4	14,00	56,00
Sensor de voltaje Ac Zmpt101b	3	9,80	29,40
Encoder E6b2-cwz3e	1	54,96	54,96
Electrónica menor	1	50,00	50,00
Mano de obra (3 días)	2	240	240
Total			585,36

5.1.8.2 Los costos indirectos

Estos gastos no podrán asignarse directamente, sin embargo, deben ser tomados en cuenta para alcanzar la precisión entre los identificados son

- Materiales indirectos
- Uso de instalaciones (talleres)
- Herramientas
- Transporte

En la siguiente tabla se describen los costos que se ha incurrido en este trabajo de tesis.

Tabla 5.4. Costos indirectos del tablero de sensores inalámbricos para un motor trifásico

Tabla de costos			
material	cantidad	Precio unitario	Valor (USD)
Cortes laser	1	20,00	20,00
Suscripción plataforma IoT	1	49,00	49,00
Herramientas	1	50,00	50,00
Transporte	2	10,00	20,00
Total			139,00

5.1.8.3 COSTO TOTAL DEL SISTEMA

El costo total del sistema se lo puede revisar en la siguiente tabla

Tabla 5.5. Costo total del tablero de sensores inalámbricos para un motor trifásico

TIPO DE COSTO	Valor (USD)
Directo	585,36
Indirecto	139,00
COSTO TOTAL	724,36

6 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

6.1 CONCLUSIONES

- Se ejecutó la red inalámbrica de sensores para el monitoreo de las variables eléctricas que intervienen en el arranque y funcionamiento de un motor trifásico, mediante interfaz gráfica y con integración de una plataforma IoT en la cual se pudo realizar el monitoreo desde la aplicación web.
- En el análisis de los parámetros eléctricos se determinó que el comportamiento de la corriente en estrella es 3 veces menor que en triángulo, pudiendo identificar que en estrella se obtuvieron datos de la corriente de 0,70 A en comparación de en triángulo que fue de 2,17A
- Al integrar el variador de frecuencia en el rango desde 20Hz hasta los 60Hz en el análisis se pudo determinar que la tasa de actualización de datos entre los sensores y la plataforma IoT es de 5 segundos
- Al trabajar en motor que cuenta con una caja reductora de velocidad se determinó que la relación de transmisión de velocidad es de 60-1 por lo cual cumple con datos brindados por los fabricantes.

6.2 RECOMENDACIONES

- La rapidez de envío y acceso a la información en la plataforma dependerá directamente de la calidad de la red de internet a la cual se acceda por ello se recomienda ubicar el dispositivo de monitoreo en distancias no mayores a 10m del router que brinda acceso a internet
- La presente investigación se desarrolló con el motor en vacío es decir sin cargas por lo cual en futuras investigaciones se podría realizar los análisis con diferentes cargas obteniendo así curvas de comportamiento de la corriente y curvas de arranques.
- Identificar de manera correcta todos los dispositivos para poder realizar una correcta integración entre la parte de las tarjetas recolectoras de datos con la plataforma y así evitar información incorrecta.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Eduardo, Globalización, innovación tecnológica, Venezuela: Spacio, 2018.
- [2] G. et al, "Design and Implementation of a Wireless Sensor Network for AC Motor Monitoring," IEEE International Conference on Industrial Technology, 2019.
- [3] R. B. ., S. M. Ana Gubbi, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," Future Generation Computer Systems,, 2013.
- [4] V. Pablo, *Diseño de un Sistema de sensores y gestión inteligente para el campus sur de la UPM*, Mexico, 2018.
- [5] W. Huacho, *Diseño de un módulo de control basado en plataforma IOT para el monitoreo de motores de inducción de baja potencia*, Universidad continental, 2022.
- [6] K. Ogata, Ingeniería de Control Moderna, Pearson, 2020.
- [7] N. B. A. C. y. L. V. Ana Zanella, "Internet of Things for Smart Cities", IEEE Internet of Things Journal, 2014.
- [8] Kurose, J. F., & Ross, K. W., Redes de Computadoras: Un Enfoque Descendente, Pearson Educación, 2015.
- [9] C. Hernández, "Redes de comunicación industrial para la automatización de sistemas en tiempo real y "Estudio comparativo de topologías de red en ambientes de red inalámbrica (WiFi)", Ciencia en Desarrollo,, Revista Tecnológica-EPISTEME, vol. 22, no. 1, 2020, pp. 1-9.R. Martínez-Valdés, 2016.
- [10] S.Javier, «Seguidores,» Conoce las Características de una Red LAN, , 12 Septiembre 2018. [En línea]. Available: [https://seguidores.online/caracteristicas-de-una-red-lan/\(2018\)](https://seguidores.online/caracteristicas-de-una-red-lan/(2018)). [Último acceso: 8 julio 2023].
- [11] «Palhua Patricia,» GoConqr, REDES WAN, 05 01 2022. [En línea]. Available: <https://www.goconqr.com/ficha/36962179/redes-wan>. [Último acceso: 25 08 2023].
- [12] Ramkord david, Pinterest, WIFI. Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. <https://www.pinterest.es/pin/545920786051308489/> (2017), [En línea].
- [13] Creative Commons, Configuración de Redes Inalámbricas, Observatorio tecnologico , <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/equipamiento-tecnologico/redes/261-jose-barrachina-bellver> , (2015), [En línea].
- [14] Ruge dan, topologias de red, Axess Networks, <https://axessnet.com/topologias-de-red/>, (2022).
- [15] Creative Commons, Configuración de Redes Inalámbricas, Observatorio tecnologico, <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/equipamiento-tecnologico/redes/261-jose-barrachina-bellver>, (2015).
- [16] Díaz, J., & Vázquez, J. L.. Sensores y acondicionadores de señal. Universidad de Extremadura. <http://frcu.utn.edu.ar/investigacion/cit2017/wpcontent/uploads/sites/55/2017/06/sensores.pdf> (2019).
- [17] Díaz, J., & Vázquez, J. L.. Sensores y señal. Universidad de Extremadura. Disponible <http://frcu.utn.edu.ar/investigacion/cit2017/wpcontent/uploads/sites/55/2017/06/sensores.pdf> (2017).

- [18] ELECTRO INDUSTRIA. (2017). Sistema de Monitoreo en línea. ELECTRO INDUSTRIA. Farina, A. L.. Motores eléctricos trifásicos: usos, componetes y funcionamiento. Hernández-Gutiérrez, J. (2018).
- [19] A., Rodríguez-Navarro, D., & Acosta, L. (2016). Diseño e implementación de una aplicación Android para controlar un robot móvil usando Bluetooth. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 29(1), 35-44..
- [20] Sierra-Sosa, D. (2017). Implementación de un sistema de control domótico basado en Zigbee. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 30(2),..
- [21] Bolado-López, V., & Olvera-Morales, S. Introducción a la teoría de motores eléctricos. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <http://www.cuautitlan.unam.mx/descargas/alumnos/cursos-introductorios/electricidad-y-electronica/introduccion->.
- [22] Sena, J. C. M., Motores Eléctricos: Accionamiento de máquinas. Alfa omega. (2017).
- [23] Serway, R. A., Jewett, J. W., & Solana, J. L. (2009). Física para ciencias e ingeniería (Vol. 2). Cengage Learning..
- [24] IEEE Std C37.48.1 - IEEE Guide for the Operation, Classification, Application, and Coordination of Current-Limiting Fuses with Rated Voltages 1-38 kV. (2002).
- [25] Gomez Espinoza, P. A. Análisis, diseño y simulación del comportamiento mecánico de un motor asíncrono trifásico. Cuenca. (2018)..
- [26] Cardillo Leonardo, Arrancador suave, arrancador progresivo o soft-starter, wordpress, <https://leocblog.wordpress.com/2018/01/04/arrancador-suave-arrancador-progresivo-o-soft-starter/>, 2018 .
- [27] M. D. Koretsky, D. Amatore, C. Barnes, and S. Kimura, "Enhancement of student learning in experimental design using a virtual laboratory," *IEEE Transactions on Education*, vol. 51, no. 1, pp. 76–85, <https://ieeexplore.ieee.org/document/4448426> 2008..
- [28] Foltz, R., & Du, Z. (2014). Life Estimation for AC Contactors in Smart Grid Switching Applications. 2014 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition - APEC 2014, Fort Worth, TX, USA. DOI: 10.1109/APEC.2014.6803680. Ghosh, S., Sharma, N., & Sam.
- [29] Ramesh, S. Advances in Motor Control and Drives. In: Sen, J., Chakrabarti, S., & Ahamed, N. (Eds.), *Soft Computing Techniques in Voltage Security Analysis*. Springer. (2017)..
- [30] F. A. Candelas-Herías, S. T. Puente Méndez, F. Torres, F. G. Ortiz Zamora, P. Gil, and J. Pomares, "A virtual laboratory for teaching robotics," <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/6232> (2022)..
- [31] LBA INDUSTRIAL, "¿Qué es? 4 tipos de encoder y su funcionamiento.", LBA Industrial, <https://www.lbaindustrial.com.mx/que-es-un-encoder/>, 2020.
- [32] Platform & workflow Guías de la BUMA at Universidad de Málaga. IEEE (2021).
- [33] Arduinoteam, Arduino Cloud widgets and data downloads get a design overhaul, <https://blog.arduino.cc/2021/09/16/arduino-cloud-widgets-and-data-downloads-get-a-design-overhaul/>, (2021).
- [34] Revelo Flores, C. E. Implementación de un sistema de adquisición de datos para el análisis del comportamiento de parámetros eléctricos en el arranque de un motor trifásico. (2017)..

- [35] Tobback Tom, ThingsBoard demo for Industruino Manage your Industruino devices with this open-source IoT platform, https://industruino.com/blog/our-news-1/post/thingsboard-demo-for-industruino-37#blog_content (2021).
- [36] Beloso Kelman, Electrónica en el IIE, Comunicación entre Particle Photon y aplicación Android desarrollada en App Inventor, (2023).
- [37] Musings, Setting up NodeRed, <https://blog.fuzzymistborn.com/setting-up-nodered/>, (2020).
- [38] PDAControl, Crear cuenta en plataforma IoT, <https://pdacontrolen.com/create-account-in-iot-platform-ubidots/>, (2018).

ANEXOS

ANEXOS I

INFORME ANTI PLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN



ANEXOS I

1/1

1. Informe anti plagio proyecto de titulación

Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería Electromecánica
Nombre del docente evaluador que emite el informe:	Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez
Documento evaluado:	Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniera electromecánica.
Autores del documento:	Espin Pallango Yessenia Cecibel Peña Reyes Karla Rosalia
Programa de similitud utilizado:	Sistema COMPILATION
Porcentaje de similitud según el programa utilizado:	1%
Observaciones: Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none">El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones.El documento no cumple criterios de originalidad.	-X-
Fecha de realización del informe:	14/08/2023

Captura de pantalla del documento analizado:

Tesis_Espin_Peña

Nombre del documento: Tesis_Espin_Peña.pdf
ID del documento: 32a876b42a4f8ca8cb7312c53a7e1f9ee0937b28
Tamaño del documento original: 2.19 MB

Depositante: LUIGI ORLANDO FREIRE MARTINEZ
Fecha de depósito: 14/8/2023
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 14/8/2023

Número de palabras: 10.101
Número de caracteres: 66.603

1%
Similitudes

7% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas
< 1% Idioma no reconocido

Ubicación de las similitudes en el documento:

Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez
Director de la Propuesta Tecnológica



ANEXOS I

2/2

2. Informe anti plagio proyecto de titulación dado de la aplicación



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
 registrar

Tesis_Espin_Peña

1% Similitudes

7% Texto entre comillas
 < 1% similitudes entre comillas
 < 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Tesis_Espin_Peña.pdf
 ID del documento: 26a876b42a7fca2cb7312c532a7ef71ee0927b28
 Tamaño del documento original: 2,19 MB

Depositante: LUIGI ORLANDO FREIRE MARTINEZ
 Fecha de depósito: 14/8/2023
 Tipo de carga: Interface
 fecha de fin de análisis: 14/8/2023

Número de palabras: 10.101
 Número de caracteres: 66.609

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuente principal detectada

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uao.edu.ec/ Implementación de un sistema de monitoreo remoto de v... https://repositorio.uao.edu.ec/handle/document/123456789 MBL 143 TRABAJO GRUPO.pdf	< 1%		Palabras idénticas < 1% (33 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.continental.edu.pe/ https://repositorio.continental.edu.pe/handle/document/123456789 MBL 143 TRABAJO GRUPO.pdf	< 1%		Palabras idénticas < 1% (25 palabras)
2	www.doi.org https://www.doi.org/10.1129/989817D.2008.081888	< 1%		Palabras idénticas < 1% (11 palabras)
3	www.plister.net.es How WDR Works Wireless networking, Wireless internet, Wire... https://www.plister.net.es/giv/543027803/308889/	< 1%		Palabras idénticas < 1% (11 palabras)
4	ruar.upv.es Diseño, Especificación, Validación y Aplicación de una Arquitectura ... https://ruar.upv.es/handle/document/123456789	< 1%		Palabras idénticas < 1% (10 palabras)

Fuente ignorada Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	para plagio.docx para plagio #03005 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	87%		Palabras idénticas 87% (8827 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://seguidores.onllo.com/caracteristicas-de-una-red-lan/2018/>
- <https://www.goconqr.com/ficha/86962179/redes-lan>
- <http://vacunostic.educacion.es/observatorio/web/es/equipamiento-tecnologico/edu0261-jose-barrachina>
- <http://laxen.net.com/topologia-de-red/>
- <http://frou.uta.edu.ar/investigacion/2017/rep-coment/upload/tbtes/55/201706/sensores.pdf>

ANEXOS II

FICHA TÉCNICA DEL MOTOR



ANEXO II

1 / 1

1. Ficha técnica del motor

1500/1800rpm, 4-pole, 50/60Hz, IP55

Type	Nominal Output 50Hz		Speed 50Hz Rpm	Rated current 50Hz in A			Power Factor 50Hz Cosφ 10%	Efficiency at 50Hz			Rated torque 50Hz Nm	Starting current	Starting torque	
	Frame Size	Kw		300V	600V	415V		Class	Load					
									100%	75%				50%
ALUMINIUM														
EML 80M1-4	80M	0.75	1441	1.79	1.7	1.64	0.77	IE3	82.9	82.9	80.1	4.94	6.3	2.8
EML 90S1-4	90S	1.1	1450	2.55	2.42	2.33	0.78	IE3	84.5	84.5	81.8	7.36	7.2	3
EML 90S2-4	90L	1.5	1449	3.4	3.23	3.11	0.78	IE3	85.6	85.6	83.2	9.83	7.4	3.2
EML 100L1-4	100L	2.2	1462	4.75	4.51	4.35	0.81	IE3	86.9	86.9	85.8	14.6	8	2.7
EML 100L2-4	100L	3	1460	6.28	5.97	5.75	0.83	IE3	87.8	87.8	87.3	19.5	8.1	2.9
EML 112M-4	112M	4	1459	8.36	7.94	7.65	0.82	IE3	88.7	88.7	88.2	26.9	8	2.7
EML 132S-4	132S	5.5	1470	11.4	10.8	10.4	0.82	IE3	89.6	89.6	89.6	36.4	6.9	2.2
EML 132M-4	132M	7.5	1467	15.2	14.4	13.9	0.83	IE3	90.4	90.4	90.4	48.6	6.8	2.3
EML 160M-4	160M	11	1476	21.7	20.7	19.9	0.84	IE3	91.4	91.4	91.4	72.4	7.3	2.4
EML 160L-4	160L	15	1476	29.2	27.8	26.8	0.85	IE3	92.1	92.1	92.1	96.5	7.5	2.5
CAST IRON														
EML 180M1-4	180M	18.5	1477	36.8	35	33.7	0.83	IE3	92.6	92.6	92.3	121	7.1	2.2
EML 180L1-4	180L	22	1478	43.8	41.6	40.1	0.82	IE3	93	93	92.7	145	7.5	2.4
EML 200L1-4	200L	30	1482	57.1	54.2	52.3	0.85	IE3	93.6	93.6	93.5	192	8	2.6
EML 225S-4	225S	37	1483	70.8	67.2	64.8	0.85	IE3	93.9	93.9	93.8	240	7.1	2.2
EML 225M-4	225M	45	1484	85	80.7	77.8	0.85	IE3	94.2	94.2	94.2	288	7.5	2.4
EML 250M-4	250M	55	1488	103	97.7	94.2	0.86	IE3	94.6	94.6	94.2	359	7.1	2
EML 280S-4	280S	75	1489	137	130	126	0.87	IE3	95	95	94.2	478	6.3	2.1
EML 280M-4	280M	90	1489	163	155	149	0.88	IE3	95.2	95.2	94.8	574	6.1	2
EML 315S-4	315S	110	1489	204	194	187	0.86	IE3	95.5	95.5	94.7	717	7.1	2
EML 315M-4	315M	132	1489	243	231	223	0.86	IE3	95.6	95.6	95	837	7.3	2.1
EML 315L1-4	315L	160	1489	290	275	265	0.88	IE3	95.9	95.9	95.4	1028	7.3	2.2
EML 315L2-4	315L	200	1489	363	345	332	0.87	IE3	96	96	95.5	1291	7.2	2.2
EML 355M-4	355M	250	1491	446	424	408	0.89	IE3	96	96	96	1600	7.1	1.9
EML 355L1-4	355L	315	1491	557	529	510	0.9	IE3	96	96	96	2030	7.1	1.9
EML 355L2-4	355L	355	1491	629	598	576	0.89	IE3	96	96	96	2268	7.2	2
EML 355L3-4	355L	375	1491	663	630	607	0.9	IE3	96	96	96	2403	6.8	1.9

ANEXOS III

PROGRAMACIÓN SENSORES



1. Programación sensores corriente

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Separador.h>
#include "Ubidots.h"
SoftwareSerial espSerial(4, 5);
#define TOKEN "BBFF-0F08dwH5LHXAOKdiFT4Pl0qsy1d1UF"
#define WIFISSID "NETLIFE DELTA" //CAMBIAR NOMBRE DE LA RED
#define PASSWORD "deltaT12344199044" //CLAVE DE LA RED
#define DEVICE "Amperimetro"
#define ID_IL1 "I11"
#define ID_IL2 "I12"
#define ID_IL3 "I13"
uint32_t t0;
uint32_t t1;
uint32_t tiempo_envio = 5000;
String temps;
char inputString1[ 500 ];
uint8_t index1 = 0;
Separador s;
String dt1;
String dt2;
String dt3;
float I1=0;
float I2=0;
float I3=0;
float I1n=0;
float I12n=0;
float I13n=0;
```

```

Ubidots client(TOKEN);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  espSerial.begin(9600);
  client.wifiConnect(WIFISSID, PASSWORD);
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  while (espSerial.available() > 0) {
    char inChar = (char) espSerial.read();
    inputString1[ index1++ ] = inChar;
    if (inChar == '\n') {
      inputString1[ index1 ] = 0;
      index1 = 0;
      Serial.print( inputString1);
    }
  }
  delay(100);
  dt1 = s.separa(inputString1, ';', 0);
  dt2 = s.separa(inputString1, ';', 1);
  dt3 = s.separa(inputString1, ';', 2);
  byte prevPos1 = dt1.indexOf(';');
  byte prevPos2 = dt2.indexOf(';');
  byte prevPos3 = dt3.indexOf(';');
  dt1.remove(prevPos1);
  dt2.remove(prevPos2);
  dt3.remove(prevPos3);
  I1 = dt1.toFloat();
  I2 = dt2.toFloat();
  I3 = dt3.toFloat();
  pinMode(LED_BUILTIN, HIGH);
  if ( millis() - t0 >= tiempo_envio ) {
    pinMode(LED_BUILTIN, LOW);
    client.add(ID_IL1 ,I1);
    client.add(ID_IL2 ,I2);
    client.add(ID_IL3 ,I3);
    client.send(DEVICE);
    t0 = millis();
  }
}

```



2. Programación sensores velocidad

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Separador.h>
#include "Ubidots.h"
SoftwareSerial espSerial(4, 5);
#define TOKEN "BBFF-0F08dwH5LHXAOKdiFT4Pl0qsy1d1UF"
#define WIFISSID "NETLIFE DELTA" //CAMBIAR NOMBRE DE LA RED
#define PASSWORD "deltaT12344199044" //CLAVE DE LA RED
#define DEVICE "encoder"
#define ID_RPM "rmp"
uint32_t t0;
uint32_t t1;
uint32_t tiempo_envio = 5000;
String temps;
char inputString1[ 500 ];
uint8_t index1 = 0;
Separador s;
String dt1;
String dt2;
float fr=0;
float rpm=0;
Ubidots client(TOKEN);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  espSerial.begin(9600);
  client.wifiConnect(WIFISSID, PASSWORD);
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  t0 = millis();
```

```

}
void loop()
{
  while (espSerial.available() > 0) {
    char inChar = (char) espSerial.read();
    inputString1[ index1++ ] = inChar;
    if (inChar == '\n') {
      inputString1[ index1 ] = 0;
      index1 = 0;
      Serial.print( inputString1);
    }
  }
  delay(100);
  dt1 = s.separa(inputString1, ';', 0);
  dt2 = s.separa(inputString1, ';', 1);

  byte prevPos1 = dt1.indexOf(';');
  byte prevPos2 = dt2.indexOf(';');
  dt1.remove(prevPos1);
  dt2.remove(prevPos2);
  rpm = dt1.toFloat();
  pinMode(LED_BUILTIN, HIGH);
  if ( millis() - t0 >= tiempo_envio ) {
    pinMode(LED_BUILTIN, LOW);
    client.add(ID_RPM , rpm);
    client.send(DEVICE) ;
    t0 = millis();
  }
}
}

```



3. Programación sensores de voltaje

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Separador.h>
#include "Ubidots.h"
SoftwareSerial espSerial(4, 5);
#define TOKEN "BBFF-OF08dwH5LHXAOKdiFT4Pl0qsy1d1UF"
#define WIFISSID "NETLIFE DELTA" //CAMBIAR NOMBRE DE LA RED
#define PASSWORD "deltaT12344199044" //CLAVE DE LA RED
#define DEVICE "frecuencia"
#define ID_FRECUENCIA "frec"
#define ID_PERIODO "pr"
uint32_t t0;
uint32_t t1;
uint32_t tiempo_envio = 5000;
String temps;
char inputString1[ 500 ];
uint8_t index1 = 0;
Separador s;
String dt1;
String dt2;
float fr=0;
float pr=0;
Ubidots client(TOKEN);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  espSerial.begin(9600);
  client.wifiConnect(WIFISSID, PASSWORD);
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  t1 = millis();
```

```

}
void loop()
{
  while (espSerial.available() > 0) {
    char inChar = (char) espSerial.read();
    inputString1[ index1++ ] = inChar;
    if (inChar == '\n') {
      inputString1[ index1 ] = 0;
      index1 = 0;
      Serial.print( inputString1);
    }
  }
}

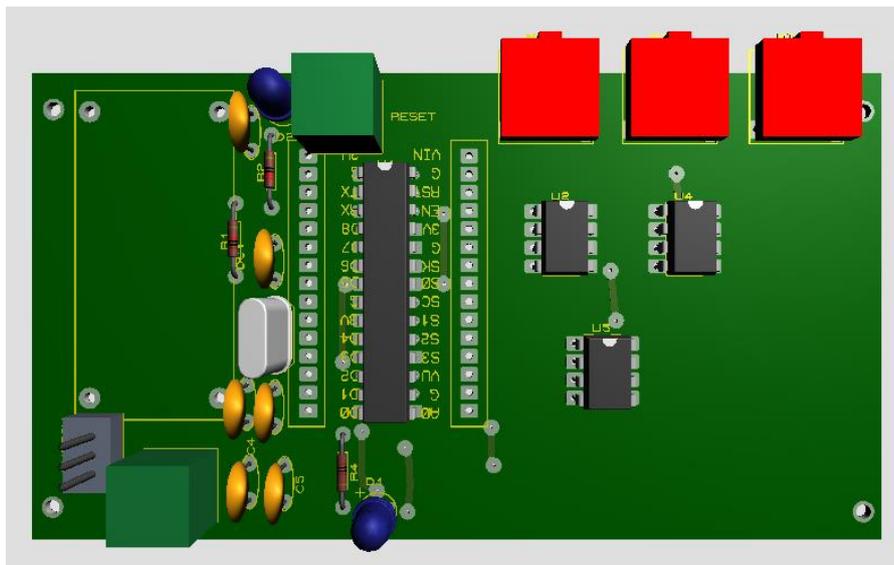
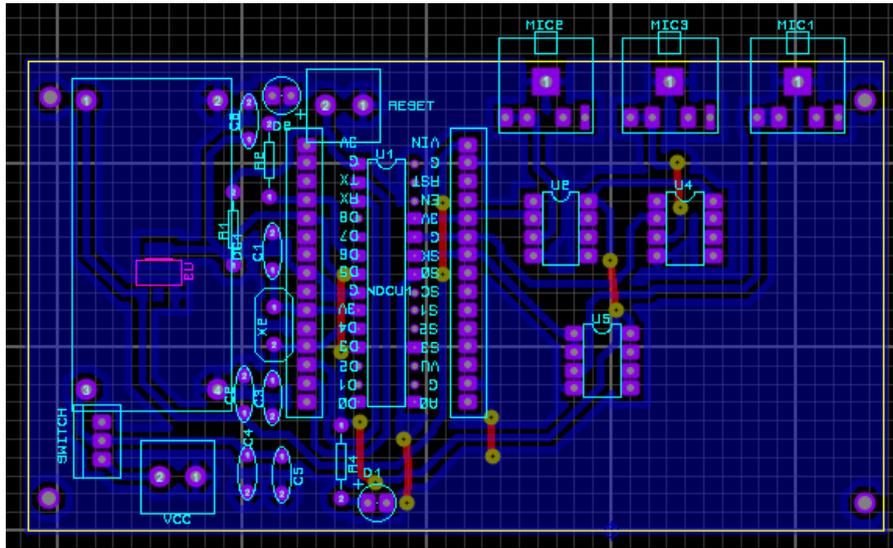
delay(100);
dt1 = s.separa(inputString1, ';', 0);
dt2 = s.separa(inputString1, ';', 1);
byte prevPos1 = dt1.indexOf(';');
byte prevPos2 = dt2.indexOf(';');
dt1.remove(prevPos1);
dt2.remove(prevPos2);
pr = dt1.toFloat();
fr = dt2.toFloat();
pinMode(LED_BUILTIN, HIGH);
if ( millis() - t0 >= tiempo_envio ) {
  pinMode(LED_BUILTIN, LOW);
  client.add(ID_FRECUENCIA , fr);
  client.add( ID_PERIODO, pr);
  client.send(DEVICE);
  t0 = millis();
}
}

```

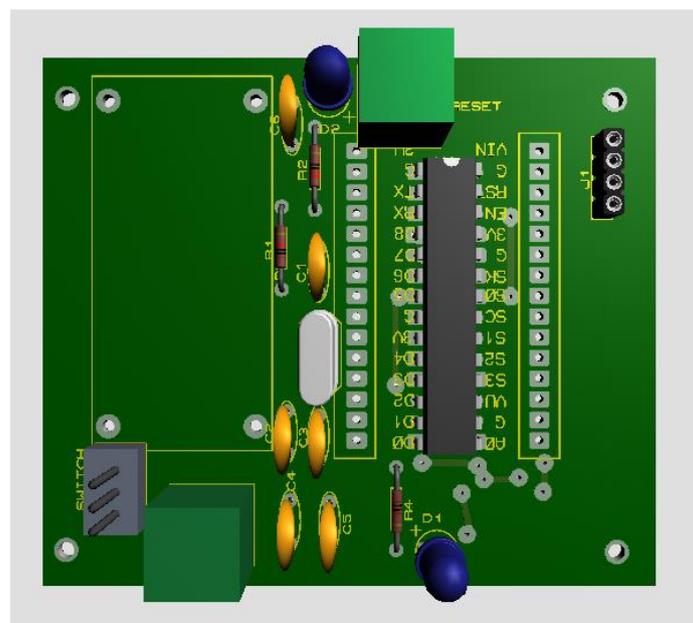
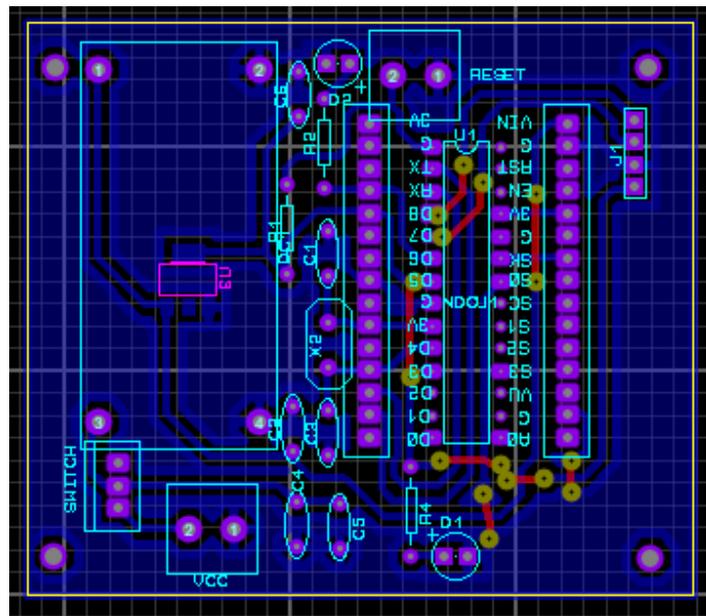
ANEXOS IV

DISEÑO DE PCB DE LAS TARJETA

1. Diseño de PCB de la tarjeta de corriente



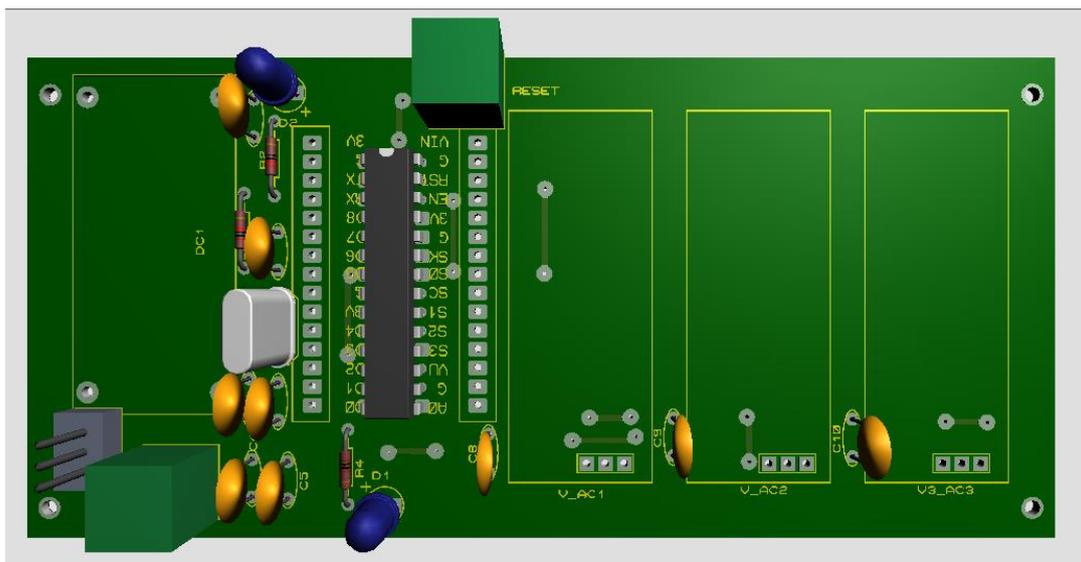
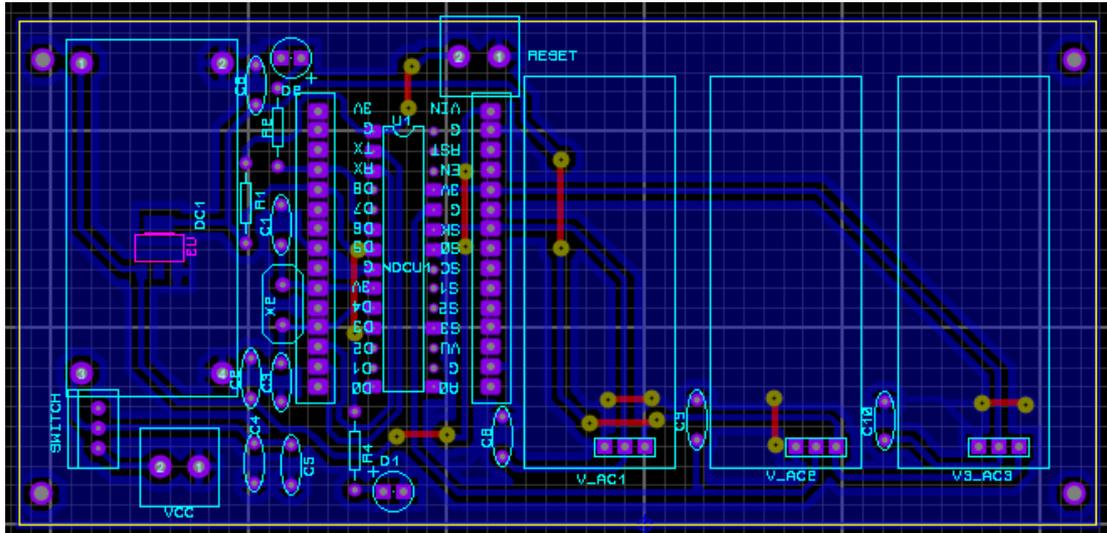
2. Diseño de PCB de la tarjeta de velocidad



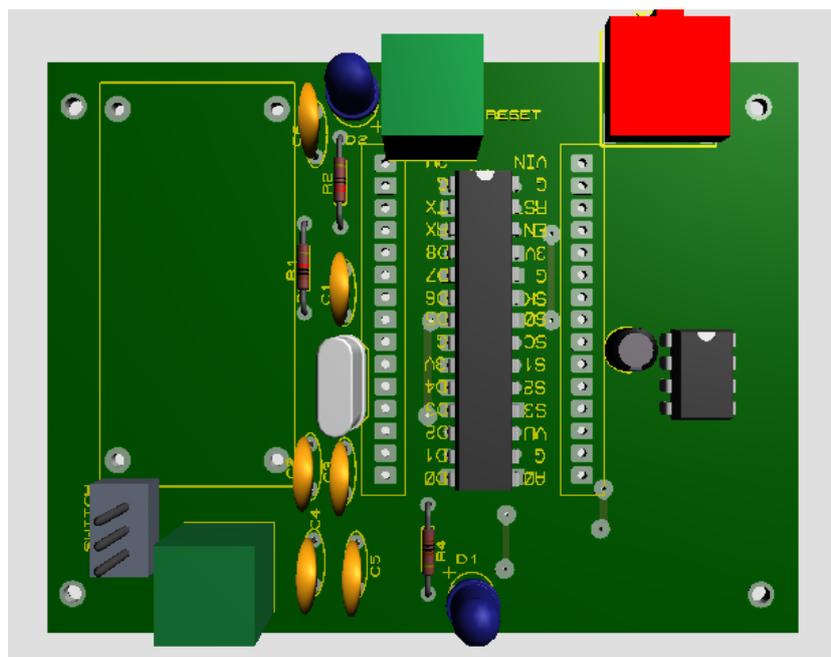
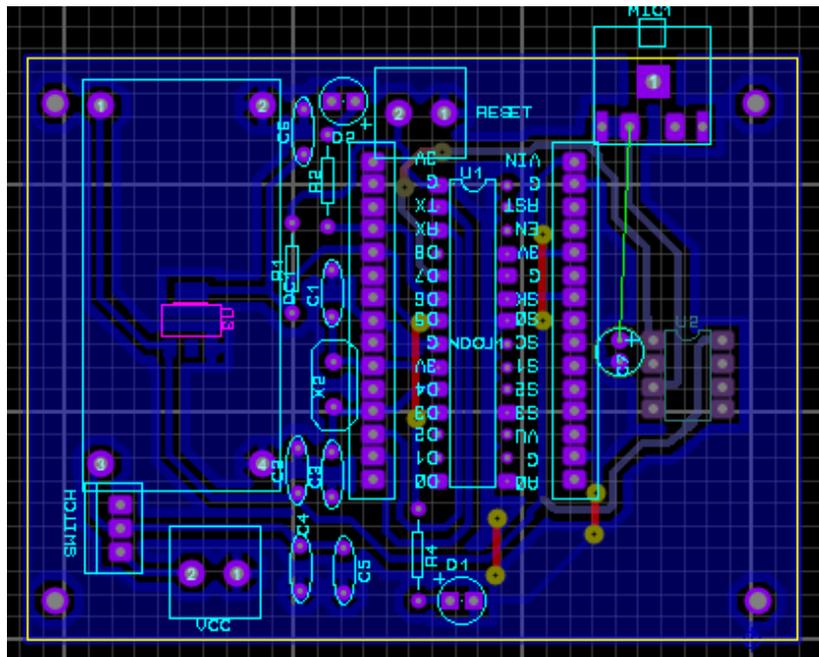
ANEXO IV

3/4

3. Diseño de PCB de la tarjeta de voltaje



4. Diseño de PCB de la tarjeta de frecuencia



ANEXOS V

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Manual de uso y mantenimiento del tablero de sensores inalámbricos para el monitoreo de parámetros eléctricos de un motor trifásico con conexión a la nube IoT



Introducción y descripción general:

El presente manual tiene por objetivo proporcionar información sobre el uso y mantenimiento del tablero de sensores inalámbricos para el monitoreo de los parámetros eléctricos de un motor trifásico, este tablero consta de diferentes sensores para velocidad, corriente, voltaje y frecuencia, los mismos están acoplados a tarjetas de recolección análisis, y procesamiento de datos proporcionados por los sensores, para la exportación de los datos de manera inalámbrica para su visualización en la plataforma IoT de Ubidots

Especificaciones técnicas:

El tablero de sensores inalámbricos está diseñado para monitorear y registrar datos críticos en el arranque y funcionamiento del motor trifásico a manera que proporciona información que puede ser usada para mantenimientos preventivos de los motores para

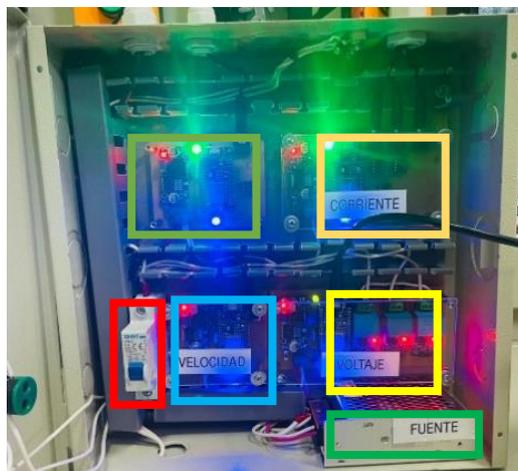
cumplir con este propósito se ha implementado 4 tarjetas electrónicas de adquisición de datos, las tarjetas electrónicas implementadas son las siguientes.

- a) Tarjeta de Sensor de Voltaje: Mide el voltaje de las fases del motor.
- b) Tarjeta de Sensor de Frecuencia: Monitorea la frecuencia de operación del motor.
- c) Tarjeta de Sensor de Corriente: Detecta y registra la corriente del motor en tiempo real.
- d) Tarjeta de Sensor de Velocidad: Mide la velocidad de rotación del motor.

En la parte de alimentación y protección del tablero se han implementado los siguientes elementos

- e) Disyuntor
- f) Fuente de voltajes

En la siguiente imagen se podrá identificar las diferentes tarjetas electrónicas y el resto de elementos de protección.



Tarjetas electrónicas de:

- Frecuencia
- Corriente
- Breaker
- Velocidad
- Voltaje
- Fuente DC

Figura 1 Distribución de elementos en el tablero de sensores.

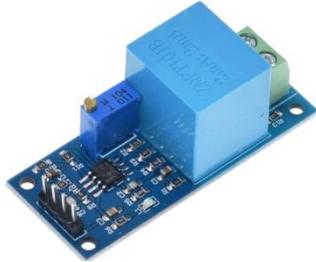
En la siguiente table se expone las especificaciones de los elementos usados en el tablero de sensores.



- Modelo: SCT-013-030
- Rango de sensado de corriente: 0-30A RMS(AC)
- Rango de salida analógica (voltaje): 0-1V RMS (proporcional a la corriente a medir)
- Sensibilidad: 1V/30A
- No linealidad: $\pm 1\%$
- Resistencia (RL): 62Ω
- Ratio: 1800:1
- Grado de Resistencia: Grade B
- Temperatura de operación: $-25^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$
- Fuerza dieléctrica (entre la carcasa y la salida): 1000V AC/1min 5mA
- Diámetro del cable conductor: 12mm máx.
- Dimensiones empaque: 80*63*26 mm
- Dimensiones sensor: 57*32*21 mm
- Longitud del cable: 1m
- Peso: 73 gramos



- 360 p/r (360 pulsos monofásicos/R, frecuencia de dos fases 4 que se duplica a 1440 pulsos).
- Tamaño del codificador: 38 x 35.5mm/1.49" x 1.39"
- Eje: 6 x 13 mm/0.23" x 0.51"
- Plataforma de tope del eje: alto 0.197 in, 0.787 in
- Fuente de alimentación: CC 5-24 V.
- Velocidad mecánica máxima: 5000 R / min
- Frecuencia de respuesta: 0-20 KHz.
- Salida: circuito de pulso ortogonal rectangular de salida de 2 fas

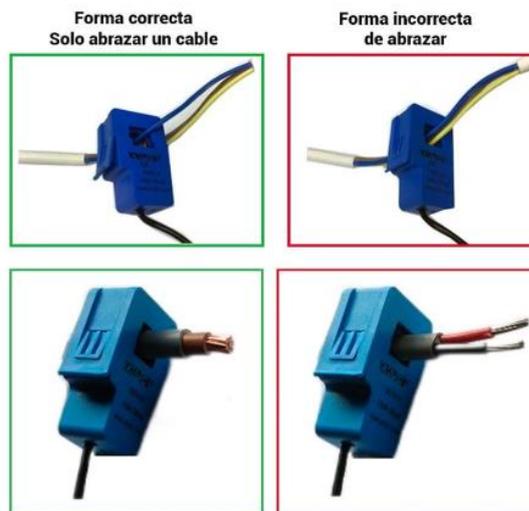


- Voltaje De alimentación: 5V – 30V DC
- Voltaje Alterno de entrada máx: 250V AC
- Voltaje Alterno de salida máx.: 5V AC
- Señal de Salida: Analógica Senoidal
- Dimensiones: 51.7 mm x 21.6 mm
- Corriente nominal de entrada y salida: 2mA
- Ratio entrada-salida 1000:1000
- Voltaje de suministro: 5 VCD
- Diferencia de fase: <math><30^\circ</math> (a 50ohm)
- Rango lineal: 0-3mA (a 50ohm)
- Linealidad: 1%
- Precisión: 0.2%
- Aislamiento eléctrico entrada: hasta 3000V

Instalación:

Antes de la instalación del sistema de sensores en el motor trifásico verifique que el motor se encuentre apagado y desconectado del sistema de alimentación, y siga los siguientes pasos

1. Busque una ubicación segura, evitando zonas de caídas de fluidos, de exposición a la humedad o de temperaturas extremas.
2. Conecte los sensores de manera correcta y según su utilidad.
 - El sensor de corriente a las 3 fases de alimentación del motor, tomando en cuenta la siguiente imagen



- El sensor de frecuencia a una de las fases o a su vez directamente a una línea de alimentación,

- El sensor de velocidad se acoplará al motor de manera suave sin hacer presión verificando que los prisioneros se encuentren sueltos.
 - Los sensores de voltaje serán conectados a las líneas de alimentación del motor
3. Se establecerá las conexiones del motor según si se puede o no acceder a los bornes del motor
 4. Alimentar al tablero de sensores y verificar su encendido, luego encender el motor
 5. Verificar que los sensores estén recopilando la información en la plataforma de monitoreo Ubidots

Uso del sistema:

- a) Luego de ubicar el tablero en una posición buena para su funcionamiento se procederá a conectar los sensores en el sistema del motor trifásico

Sensor de velocidad
De velocidad



Sensores de
frecuencia y corriente



Conexión total del tablero de sensores inalámbricos



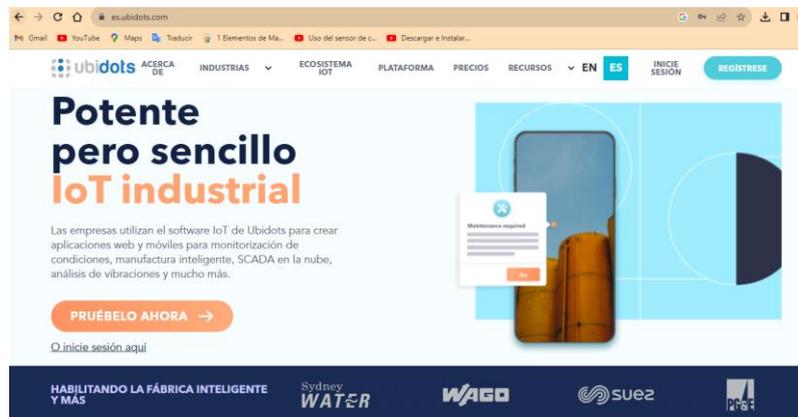
- b) Selector de Encendido y Apagado: Utilice el interruptor para encender o apagar el tablero y los sensores. Asegúrese de apagar el tablero cuando no esté en uso para conservar la energía y prolongar la vida útil del equipo.
- c) Luz Piloto: La luz piloto indicará si el tablero está encendido o apagado. Si la luz está encendida, el tablero está activo y los sensores están funcionando.



- d) **Monitoreo en la Nube IoT:** Acceda a la plataforma de monitoreo en la nube para visualizar los datos en tiempo real y analizar el rendimiento del motor. Siga las instrucciones proporcionadas para iniciar sesión en la plataforma y visualizar los datos de manera efectiva.



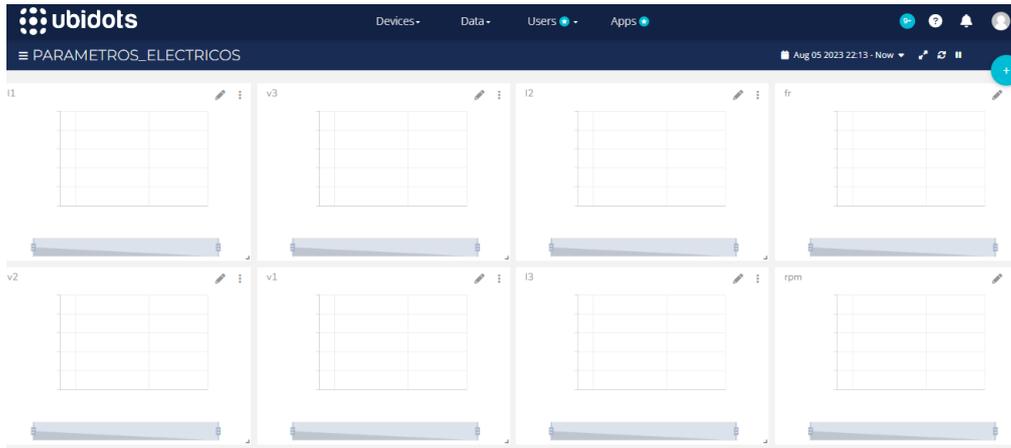
- Para el acceso a la plataforma se ingresa desde el navegador a www.ubidots.com



- Posterior al ingreso a la web se procede a ingresar el usuario y contraseña

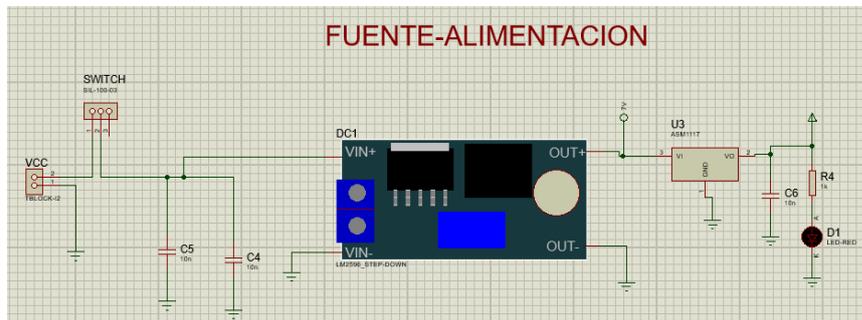


- Luego de esto ya se tiene el acceso al entorno de visualización

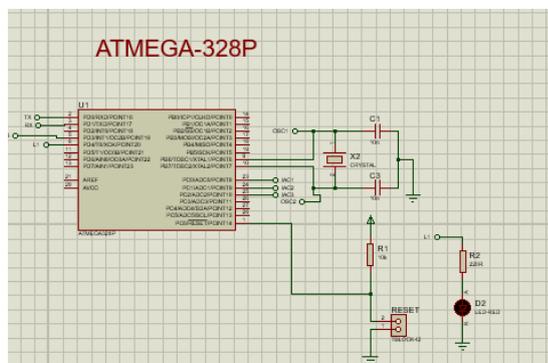


Diagramas y esquemas eléctricos de conexión

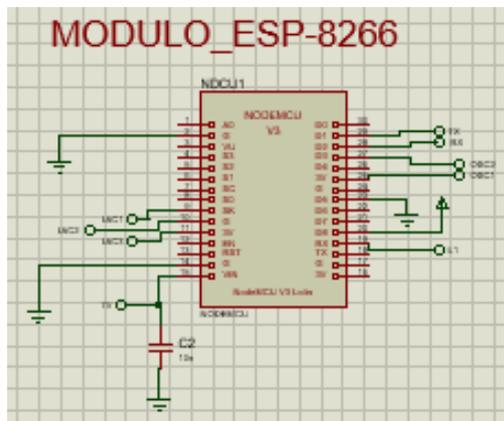
a) Fuente de alimentación



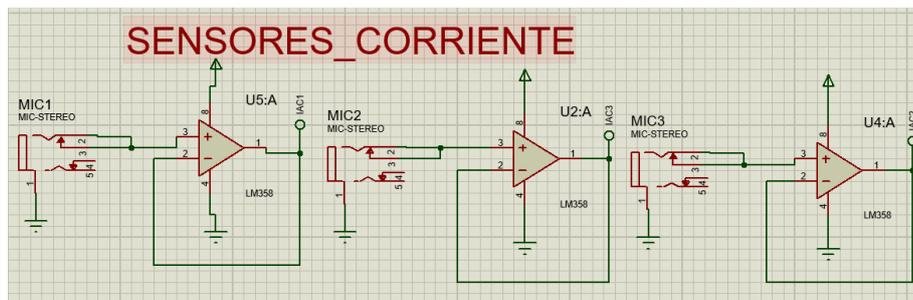
b) Atmega-328P



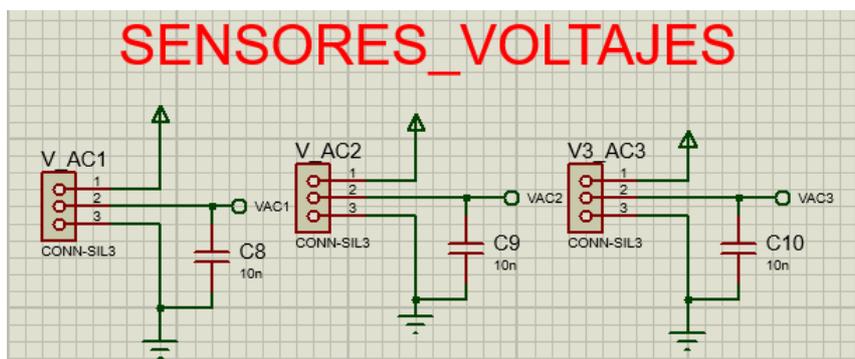
c) **Módulo ESP-8266**



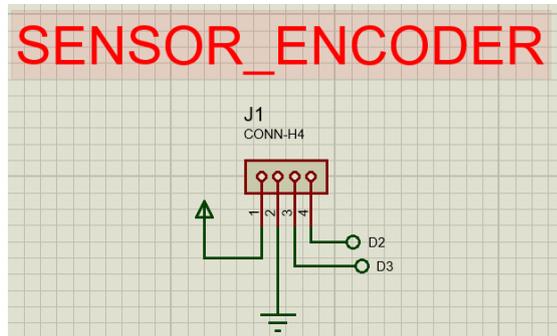
d) **Sensor de corriente**



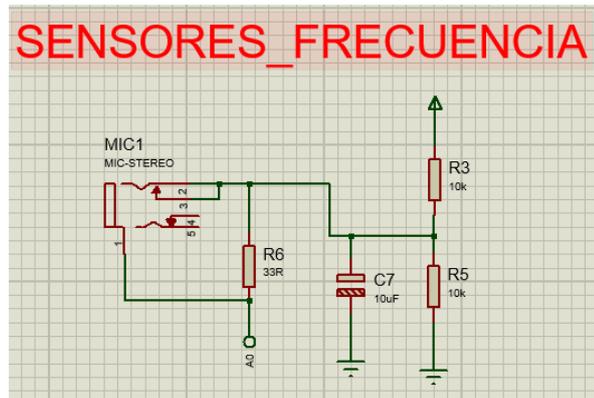
e) **Sensor de voltaje**



f) Sensor de velocidad



g) Sensor de frecuencia



Mantenimiento preventivo:

- a) Para garantizar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil del tablero y los sensores, se recomienda realizar mantenimiento preventivo regularmente:
- b) Limpieza: Limpie el tablero y los sensores utilizando un paño suave y seco para eliminar el polvo y la suciedad, o a su vez opte por usar un soplete de aire seco, no use agua en las tarjetas
- c) Verificación de Conexiones: Verifique periódicamente las conexiones para asegurarse de que estén firmes y libres de corrosión, así como los cables de los sensores y alimentación pudiendo detectar fallos.

Resolución de problemas:

- a) Verificar que la señal de internet sea la adecuada para que la transmisión de datos sea correcta

- b) Verificar los usuarios y contraseñas para la plataforma Ubidots y guardarlos para garantizar un acceso adecuado
- c) Si alguno de los sensores dejara de transmitir, se recomienda apagarlo del selector y desconectar de la alimentación para verificar que la conexión de los mismos esté den manera adecuada
- d) Si el sistema no encendiera, se recomienda verificar si el disyuntor se encuentra en posición de encendido, no estar se recomienda cambiar de posición, si esta estuviera en la posición de fallo se recomienda desconectar y verificar que las conexiones sean las correctas y que no exista cables u objetos que estén influyendo en un cortocircuito en las placas o los sensores.

Seguridad:

- a) No realice ninguna manipulación del tablero mientras el motor o el tablero esté en funcionamiento.
- b) No manipule los sensores ni las tarjetas electrónicas con las manos mojadas o en presencia de líquidos.
- c) Desconecte el tablero de la fuente de alimentación antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento.

Parámetros para uso del tablero de sensores inalámbricos

En este apartado se brindan los valores específicos de los valores máximos que puede manejar el sistema para toma de información correcta evitar daños, se recomienda seguir estos parámetros para minimizar los riegos o errores.

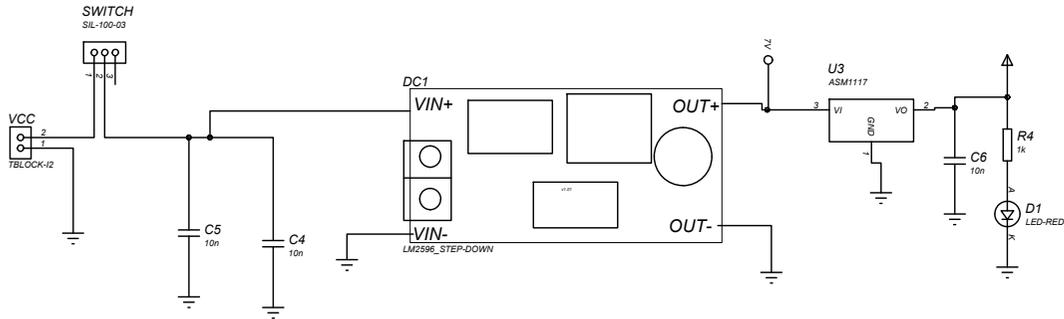
	voltaje	amperaje	Revolución/min
Sensor de voltaje	1 V	30 A	
Sensor corriente	1 V	30 A	
Sensor frecuencia	1 V	30 A	
Sensor velocidad	12 V		6000
Motor	220 v	30 A	6000

El valor máximo de hp que puede manejar este sistema será de 12hp por lo cual se recomienda no sobrepasar este valor que ha sido identificado mediante fórmulas, en caso de sobrepasar este valor se puede dar errores en la lectura de los sensores o incluso fallas en el sistema

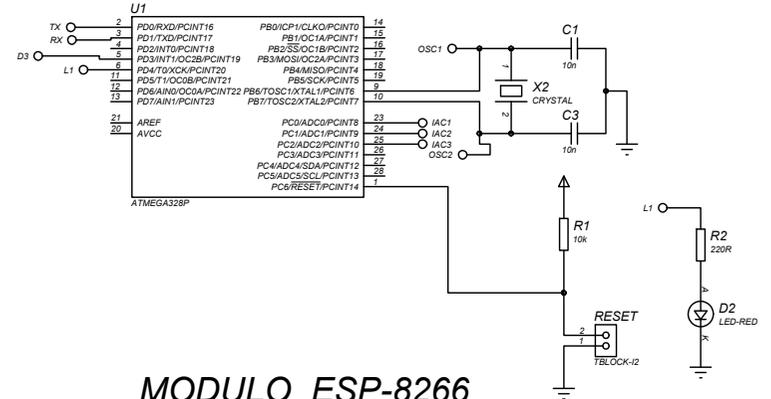
ANEXOS VI

DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

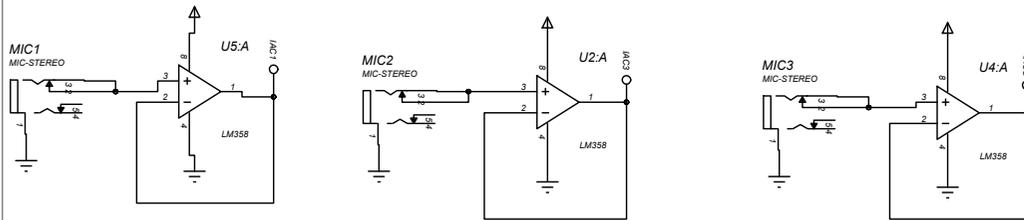
FUENTE-ALIMENTACIÓN



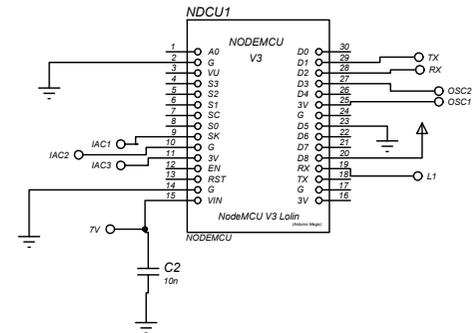
ATMEGA-328P



SENSORES_CORRIENTE

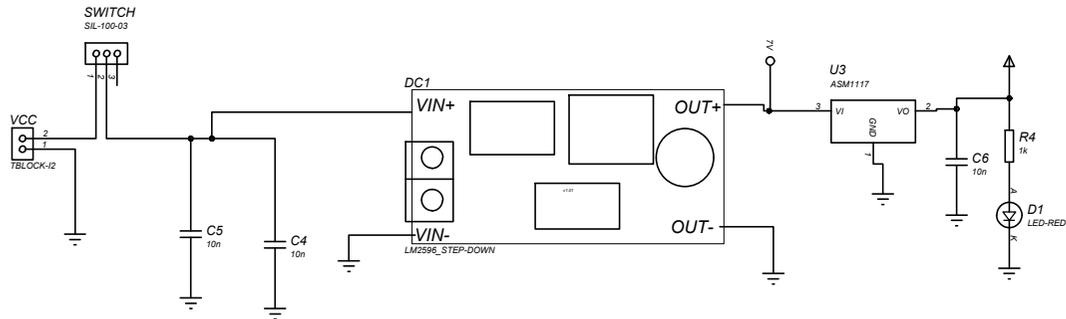


MODULO_ESP-8266

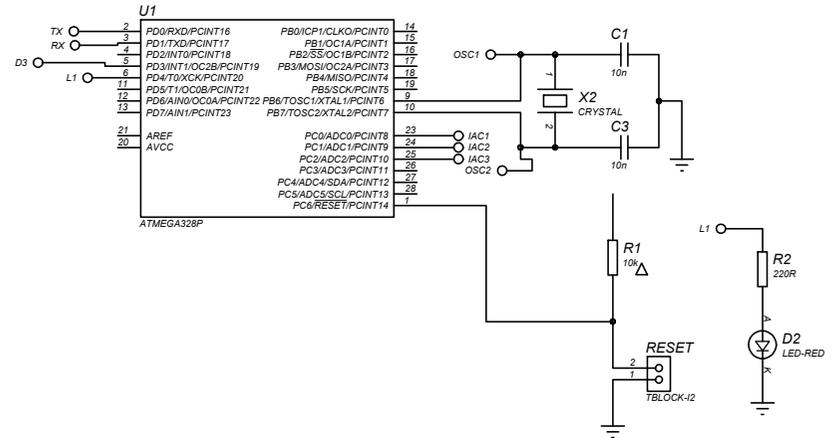


		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:		Nombres:		Proyecto:	Denominación:
Dibujó:	26/07/2023	Karla Rosalia Peña Reyes Yessenia Cecibel Espin Pillango		Desarrollo de red local de sensores inalámbricos	Circuito sensor de corriente
Revisó:					
Aprobó:					
Formato:	A4	Escala:	1:1	N° Diagrama:	1
				Código de diagrama:	UTC - DRLS - 01

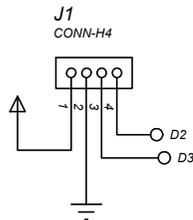
FUENTE-ALIMENTACION



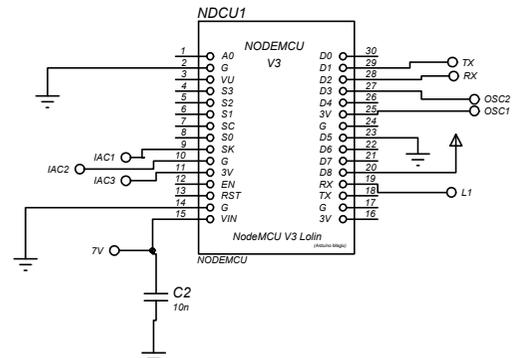
ATMEGA-328P



SENSOR ENCODER

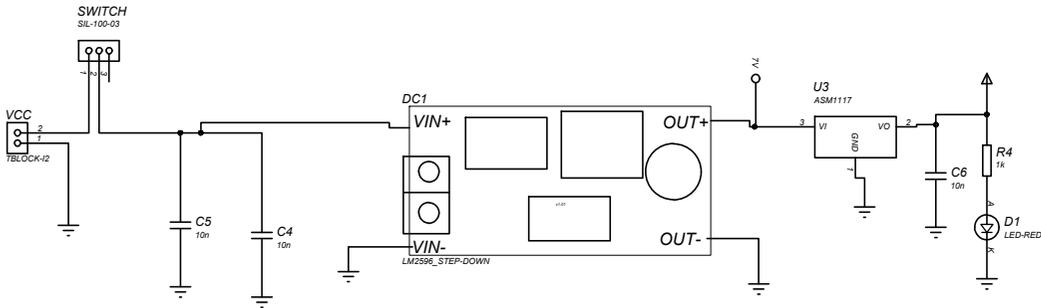


MODULO ESP-8266

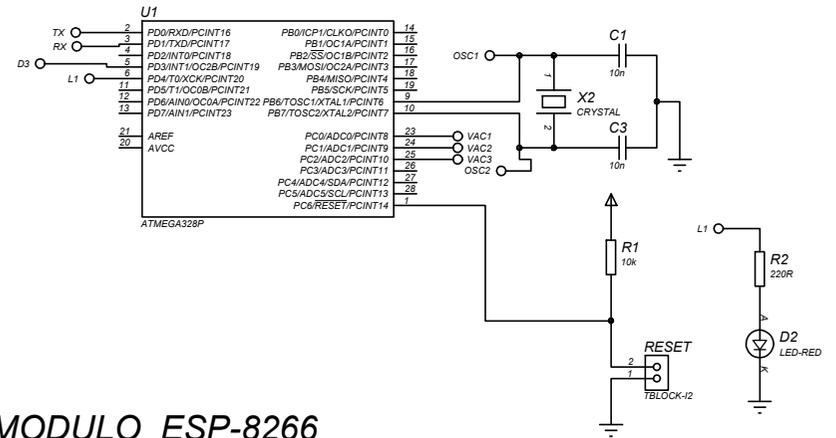


		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:		Nombres:		Proyecto:	
Dibujó:	26/07/2023	Karla Rosalia Peña Reyes Yessenia Cecibel Espin Pillango		Desarrollo de red local de sensores inalámbricos	Circuito sensor encoder
Revisó:					
Aprobó:					
Formato:	A4	Escala:	1:1	N° Diagrama:	2
				Código de diagrama:	UTC - DRLS - 02

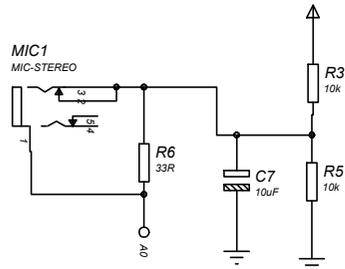
FUENTE-ALIMENTACIÓN



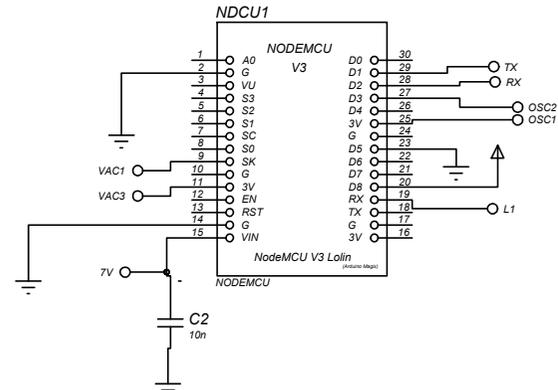
ATMEGA-328P



SENSORES FRECUENCIA

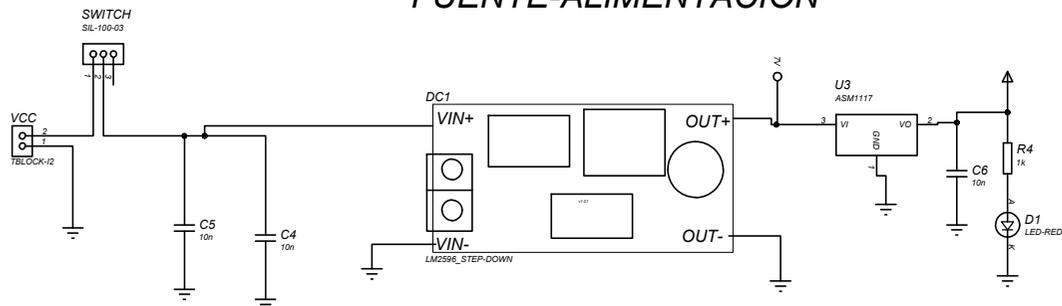


MODULO_ESP-8266

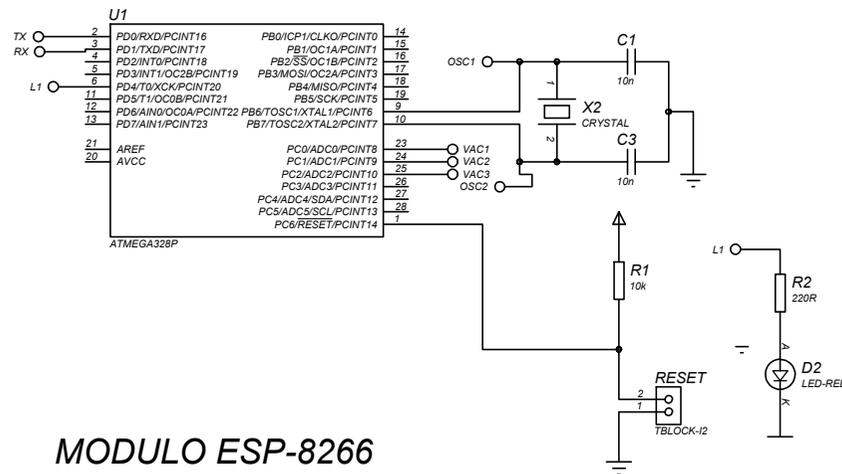


		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:		Nombres:		Proyecto:	
Dibujó:	26/07/2023	Karla Rosalia Peña Reyes Yessenia Cecibel Espin Pillango		Desarrollo de red local de sensores inalámbricos	Circuito sensor de frecuencia
Revisó:					
Aprobó:					
Formato:	A4	Escala:	1:1	N° Diagrama :	3
				Código de diagrama:	UTC - DRLS - 03

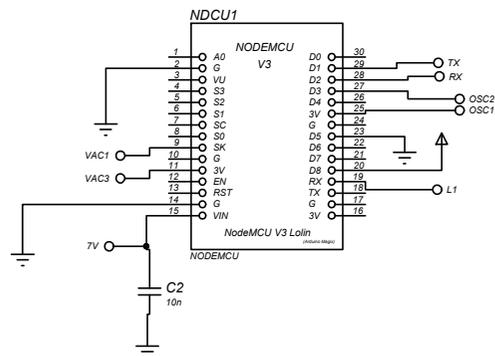
FUENTE-ALIMENTACIÓN



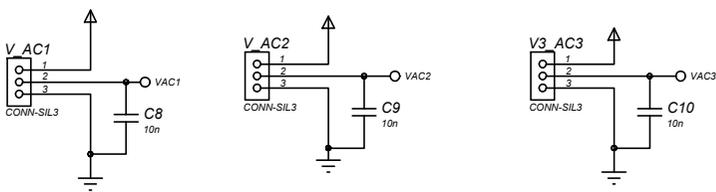
ATMEGA-328P



MODULO ESP-8266



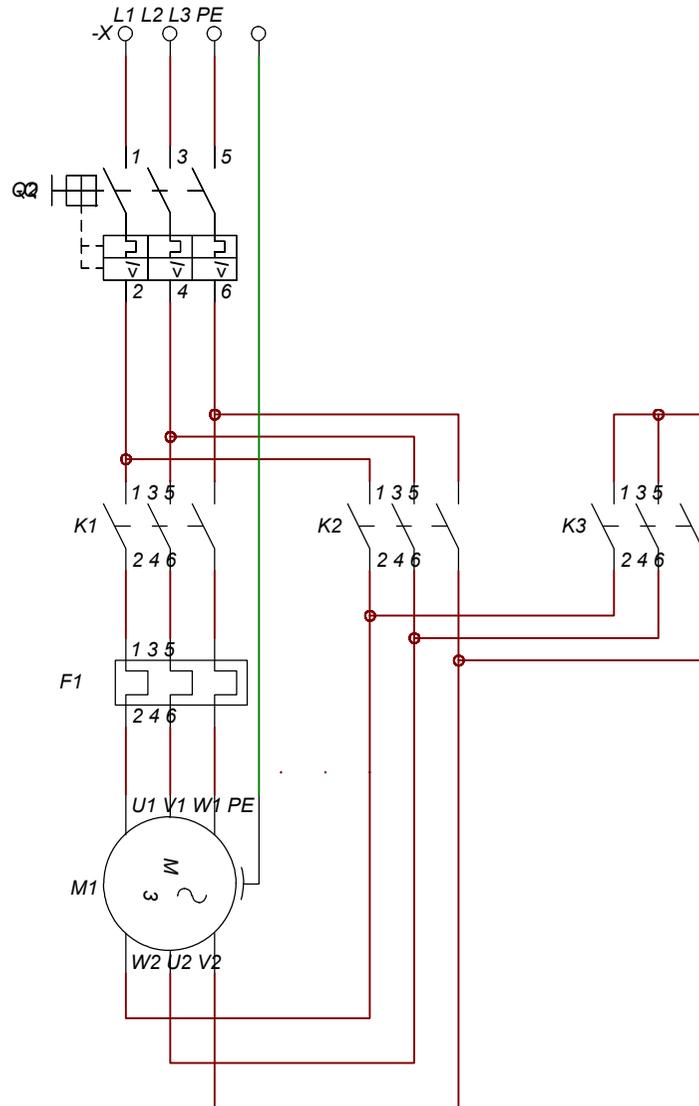
SENSORES VOLTAJES



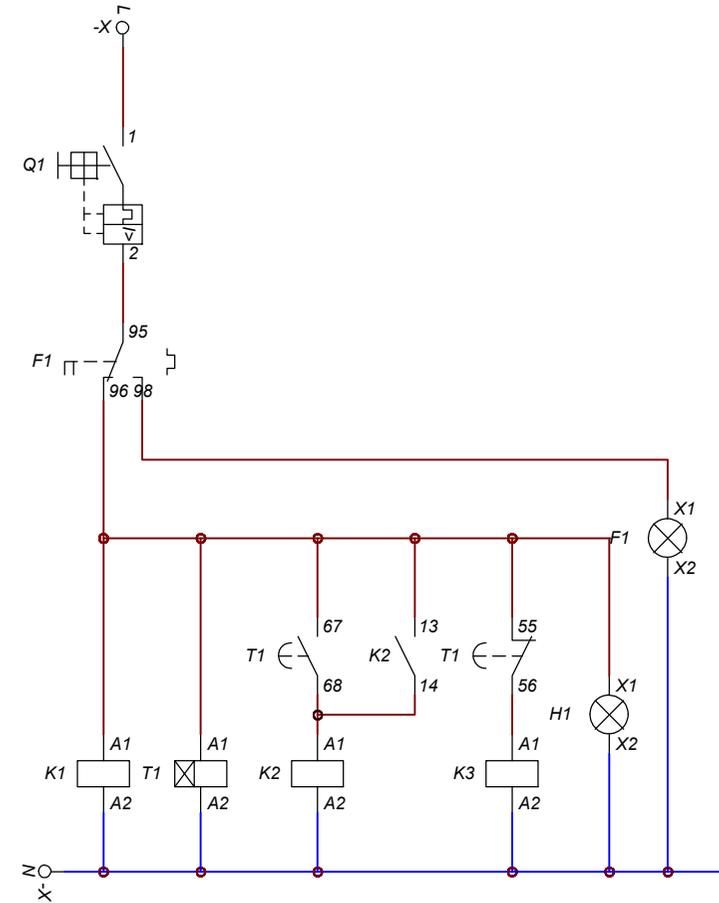
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:		Nombres:		Proyecto:	
Dibujó:	26/07/2023	Karla Rosalia Peña Reyes Yessenia Cecibel Espin Pillango		Desarrollo de red local de sensores inalámbricos	Circuito sensor V1A
Revisó:					
Aprobó:					
Formato:	A4	Escala:	1:1	N° Diagrama:	4
				Código de diagrama:	UTC - DRLS - 04

CIRCUITO DE FUERZA

Arranque estrella triángulo



CIRCUITO DE CONTROL



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:		Nombres:		Proyecto:	Denominación:
Dibujó:	26/07/2023	Karla Rosalia Peña Reyes Yessenia Cecibel Espin Pillango		Desarrollo de red local de sensores inalámbricos	Diagrama arranque estrella triángulo
Revisó:					
Aprobó:					
Formato:	A4	Escala:	1:1	N° Diagrama :	5
				Código de diagrama:	UTC - DRLS - 05