



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y
TELECOMUNICACIONES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
CONDICIÓN DE ACTIVOS PARA MOTORES
ELÉCTRICOS MEDIANTE ANÁLISIS DE
VIBRACIÓN E INTERNET DE LAS
COSAS”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN NETWORKING Y
TELECOMUNICACIONES**

AUTORES:

**QUISAY VERA LUIS ALBERTO
RAMOS GAIBOR FABIAN ISAAC**

TUTOR:

ING. VANEGAS GUILLEN OSWALDO ANDRÉS M. SC

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CONDICIÓN DE ACTIVOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE ANÁLISIS DE VIBRACIÓN E INTERNET DE LAS COSAS”

AUTORES:

Quisay Vera Luis Alberto
Ramos Gaibor Fabian Isaac

REVISORES:

Ing. Francisco Gerardo Palacios Ortiz

INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil

FACULTAD: Ciencias Matemáticas y Físicas

CARRERA: Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones

FECHA DE PUBLICACIÓN: Marzo 2021

Nº DE PÁGS.: 147

ÁREA TEMÁTICA: Ciencias básicas, Bioconocimiento y Desarrollo Industrial

PALABRAS CLAVES: Producción, Análisis, Vibración, Condición, Monitoreo

RESUMEN: La continuidad del trabajo en las industrias representa una pieza muy significativa para el progreso económico tanto como en el mundo como en nuestro país, la problemática que existe en las diferentes industrias como los paros operacionales representan pérdidas de tiempo y monetarias que pueden ser utilizadas eficazmente para estimular productividad. Con la Metodología cuasi experimental desarrollada en este trabajo se distinguen las diferentes necesidades, procesos y validación de la investigación que afiancen el propósito de contrarrestar la problemática existente en las industrias. Por ello se presenta la realización de un prototipo de monitoreo llamado Sistema Control de Activos, con el uso de sensores que permitan al prototipo ser competente para analizar el estado de un motor eléctrico. Midiendo sus características principales como aceleración, temperatura, corriente, revoluciones por minuto, y velocidad. Utilizando un microprocesador Arduino MKR1000 encargado de procesar la información obtenida de los sensores y con la característica novedosa de conectarse a conexión Wi-Fi que sirve para conectarse de forma inalámbrica a diferentes plataformas, y visibilizar los datos de análisis como la plataforma usada en este trabajo Arduino IoT Cloud, que gracias a la compra de una membresía permite agrupar todos los datos del estado del motor en un panel de control, el cual puede ser observado y controlado desde un ordenador o teléfono inteligente de forma remota con el uso de Wi-Fi. Con estas variables medidas se consigue analizar los datos de vibración del motor eléctrico y comprobar el estado de la máquina, incluso recrear situaciones donde la vibración normal del equipo se vea alterada y se pueda verificar en la plataforma de monitoreo. Se concluye con la realización y funcionamiento de dicho prototipo, con el análisis de vibración efectuado eficientemente en diferentes circunstancias, y con la implicación de tecnología creciente como el Internet de las Cosas que facilita la obtención de los datos de monitoreo desde cualquier parte del mundo.

Nº DE REGISTRO:

Nº DE CLASIFICACIÓN:

Nº

DIRECCIÓN URL:

ADJUNTO PDF

SI (X)

NO ()

CONTACTO CON AUTORA:

Quisay Vera Luis Alberto
Ramos Gaibor Fabian Isaac

TELÉFONO:

0967485774
0991785529

E-MAIL:

luis.quisayv@ug.edu.ec
fabian.ramosg@ug.edu.ec

CONTACTO DE LA INSTITUCIÓN:

Universidad de Guayaquil
Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones
Dirección: Víctor Manuel Rendón 429 y Baquerizo Moreno,
Guayaquil.

NOMBRE: Ing. Vanegas Guillen

Oswaldo Andrés M. Sc

TELÉFONO: 0998108462

EMAIL: oswaldo.vanegasg@ug.edu.ec

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CONDICIÓN DE ACTIVOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE ANÁLISIS DE VIBRACIÓN E INTERNET DE LAS COSAS”** elaborado por los Sres. **QUISAY VERA LUIS ALBERTO** y **RAMOS GAIBOR FABIAN ISAAC**, Alumnos no titulados de la Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la Apruebo en todas sus partes.

Atentamente

Ing. Vanegas Guillen Oswaldo Andrés M. Sc
TUTOR

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios que nos ha permitido trabajar con templanza, sabiduría y persistencia para culminar con este trabajo de titulación.

A nuestros padres que fueron la fuente principal de apoyo y motivación para realizar este sueño; con su apoyo, afecto, sacrificio han sacado a flote la calidad de seres humanos que somos, con una conducta humana y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios por la vida que nos provee y por permitirnos llegar a este punto de nuestras vidas, a nuestros padres y familiares por ser un apoyo incondicional durante el transcurso de la realización del trabajo, a la Universidad de Guayaquil por sus invaluable conocimientos que nos han instruido y formado académicamente, a nuestro tutor individual de titulación Msc. Oswaldo Vanegas Guillen quien fue la persona involucrada en guiarnos durante todo el proceso, a nuestro tutor grupal de titulación Msc. Juan Yturralde Villagómez que nos ofreció consejos y guía para estructurar correctamente los lineamientos de la tesis, a nuestros queridos docentes quienes se encargaron de enseñar todos sus conocimientos en las diferentes materias durante el avance por la carrera, y aquellas personas que de diferentes formas forjaron un apoyo para desarrollar este trabajo.

TRIBUNAL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ing. José Gonzalez Ruiz, M.Sc
DECANO DE LA FACULTAD
CIENCIAS MATEMATICAS Y
FISICAS

Ing. Abel Alarcón Salvatierra, Mgs
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN NETWORKING
Y TELECOMUNICACIONES

Eduardo Flores Moran, M.Sc
PRESIDENTE

Ximena Acaro Chacon, M.Sc
DOCENTE SUPLENTE

Ing. Francisco Gerardo Palacios Ortiz
PROFESOR REVISOR
TRIBUNAL

Miguel Molina Villacis, M.Sc
PROFESOR DEL ÁREA -
TRIBUNAL

Ing. Oswaldo Vanegas Guillen M. Sc.
PROFESOR TUTOR DEL PROYECTO
DE TITULACIÓN

Ab. Juan Chávez Atocha, Esp.
SECRETARIO (E) FACULTAD

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”.

QUISAY VERA LUIS ALBERTO

RAMOS GAIBOR FABIAN ISAAC



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y
TELECOMUNICACIONES

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
CONDICIÓN DE ACTIVOS PARA MOTORES
ELÉCTRICOS MEDIANTE ANÁLISIS DE
VIBRACIÓN E INTERNET DE LAS
COSAS

Proyecto de Titulación que se presenta como requisito para optar por el
título de INGENIERO EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES

Autor: Quisay Vera Luis Alberto

C.I.: 092322734-2

Autor: Ramos Gaibor Fabian Isaac

C.I.: 092887998-0

Tutor: Ing. Vanegas Guillen Oswaldo Andrés M. Sc

Guayaquil, Marzo de 2021

CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Titulación, nombrado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

CERTIFICO:

Que he analizado el Proyecto de Titulación presentado por los estudiantes **Quisay Vera Luis Alberto** y **Ramos Gaibor Fabian Isaac**, como requisito previo para optar por el título de Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones cuyo problema es:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CONDICIÓN DE ACTIVOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE ANÁLISIS DE VIBRACIÓN E INTERNET DE LAS COSAS

Considero aprobado el trabajo en su totalidad.

Presentado por:

Quisay Vera Luis Alberto

Apellidos y Nombres Completos

092322734-2

Cédula de ciudadanía N°

Ramos Gaibor Fabian Isaac

Apellidos y Nombres Completos

092887998-0

Cédula de ciudadanía N°

Tutor: Ing. Vanegas Guillen Oswaldo Andrés M. Sc



Guayaquil, _____ de 2021

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y
TELECOMUNICACIONES

**Autorización para Publicación de Proyecto de Titulación en
Formato Digital**

1. Identificación de la Tesis

Nombre Alumno: Quisay Vera Luis Alberto	
Dirección: Bastión Popular Bloque 3 Mz. 733 Sl. 18	
Teléfono: 0967485774	E-mail: luis.quisayv@ug.edu.ec

Nombre Alumno: Ramos Gaibor Fabian Isaac	
Dirección: Los Ríos, Montalvo, Calle 25 de Abril y 24 de Mayo	
Teléfono: 0991785529	E-mail: fabian.ramosg@ug.edu.ec

Facultad: Ciencias Matemáticas y Físicas	
Carrera: Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones	
Proyecto de Titulación al que opta: Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones	
Profesor tutor: Ing. Vanegas Guillen Oswaldo Andrés M. Sc	

Título del Proyecto de Titulación: Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para Motores Eléctricos mediante Análisis de Vibración e Internet de las Cosas
--

Tema del Proyecto de Titulación: Sistema de Control de Condición para Motores Eléctricos

2. Autorización de Publicación de Versión Electrónica del Proyecto de Titulación

A través de este medio autorizo a la Biblioteca de la Universidad de Guayaquil y a la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas a publicar la versión electrónica de este Proyecto de Titulación.

Publicación electrónica:

Inmediata	☒	Después de 1 año	☐
-----------	-------------------------------------	------------------	--------------------------

Firma Alumno: Quisay Vera Luis Alberto

Firma Alumno: Ramos Gaibor Fabian Isaac

3. Forma de Envío:

El texto del Proyecto de Titulación debe ser enviado en formato Word, como archivo .Doc. O .RTF y .Puf para PC. Las imágenes que la acompañen pueden ser: .gif, .jpg o .TIFF.

DVDROM	X	CDROM
--------	---	-------

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	IX
ÍNDICE GENERAL	XI
ABREVIATURAS	XV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XVI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XVIII
ÍNDICE DE CUADROS	XIX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
1. EL PROBLEMA	4
1.1 Planteamiento Del Problema	4
1.1.1 Ubicación del Problema en un Contexto	4
1.1.2 Situación Conflicto Nudos Críticos	5
1.1.3 Causas y Consecuencias del Problema	5
1.1.4 Delimitaciones del Problema	6
1.1.5 Formulación del Problema	7
1.1.6 Evaluación del Problema	7
1.2 Objetivos	8
1.2.1 Objetivo General	8
1.2.2 Objetivos Específicos	9
1.3 Alcance del Problema	9
1.4 Justificación e Importancia	10
1.5 Metodología del Proyecto	12
1.5.1 Diseño de la Investigación	12
1.5.2 Enfoque de la Investigación	13
1.5.3 Variables	14
1.5.4 Hipótesis (Casualidad)	14

1.5.5	Supuestos y Restricciones	14
CAPÍTULO II		16
2.	MARCO TEÓRICO	16
2.1	Antecedentes del Estudio	16
2.2	Fundamentación Teórica	19
2.2.1	Monitoreo de Condición	19
2.2.2	Análisis de Vibración	20
2.2.2.1	Vibración	20
2.2.2.2	¿Por qué Análisis de Vibración?	21
2.2.2.3	¿Cómo realizar Análisis de Vibración?	22
2.2.2.4	Sistema de Monitoreo de Vibraciones	23
2.2.2.5	Parámetro de las Vibraciones	24
2.2.2.6	Tipos de Vibraciones	25
2.2.2.7	Fallos Detectables por Vibración	25
2.2.2.8	Vibraciones en Motores Eléctricos	25
2.2.2.9	Análisis de Vibraciones en Motores Eléctricos	26
2.2.3	Fallas Mecánicas de Motores Eléctricos	26
2.3	Fundamentación Legal	29
2.4	Pregunta Científica a Contestarse	30
2.5	Definiciones Conceptuales	30
2.5.1	Motor Eléctrico	30
2.5.2	Partes de un Motor Eléctrico	31
2.5.3	Motor Eléctrico de Corriente Continua	32
2.5.4	Tipos de Motores de Corriente Continua	32
2.5.5	Motor Sincrónico	32
2.5.6	Motor Asincrónico	32
2.5.7	Microcontrolador Arduino	33
2.5.8	Banco de Pruebas	34
2.5.9	Selección del Acople	35
2.5.10	Dispositivos Electrónicos (Sensores)	36
2.5.11	Comunicación Inalámbrica	39
2.5.12	Internet de las Cosas (IoT)	39

2.5.13	Arquitectura IoT	40
2.5.14	Tipos de Mantenimiento	40
2.5.15	Sistemas de Comunicación Inalámbrica	42
CAPÍTULO III		43
3.	PROPUESTA TECNOLÓGICA	43
3.1	Planificación de la Propuesta	43
3.1.1	Diseño del Prototipo	43
3.1.2	Materiales del Prototipo	44
3.1.3	Construcción del Prototipo	47
3.1.4	Instalación del Prototipo	54
3.1.5	Sistema de Monitoreo Web	59
3.1.6	Pruebas y Validaciones de la Propuesta	63
3.1.6.1	Escenario 1: Determinación de la Vibración Normal del Equipo	64
3.1.6.2	Escenario 2: Problemática de Alteración al desempeño de trabajo del Motor Eléctrico con 3 Cilindros	66
3.1.6.3	Escenario 3: Problemática de Alteración al desempeño de trabajo del Motor Eléctrico con 8 Cilindros	70
3.1.6.4	Escenario 4: Problemática de análisis de vibración con Obstáculo en el Disco del Banco de Pruebas	72
3.2	Análisis de Factibilidad	75
3.2.1	Factibilidad Operacional	76
3.2.2	Factibilidad Técnica	76
3.2.3	Factibilidad Económica	79
3.3	Etapas de la Metodología del Proyecto	81
3.4	Entregables del Proyecto	84
3.5	Criterios de Validación de la Propuesta	84
3.5.1	Población	85
3.6	Procesamiento y Análisis	86
CAPÍTULO IV		88
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
4.1	Conclusiones	88
4.2	Recomendaciones	89

BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	95
Anexo 1: Certificados y Calificaciones de las Validaciones por Juicio de Expertos	96
Anexo 2: Evidencias de las entrevistas de Juicio de Expertos	105
Anexo 3: Pruebas de ensayo previo a la instalación del Prototipo de hardware	107
Anexo 4: Transacción de Membresía en Arduino IoT Cloud	107
Anexo 5: Código Fuente del Prototipo	108
Anexo 6: Diagrama de Conexión del Circuito Eléctrico	116
Anexo 7: Cronograma Diagrama de Gantt	117
Anexo 8: Manual de Usuario	119

ABREVIATURAS

IoT	Internet de las Cosas
MKR	Microprocesador con tecnología Wi-Fi
Wi-Fi	Wireless Fidelity – Fidelidad Inalámbrica
ISO	Organización Internacional de Normalización
Mm	Milímetro
MW	Megavatios
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
V	Voltios
DC	Corriente Continua
mA	Miliamperios
mAh	Miliamperios por hora

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Causas y Efectos del Problema de Estudio	6
Ilustración 2: Etapas del Proyecto	12
Ilustración 3: Prototipo para monitoreo de condición del proyecto “Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las Cosas”	20
Ilustración 4: Vista frontal del banco de pruebas para el estudio de desbalanceo de rotores en voladizo	23
Ilustración 5: Etapas de un sistema de monitoreo de vibraciones	24
Ilustración 6: Zonas de Severidad de Vibraciones	28
Ilustración 7: Arduino MKR 1000	34
Ilustración 8: Vista frontal del banco	35
Ilustración 9: Flexible Metálico Eje Motor Cnc 3d Encoder 5 A 8mm	35
Ilustración 10: Diseño del arquetipo de Proyecto en plataforma SketchUp	43
Ilustración 11: Base de acrílico negro de 4mm	48
Ilustración 12: Portada del Prototipo de Proyecto	48
Ilustración 13: Switch interruptor de la base	49
Ilustración 14: Soporte de acrílico transparente de 4mm	49
Ilustración 15: Unión de Encoder con soporte de acrílico	50
Ilustración 16: Unión de Acople Flexible con el Encoder	50
Ilustración 17: Eje acerado del Banco de Pruebas	51
Ilustración 18: Rodamiento del Arquetipo de Proyecto	51
Ilustración 19: Disco acrílico del Banco de Pruebas	52
Ilustración 20: Motor eléctrico del Sistema	52
Ilustración 21: Sensor acelerómetro ADXL 335	53
Ilustración 22: Sensor de Temperatura y Humedad	53
Ilustración 23: Distribución de Arduino MKR1000	54
Ilustración 24: Cobertura de acrílico	54

Ilustración 25: Comienzo de la Instalación del Prototipo	55
Ilustración 26: Avance del montaje del Sistema	55
Ilustración 27: Encoder en el progreso de Instalación	56
Ilustración 28: Instalación y organización de los cables internos del Sistema	57
Ilustración 29: Vista del interior de la base del Sistema	58
Ilustración 30: Cobertura externa del Sistema	58
Ilustración 31: Construcción de Banco pruebas con el sistema embebido terminado	59
Ilustración 32: Membresía mensual en Arduino IoT Cloud	60
Ilustración 33: Conexión inalámbrica del dispositivo MKR1000 a la Plataforma web	61
Ilustración 34: Entorno de programación de variables de estudio en la plataforma web	62
Ilustración 35: Panel de Control del Sistema de Monitoreo web	63
Ilustración 36: Cilindros de Acero Inoxidable para la Alteración del Banco de Pruebas	67
Ilustración 37: Cilindros de Acero Inoxidable en todos los orificios del Disco	70
Ilustración 38: Prueba de análisis de vibración con Obstáculo en el Disco del Banco de Pruebas	73
Ilustración 39: Etapas del Proyecto	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Vista del panel de control desde IOT Cloud Arduino del Escenario 1	64
Gráfico 2: Datos Almacenados en los ejes x, y, z del Escenario 1	65
Gráfico 3: Escala de Aceleración de los Ejes x, y, del Escenario 1	66
Gráfico 4: Vista del panel de control desde IOT Cloud Arduino del Escenario 2	67
Gráfico 5: Escala de Aceleración de los Ejes x, y, z del Escenario 2	68
Gráfico 6: Diferencias de la Vibración Promedio entre el Escenario 1 y 2	69
Gráfico 7: Vista del panel de control desde IOT Cloud Arduino del Escenario 3	71
Gráfico 8: Escala de Aceleración de los Ejes x, y, del Escenario 3	72
Gráfico 9: Vista del panel de control desde IOT Cloud Arduino del Escenario 4	74
Gráfico 10: Escala de Aceleración de los Ejes x, y, del Escenario 4	75
Gráfico 11: Resultados Generales de los Expertos	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Dispositivos Electrónicos	36
Cuadro 2: Materiales para la construcción del Banco de Pruebas y el Sistema Embebido	44
Cuadro 3: Datos de los Ejes x, y, z del Escenario 1	65
Cuadro 4: Datos de los Ejes x, y, z del Escenario 2	68
Cuadro 5: Datos de los Ejes x, y, z del Escenario 3	71
Cuadro 6: Datos de los Ejes x, y, z del Escenario 4	74
Cuadro 7: Especificaciones Técnicas del Hardware	77
Cuadro 8: Presupuesto del Proyecto	79
Cuadro 9: Roles del Proyecto	82
Cuadro 10: Product Backlog / Lista de Requerimientos	82
Cuadro 11: Spring Planning / Planificación de las Reuniones	83
Cuadro 12: Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	84
Cuadro 13: Lista de Expertos	85
Cuadro 14: Criterios de Validación	86
Cuadro 15: Resultados Generales de los Expertos	86



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y
TELECOMUNICACIONES**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CONDICIÓN
DE ACTIVOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE ANÁLISIS
DE VIBRACIÓN E INTERNET DE LAS COSAS**

Autor: Quisay Vera Luis Alberto

Autor: Ramos Gaibor Fabian Isaac

Tutor: Ing. Vanegas Guillen Oswaldo Andrés M. Sc

RESUMEN

La continuidad del trabajo en las industrias representa una pieza muy significativa para el progreso económico tanto en el mundo como en nuestro país, la problemática que existe en las diferentes industrias como los paros operacionales representan pérdidas de tiempo y monetarias que pueden ser utilizadas eficazmente para estimular productividad. Con la Metodología cuasi experimental desarrollada en este trabajo se distinguen las diferentes necesidades, procesos y validación de la investigación que afiancen el propósito de contrarrestar la problemática existente en las industrias. Por ello se presenta la realización de un prototipo de monitoreo llamado Sistema Control de Activos, con el uso de sensores que permitan al prototipo ser competente para analizar el estado de un motor eléctrico. Midiendo sus características principales como aceleración, temperatura, corriente, revoluciones por minuto, y velocidad. Utilizando un microprocesador Arduino MKR1000 encargado de procesar la información obtenida de los sensores y con la característica novedosa de conectarse a conexión Wi-Fi que sirve para conectarse de forma inalámbrica a diferentes plataformas, y visibilizar los datos de análisis como la plataforma usada en este trabajo Arduino IoT Cloud, que gracias a la compra de una membresía permite agrupar todos los datos del estado del motor en un panel de control, el cual puede ser observado y controlado desde un ordenador o teléfono inteligente de forma remota con el uso de Wi-Fi. Con estas variables medidas se consigue analizar los datos de vibración del motor eléctrico y comprobar el estado de la máquina, incluso recrear situaciones donde la vibración normal del equipo se vea alterada y se pueda verificar en la plataforma de monitoreo. Se concluye con la realización y funcionamiento de dicho prototipo, con el análisis de vibración efectuado eficientemente en diferentes circunstancias, y con la implicación de tecnología creciente como el Internet de las Cosas que facilita la obtención de los datos de monitoreo desde cualquier parte del mundo.

Palabras claves: Producción, Análisis, Vibración, Condición, Monitoreo.



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y
TELECOMUNICACIONES

**IMPLEMENTATION OF AN ASSET CONTROL SYSTEM FOR ELECTRIC
MOTORS THROUGH ANALYSIS OF VIBRATION AND THE INTERNET
OF THINGS**

Author: Quisay Vera Luis Alberto

Author: Ramos Gaibor Fabian Isaac

Tutor: Ing. Vanegas Guillen Oswaldo Andrés M. Sc

ABSTRACT

The continuity of work in industries represents a very significant piece for economic progress both in the world and in our country, the problems that exist in different industries such as operational stoppages represent losses of time and money that can be used effectively to stimulate productivity. With the quasi-experimental Methodology developed in this work, the different needs, processes and validation of the research that strengthen the purpose of counteracting the existing problems in the industries are distinguished. For this reason, the realization of a monitoring prototype called Asset Control System is presented, with the use of sensors that allow the prototype to be competent to analyze the state of an electric motor. Measuring its main characteristics such as acceleration, temperature, current, revolutions per minute, and speed. Using an Arduino MKR1000 microprocessor in charge of processing the information obtained from the sensors and with the novel feature of connecting to a Wi-Fi connection that serves to connect wirelessly to different platforms, and make the analysis data visible as the platform used in this Arduino IoT work Cloud, which thanks to the purchase of a membership allows to group all the data of the engine status in a control panel, which can be observed and controlled remotely from a computer or smartphone with the use of Wi-Fi. With these measured variables, it is possible to analyze the vibration data of the electric motor and check the status of the machine, even to recreate situations where the normal vibration of the equipment is altered and can be verified on the monitoring platform. It concludes with the realization and operation of said prototype, with the vibration analysis carried out efficiently in different circumstances, and with the involvement of growing technology such as the Internet of Things that facilitates the obtaining of monitoring data from anywhere in the world.

Keywords: Production, Analysis, Vibration, Condition, Monitoring.

INTRODUCCIÓN

La industria, un sector productivo de la economía mundial está arduamente encargada de ser un pilar del progreso de la sociedad. Las diferentes industrias que dan servicios a empresas o fabrican productos, o realizan diferentes procesos donde requieren el uso de máquinas mecánicas o eléctricas, se ven siempre afectados en las máquinas por variedades de desperfectos presentes en el trabajo, a veces son ignorados por los líderes de estas industrias o en ocasiones realizan pequeñas acciones para sobrellevar esto. Pero si estos desperfectos que impiden continuar con el trabajo ocurren muy seguido, ya se implica un estorbo y un obstáculo para mantener la producción y el progreso de la industria. Esto ocurre actualmente en las diferentes industrias tanto como del mundo como en el país, y para ello la ingeniería está presente para proveer una solución tecnológica y novedosa que ayude a la industria a mantenerse estable y cauteloso ante los obstáculos que se presenten.

Existen diferentes antecedentes al tema de estudio como (Castellanos Chávez, 2015) dedicado a la predicción del mantenimiento en una industria confitera. Así existen algunos estudios orientados a contrarrestar los desperfectos presentes en la industria. Pero el propósito de la investigación es ir un poco más allá que solo buscar mejorar el trabajo de las industrias con un modelo de prevención, es el añadir tecnología moderna, creciente y que posicione la carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones dentro de esta solución.

La mayoría de los antecedentes se concentran en establecer un prototipo que de monitoreo del estado de la máquina para observar sus características y saber qué aspecto de la máquina debe ser reemplazada, darle mantenimiento, o de plano dar de baja a la máquina en cuestión, y todo esto en un sistema local de acceso de los datos.

Entonces la solución planteada en este trabajo de titulación es un prototipo de monitoreo y análisis de la condición de un motor eléctrico para conocer el estado de vibración del motor eléctrico, su temperatura, su velocidad, revoluciones por minuto y la corriente de este. Se elige un motor eléctrico como objeto de estudio para este prototipo, por sus características versátiles y por ser un equipo muy utilizado en las industrias. Elegimos la vibración como variable principal de análisis ya que, de acuerdo con diferentes autores como (Mendoza Franco, 2019) indica que “Las máquinas rotativas como los motores eléctricos presentan su propia señal de vibración, hallándose en ella la averiguación de todos los componentes del aparato”. Partiendo de esta premisa se analiza la vibración del motor eléctrico y determinamos si existe o existió en un determinado tiempo una variación de la vibración normal del motor que signifique un aspecto defectuoso y a considerar brevemente.

Hasta aquí el concepto de análisis del estado del equipo para identificar un aspecto defectuoso es a nivel local y una solución actualmente ya existente. Pero la tecnología está evolucionando y las industrias necesitan soluciones adaptadas a las crecientes tecnologías actuales, no solo una solución estancada en el tiempo. Esta propuesta tecnológica aplica el uso del Internet de las Cosas que es una tecnología que utiliza la aplicación de la red Wi-Fi para realizar diferentes acciones, esta tecnología está avanzando para incursionar en la mayoría de los ámbitos del hábitat del ser humano y facilitar procesos ordinarios. Por ello, el añadir la novedad del Internet de las Cosas en este prototipo, le da el plus necesario para proporcionar en este caso, a la industria un prototipo que no solo analice el estado del equipo, sino que también mediante la utilización del Wi-Fi se pueda acceder a la información de vibración y demás características del motor eléctrico ya sea desde un ordenador o un teléfono inteligente desde cualquier parte del mundo e incluso controlar el comportamiento del motor eléctrico a una larga distancia, y esto favorece a la industria ya que permite conocer la condición

en tiempo real del equipo en cuestión sin necesidad de ir personalmente al área de monitoreo, sino que desde cualquier parte con acceso a un dispositivo con Wi-Fi pueda visualizar los datos y agilizar con mayor rapidez el contrarrestar los desperfectos que se presenten.

En este trabajo de titulación se formula el problema existente para un posterior análisis, estudio e implementación; el cual está compuesto de cuatro capítulos:

En el Capítulo I, se presenta y se formula el motivo de investigación, los objetivos del proyecto, el alcance de este, la justificación de la realización de este trabajo y la metodología en la que se rige todo el proceso de principio a fin.

En el Capítulo II, se manifiestan los antecedentes del proyecto, las diferentes tesis y estudios realizados antes que el nuestro, y sirvieron de apoyo y sustentación de la objetividad del proyecto, también la fundamentación teórica que sirvió para contextualizar cada aspecto del trabajo realizado, la fundamentación legal, la pregunta científica, y definiciones conceptuales que favorezcan el entendimiento general de la obra.

En el Capítulo III, se presenta la propuesta tecnológica con sus factibilidades y los entrañables finales, también los criterios de validación realizada por el juicio de expertos en el ámbito industrial que verifican la viabilidad del proyecto, así como el procesamiento y análisis de datos obtenidos en las diferentes pruebas.

En el Capítulo IV, están los criterios de aceptación del prototipo las conclusiones y recomendaciones personales efectuadas de acuerdo con la experiencia general de la realización final del proyecto.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento Del Problema

1.1.1 Ubicación del Problema en un Contexto

Hoy por hoy a nivel global el sector industrial tiene una esencial tarea, el cual es proteger de las fallas en máquinas industriales durante el periodo de trabajo, esto asegura un tiempo de servicio firme y resistente en los dispositivos industriales para realizar las diferentes operaciones de trabajo y producción sin inconvenientes. Pero existe una problemática, la gran mayoría de máquinas presentan numerosos fallos y actividades defectuosas dentro de los componentes internos. Por ello, la acción de corregir las fallas de recursos de las industrias se convierte una destreza tremendamente costosa, porque se expone a situaciones complejas como paradas no programadas y desperfectos ocasionados por fallos de los equipos (Castelli Lemez & Fossati, 2007).

En Latino América y demás regiones, las industrias se hallan expuestas a un gran número de fallas mecánicas, entre las causas más probables de fallas se encuentran escenarios como: realizar operaciones inapropiada como el uso de cargas dinámicas excesivas sobre el rodamiento, el tener una lubricación inadecuada en sus equipos, también producto de una falla al momento de diseñar la maquinaria o de la disposición de fuerzas externas como inestabilidad y desalineamiento, ambientes húmedos o contaminados, causado por el almacenamiento, transportación e instalación inadecuada del rodamiento. (Duluth & Matthew, 2013).

Entonces predecir el mantenimiento de los activos significa una solución que abastece la necesidad de mejorar el empleo de recursos de las

empresas, disminuir gastos innecesarios, reducir costos de contratación de personal, suprimir paros inútiles de las máquinas y mejorar los procesos.

Ecuador, como un país en desarrollo que está desempeñando su rol en la industria de manera evolutiva. El funcionamiento eficaz de las máquinas como los motores eléctricos de las plantas de producción dependerán de la prevención de los fallos.

1.1.2 Situación Conflicto Nudos Críticos

Con un sistema capaz de detectar a tiempo los fallos en maquinarias se beneficiaría directamente a los dueños de empresas industriales al tener un manejo más eficiente de sus activos significando menores pérdidas para las empresas, el personal de mantenimiento se beneficia con una manera más ágil en el accionar de su trabajo, y todo el proceso de producción no se vería afectado.

El presente proyecto está basado en el diseño, construcción y demostración de un Sistema Control de Condición de Activos en un motor eléctrico de corriente continua, con el análisis de detección de errores, empleando las mediciones de vibraciones de eje, potencia, velocidad, fuerza de giro, y sentido de giro. Aplicando tecnología IoT como Arduino Wifi, y base de datos a fin de recolectar información de diagnóstico, en el cual se permitirá ofrecer un sistema de monitoreo que sirva para prevenir y corregir los defectos del motor eléctrico de corriente continua que son necesarios detectar para un mejor uso de las máquinas.

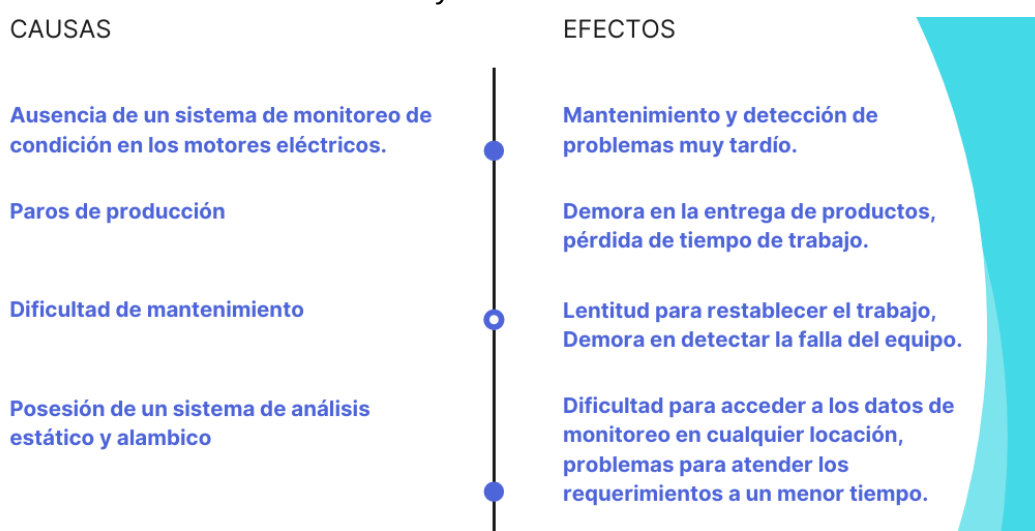
1.1.3 Causas y Consecuencias del Problema

Con un sistema de monitoreo de condición de activos utilizándose en maquinarias industriales, se consigue prevenir paros excesivos de los procesos de trabajos en la producción, evitando desperdicio de tiempo para

encontrar los fallos en las maquinarias, y al mantenimiento oportuno efectuado por el personal encargado del cuidado de los activos en las empresas.

Todos estos contratiempos equivalen un elemento importante de análisis, que regularmente no se toman en cuenta o desmeritan su significancia dentro en el ambiente de producción ya sea por el escaso interés de inversión, defectos en el diseño del equipo, o por poseer personal poco calificado. Pero esto refleja efectos como la inactividad del trabajo, disminución de la producción, perjuicios en los recursos de la empresa, incluso incumplimiento de la productividad.

Ilustración 1: Causas y Efectos del Problema de Estudio



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

1.1.4 Delimitaciones del Problema

Campo: Industrial

Aspecto: Social

Área: Trabajo de Campo

Período: 2020 – 2021

1.1.5 Formulación del Problema

Sabemos que la presencia de sistemas de monitoreo y la utilización de sistemas inalámbricos se emplean en sus diferentes campos de trabajo comúnmente. Pero es muy escaso el manejar ambas funciones en un mismo sistema de control de condición para monitoreo de máquinas, a partir de aquí se manifiesta la problemática y una interrogación que conlleva el resultado de esta labor de estudio, y lo redactamos de la siguiente manera:

¿De qué cualidad contribuye el sistema control de condición de motores eléctricos asentado en un banco de pruebas, con sensores y tecnología IoT, utilizando el análisis de vibración en el progreso y renovación del monitoreo y mantenimiento de activos de empresas e industrial?

La contestación a este cuestionamiento se contesta la implementación de un sistema control de condición, con la presencia de las variables que constituyen el objetivo de titulación como la solución a este cuestionamiento. La colaboración científica y tecnológica que aporte una innovación, y renovación del estudio, y monitoreo del estado del equipo en cuestión, como lo es el motor eléctrico de corriente continua, con la utilización de tecnología de Internet De Las Cosas como un aumento de potenciación al momento de recibir los datos del monitoreo, y facilita la administración del sistema de análisis del estado del equipo.

1.1.6 Evaluación del Problema

De forma precisa y fácil de entender, nuestro proyecto está definido con un solo objetivo, el análisis y detección de fallos en maquinaria como en motores eléctricos, utilizando análisis de vibración e internet de las cosas.

La información detectada en este Sistema Control de Condición es observable y claro para la especificación de contratiempos en los procesos industriales. Ya que toda empresa necesita proteger sus activos, el tener un medio para resolver problemas presentados en sus equipos, este tema de proyecto se transforma en un factor relevante para toda industria, al considerarse un método funcional de análisis de condición de activos.

En contexto educativo se beneficia de este proyecto, toda institución educativa que tenga asignaturas orientadas al ámbito técnico, ingeniería, y tecnología. La aplicación y desarrollo de este prototipo es realizable con pocos recursos, solo con la utilización de varios sensores y tecnología de Internet de Las Cosas se puede estructurar un Sistema Control de Condición de Activos viable para su utilización en el campo de trabajo. Las variables presentes que convergen el entregable final del monitoreo son: datos de análisis de la vibración, la temperatura, las revoluciones de giro, y datos de corriente. Los cuales nos llevarán a la determinación e identificación de fallas en el motor eléctrico.

Nuestro tema de Tesis “Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las Cosas” desarrollado en el campo de Ciencias Básicas, en el área de Desarrollo Industrial, con un Sistema de Monitoreo Web. Se enfrenta a la problemática de Cómo influye un Sistema Control de Activos dentro en maquinaria industrial en su ambiente de trabajo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar e Implementar un Sistema Control de Activos para el monitoreo de motores de corriente continua utilizando Sistemas Embebidos, Internet de Las Cosas y Análisis de Vibración.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Implementar un Sistema de Adquisición de Datos para el monitoreo de vibración, temperatura, corriente y energía de un banco de pruebas de motores de corriente continua mediante un sistema embebido.
- Diseñar un Sistema de Monitoreo Web para las variables del Sistema de Condición de Activos de un motor eléctrico mediante Internet de Las Cosas.
- Analizar los datos recolectados en diferentes escenarios y así establecer la condición de funcionamiento del banco de pruebas de motores de corriente continua.

1.3 Alcance del Problema

Este Proyecto de Desarrollo tiene como alcance el demostrar la efectividad de un prototipo de Sistema Control de Condición de Activos, para el monitoreo y análisis de la condición de motores eléctricos, utilizando tecnología de Internet de Las Cosas, sensores para la detección de datos de vibración, corriente, fuerza de giro, temperatura. Los cuales servirán para establecer un esquema de datos que determinen las causas de fallos y problemas en motores eléctricos.

No se entregará un Sistema Control de Condición de Activos que provea acciones correctivas de mantenimiento en los motores eléctricos. Tampoco se utiliza ningún análisis de Machine Learning, Big Data, o estudio de datos a gran escala. Sólo nos enfocaremos en un Sistema Control de Condición muy puntual en el análisis de un motor de corriente continua y detectar los fallos, y problemas mediante análisis de vibración, sensores e Internet de Las Cosas.

El principal entregable es un Sistema Control de Condición utilizando sensores y tecnología IoT capaz de realizar un servicio de monitoreo en

tiempo real de maquinaria, detectando datos de vibración temperatura, fuerza de giro, entre otros. Esta información almacenada en un software de monitoreo web donde se visualizan todas las entradas de datos.

El interés de análisis es exclusivo para el monitoreo del estado actual del equipo, que en nuestro trabajo de titulación es el motor eléctrico. No comprende a un análisis de datos profundos como el estudio Machine Learning que utiliza millares de datos para hacer mantenimiento preventivo. Nosotros damos el primer paso con el monitoreo de condición al estudio y determinación del mantenimiento global de las maquinarias industriales en un ambiente abierto no ejecutado en un ambiente real de una industria, para que a partir de nuestro aporte se desarrollen numerosos avances tecnológicos que tienen como objetivo igual al nuestro, el favorecer la continuidad del trabajo en las industrias.

1.4 Justificación e Importancia

El menester de este propósito de investigación nace de la indudable importancia de reconocer las fallas tempranas en las máquinas existentes en las industrias, asimismo como formar diagnósticos acertados y confiables, para aplicar mantenimiento de estos antes de presentar paros de producción.

La inspección del estado de los activos registra la situación de las máquinas y los equipos para estipular su calidad de productividad. Con tecnología IoT, se puede registrar todos los datos capturados, como: temperatura, vibración y códigos de error que determinan si el rendimiento de un equipo es óptimo. Una claridad superior permite maximizar la utilidad y la aplicación de los activos.

Esta propuesta apunta el compensar esta necesidad de la colectividad de las industrias en labor al momento de evidenciar el buen desempeño de

sus máquinas de trabajo. Se presenta como aporte la creación de un Sistema Control de Condición de Activos que ofrece soluciones significativas con respecto a la comprobación del rendimiento de las máquinas, como motores eléctricos.

Gracias al motor eléctrico correctamente dimensionado, que se utiliza como demostración de la eficacia de este proyecto. Se podrá hacer la prueba de comprobación velocidad y vibración del motor. De esta manera se logra probar el cambio de marchas a altas velocidades y en todos sus aspectos ahorrando tiempo en mantenimiento ya que no se necesitará buscar otros métodos de diagnóstico, ni mayor personal para comprobarlo.

Las empresas industriales, y todo negocio que tenga una gran cantidad de activos se verán beneficiados con este prototipo, ya que está orientado para facilitar el trabajo del personal de mantenimiento en la detección de fallos y problemas en sus activos. Se considera que agilizar el proceso de trabajo en las industrias tiene una gran importancia, ya que cada segundo que se paralice una producción y trabajo en toda empresa es considerado una pérdida significativa. La perspicacia e indagación por remediar problemas en áreas en el que se presentan un sinnúmero de requerimientos como es el sector industrial, es lo que conlleva a este paradigma de Proyecto de Desarrollo. Se evidencia con este trabajo la participación de los conocimientos adquiridos a lo largo del proceso académico, como la aplicación de soluciones de problemas con el uso de tecnología, la adaptación de los aprendizajes de ingeniería en este tipo de escenario, el manejo de sensores, conocimientos de electrónica, el empleo de Tecnología de Internet de Las Cosas, entre otros conocimientos.

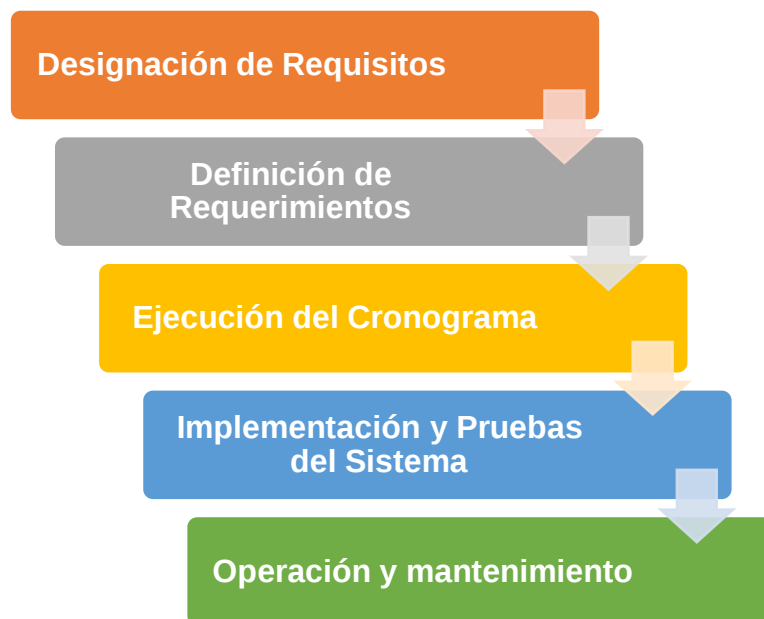
La utilidad de este proyecto está presente tanto como en soluciones de problemas en trabajo de campo con el análisis de vibración de motores eléctricos, mostrando las fallas en el motor, y también a nivel académico se

puede utilizar este prototipo para mostrar la aplicación de los sensores, del creciente uso de tecnología IoT, demostración de las bases teóricas de circuitos eléctricos, física, telecomunicaciones, entre otras asignaturas.

1.5 Metodología del Proyecto

En el presente proyecto de titulación se aplica la metodología de Scrum debido a que los requerimientos son cambiantes, el equipo de trabajo es pequeño y no se necesita de mucha documentación. Esta metodología se divide en 5 etapas.

Ilustración 2: Etapas del Proyecto



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

1.5.1 Diseño de la Investigación

En la actual tesis se tiene un diseño experimental de tipo cuasiexperimental ya que es el que se adapta perfectamente a nuestros requerimientos de búsqueda. El tipo de diseño cuasiexperimental perpetuamente intervienen

aposta, al menos, una variable independiente para constar en la mira de su efecto y correlación con una o más variables dependientes, Se distinguen de los experimentos “puros” en la convicción y fiabilidad respecto a la relación inicial de los grupos. En los diseños cuasiexperimentales los sujetos no se asignan a casualidad a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos inmediatamente están formados precedentemente del experimento: son grupos intactos. (Hernández Sampieri, 2010, págs. 147-148)

Cabe acentuar que este diseño no cumple con los requisitos de un experimento puro, no hay manejo de la variable independiente u otros grupos para comparación, tampoco podemos definir nuestro diseño de investigación con el diseño No Experimental, ya que se aísla de nuestro objetivo de búsqueda que es el acarrear una contribución a nuestro escenario de estudio y consumir un acrecentamiento del trabajo del monitoreo de condición de máquina.

En un análisis no experimental no se crea ningún contexto, al contrario, se observan situaciones que están existentes, no provocadas intencionalmente en la indagación por quien la realiza. En la pesquisa no experimental las variables independientes existen y no es permisible cambiarlas, no se tiene regulación directa concerniente a dichas variables tampoco se entremeterse sobre ellas, ya que ya sucedieron, similar que sus efectos. (Hernández Sampieri, 2010, págs. 149-152).

1.5.2 Enfoque de la Investigación

Para el enfoque de la investigación que se realiza, se elige el enfoque mixto dado que no se busca probar una hipótesis previamente establecida, pero si se hará uso de técnicas de recolección de datos estandarizados para el cumplimiento de los objetivos trazados, el presente trabajo será elaborado

bajo el planteamiento metodológico del Enfoque Mixto (Cuantitativo y Cualitativo). El fin de la investigación mixta no es sustituir a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, más bien recurrir a las fortalezas de ambos tipos de indagación combinándolas y esforzándose por disminuir las debilidades que puedan existir. (Hernández Sampieri, 2010, pág. 544).

1.5.3 Variables

- Variable Dependiente : Monitoreo De Estado De Maquina.
- Variable Independiente : Sistema Control De Condición

1.5.4 Hipótesis (Casualidad)

La implementación de un sistema control de condición en motores eléctricos de corriente continua con el uso de análisis de vibración e internet de las cosas provoca el desarrollo de un monitoreo de estado de maquina innovador y adaptativo.

1.5.5 Supuestos y Restricciones

1.5.5.1 Supuestos

- Adquisición de los implementos electrónicos para la construcción de activos para motores eléctricos.
- Diseño del diagrama de conexión del prototipo de monitoreo de vibración de condición de activos.
- Construcción del prototipo electrónico que permite controlar la condición de activos para motores eléctricos.
- Programación del microcontrolador Arduino MKR1000 para gestionar los datos de las variables de análisis de la condición del motor eléctrico.

1.5.5.2 Restricciones

- La aplicación del prototipo de hardware es exclusiva para el análisis del estado del motor eléctrico.
- El enfoque del prototipo se basa en analizar la condición de motores eléctricos de corriente continuo y no de corriente alterna.
- La misión principal del estudio del presente proyecto es monitorear el estado del motor eléctrico exceptuando acciones correctivas, preventivas o cualquier otro tipo de mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Estudio

Para el presente trabajo se efectúa un análisis de varias fuentes bibliográficas internacionales y locales para observar referencias de nuestro proyecto. A nivel nacional tenemos como antecedente la tesis de (Castellanos Chávez, 2015) quien realizó un estudio para la Universidad San Francisco de Quito en “El desarrollo de un plan de Mantenimiento Predictivo para una Planta de Producción Industrial en el Sector de Confitería”. Se analizaron el desbalanceo mecánico de motores eléctricos, así como también de máquinas rotativas, se logró captar fallas a través de un analizador de vibraciones, mostrando las señales que indicadoras las fallas. En este trabajo se lograron determinar datos de vibración de 48 sistemas donde se pudo realizar un mantenimiento basado en análisis de vibraciones.

Por otro lado, a nivel nacional, un trabajo de titulación relevante que nos ha antecedido al tema de tesis que posee un gran posicionamiento de la problemática en su estudio, corresponde a la tesis realizada para la Universidad Católica De Santiago de Guayaquil por (Mendoza Franco, 2019) quien realizó “Estudio y diagnóstico del estado de operación de motores eléctricos mediante análisis de vibraciones”. En este trabajo se ejecutó un análisis vibratorio de motores eléctricos para una planta empacadora de camarones. En este caso se muestra la viabilidad de la importancia del estudio de análisis de vibración en motores eléctricos ya que con los datos estadísticos que se obtuvieron en este estudio, cerca del 90% de las fallas en las maquinarias se debían a una modificación en la vibración de estos equipos. Y en base al análisis de estos datos se logra determinar cuál puede ser la falla y su causa.

También se considera rescatable el trabajo hecho para la Universidad Nacional de Loja, por los estudiantes (Coronel Valdivieso & Guevara Alba, 2010) que desarrollaron el “Diseño y montaje de un banco de pruebas para identificar las características de los motores eléctricos”. Por medio de esta labor consiguieron caracterizar los motores eléctricos de estudio con el uso de un banco de pruebas, y mediante gráficos obtuvieron medidas y datos característicos de un motor. Esto nos favorece y nos sustenta al momento de implementar un objetivo de proyecto distinguido por la presencia y uso de un banco de pruebas para el monitoreo de motores eléctricos, y conocer el comportamiento y su condición.

La aportación sustancial formalizada para la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, cometida por (Cornejo Ponce & Tinajero Guerra, 2015) del “Diseño y construcción de un banco de pruebas didáctico para realizar pruebas en motores de corriente directa”. Ellos consolidaron la práctica de su proyecto con el reconocimiento de la condición de motores de corriente directa, donde se colocaron elementos externos de fabrica del motor y observaron el funcionamiento de este al realizar ese cambio del diseño, y obtuvieron respuestas del comportamiento.

Así mismo para complementar, el trabajo de tesis para la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, por (Narváez Narváez & Contreras Pérez, 2020) del “Diseño y desarrollo de un prototipo de red de sensores con tecnología de Internet De Las Cosas usando Lorawan para monitorear parámetros ambientales en interiores y exteriores”. Nos muestra en este proyecto de titulación donde se aplicó el enfoque de adquisición a distancia de variables ambientales para acceder a ellos en tiempo real a través de interfaz web. Para captar variables como: humedad, temperatura, presión, ruido, radiación solar y calidad de aire en interiores y exteriores. Y todo esto lo lograron con la tecnología LoRa-Rak 811 integrado en Arduino MKR 1300, sensores y Raspberry PI 3. Tal y cual, a nuestro enfoque de nuestro

proyecto de tesis, donde se plantea monitorear variables de humedad, temperatura, vibración, aceleración, corriente, y con estas variables con el mismo concepto se implementa la tecnología inalámbrica IoT con sensores, y la distribución de Arduino MKR 1000 que nos permitirá visualizar la información de la condición del motor eléctrico por wifi y en tiempo real. Lo que afianza la estructuración de antecedentes bibliográficos y certeza de la viabilidad del proyecto de desarrollo expuesto

A nivel internacional, con respecto a la conceptualización y evidencia de la eficiencia del uso del Banco de Pruebas como base de la composición del prototipo de monitoreo, presentamos el siguiente trabajo de tesis perteneciente a la institución Universidad Nacional Autónoma de México, de (Rodríguez Andrade, 2014) el cual expuso el “Diseño y construcción de un banco de pruebas para la caracterización de los motores eléctricos de corriente continua”. Aquí se realizó una valoración completa al banco de pruebas para motores eléctricos de arranque por capacitor, el banco de pruebas monta con la capacidad de perpetrar pruebas de identificación de los motores eléctricos en colocación horizontal. Con respecto al ruido por vibración se evaluó con dispositivo de medición, por lo que logró demostrar la reducción de ruido por vibración.

De la misma manera tomamos en consideración para anteceder nuestro estudio, el artículo científico realizado para la Universidad de Holguín por (Batista Rodríguez & Torres Rodríguez, 2010) de un “Estudio de estudio de la vibración en motores eléctricos de corriente continua”. Donde indica que el estudio que se realizó ayudó a detectar defectos de los motores y captar datos necesarios para aplicar del mantenimiento mediante el análisis de las vibraciones. La detección de las fallas permitió el poder corregirlas a tiempo, así librando de averías significativas en el rodamiento, entre otros componentes.

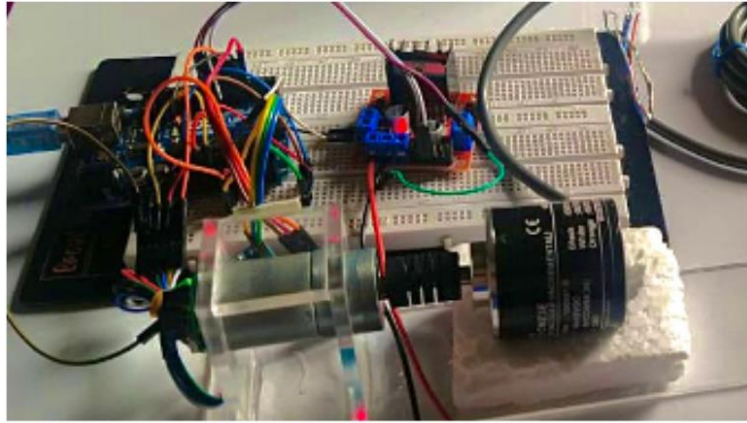
Por último, considerando la eventual aportación renovadora en el monitoreo de motores eléctricos y el análisis de vibración, donde el concepto de utilizar la tecnología inalámbrica para el manejo y uso de los datos del sistema de monitoreo. Presentamos la tesis para la Universidad Autónoma Del Estado De Morelos, por la estudiante (Salazar Aguilar, 2020) del “Diseño del Sistema Inteligente para Control Automatizado de Invernaderos”. En este estudio al igual que nuestro tema de titulación, se buscó el establecer mediante el uso de una distribución de Arduino y la tecnología inalámbrica, en este caso tecnología bluetooth. Se logró conectar al celular con el módulo bluetooth (HC-06 ó HC- 05), fue posible visualizar en el dispositivo móvil los valores que arrojan los sensores y poder establecer condiciones para el control automatizado del prototipo de invernadero. Esto nos refiere el hecho de que la idea de implementar tecnología que facilite el acceso de los datos de monitoreo es una labor y una idea muy aprovechada en el campo de la ingeniería.

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Monitoreo de Condición

El monitoreo de condición es el procedimiento de evaluar de carácter periódico uno o más parámetros en la maquinaria, con el resultado de reconocer cambios significativos que usualmente indican fallas en proceso. La determinación de monitoreo de condiciones para motores eléctricos permite hacer un aprendizaje constante de los parámetros que frecuentemente se presentan y puede alcanzar a averiguar fallas con superior anticipación que un mantenimiento empírico. Con el monitoreo incesante y al análisis de voltaje y corriente, se puede descubrir fallas eléctricas, mecánicas y de proceso de los motores eléctricos de corriente continua. (Moreno García, Becerra Vargas, & Rendón Echeverri, 2015).

Ilustración 3: Prototipo para monitoreo de condición del proyecto
“Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para
motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las Cosas”



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay
Fuente: Investigación directa

2.2.2 Análisis de Vibración

Se refiere al monitoreo, análisis y estudio de las vibraciones mecánicas que caracterizan el equipo, como temperatura, las tensiones, perdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por agotamiento de los materiales, también de ruidos molestos en el círculo laboral, entre otros aspectos. (Renovetec, 2020).

2.2.2.1 Vibración

Se denomina una vibración al columpio o el movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de estabilización. Por tanto, la posición de estabilización es la que llegará cuando la fuerza que actúa sobre este sea cero. Este espécimen de vibración se denomina vibración de cuerpo entero, significa que todas las partes del cuerpo se movilizan juntas en la misma orientación en cualquier instante. (Mendoza Franco, 2019).

La agitación de la vibración se puede estudiar como el vaivén de un cuerpo cerca de un enfoque de equilibrio. Todas las estructuras presentan una señal de vibración donde exhiben sus características, y se dictamina que la vibración que tiene dicho dispositivo es periódica si el desplazamiento que realiza se vuelve a repetir en sus características en un periodo de tiempo (T). En este paradigma, las máquinas rotativas incluso presentan su propia señal de vibración, encontrándose en ella los datos de todos los componentes del aparato.

Por consiguiente, la señal de vibración de un aparato es la consecuencia de todas las señales vibratorias de sus componentes, y tras ser inspeccionado se puede instituir un patrón de fallo, en que se ve el por qué y el cómo falla el artefacto, donde se verá el por qué y el cómo falla la máquina. La base primordial de una señal vibratoria en la influencia del tiempo forma las ondas sinusoidales, siendo las más simples y forma la grafía de las ondas puras. (Glen White, 2010).

2.2.2.2 ¿Por qué Análisis de Vibración?

Los estudios que se han generado en esta apariencia han hallado, que el desalineamiento es una de las considerables primeras causas de la vibración, esta puede prevenirse con amaestramiento en la materia, pero hasta que no mejoren los métodos del alineamiento existirá una gran urgencia de su análisis. La mayoría de las empresas no tienen normas definitivas en cuanto a lo que se considera un buen alineamiento de la maquinaria, lo que los operarios normalmente hacen es alinear de manera aproximada. Pero las tolerancias del alineamiento deberían estar en manos de factores como la categorización de equipos, el tamaño, el tipo del acople, el diámetro que tenga el acople, la velocidad de la marcha del motor, entre otros. (Álvaro González, Cardona, & Monroy, 2005).

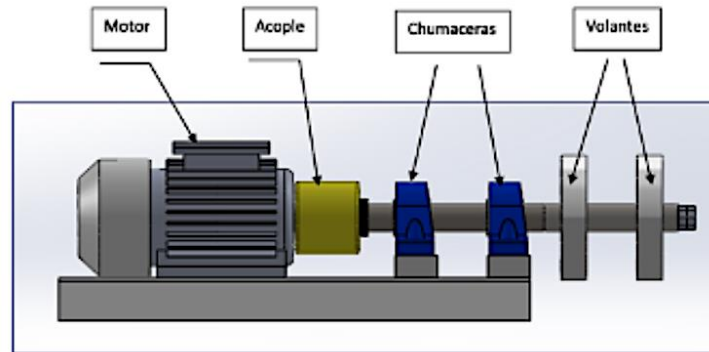
La presentación de fallas en rodamientos ha llevado a los especialistas a ejecutar numerosas investigaciones, de las cuales han surgido gran cantidad de métodos de detección de fallas incipientes, Pero exclusivamente uno de ellos ha contenido gran implementación, sobre todo en el ámbito industrial en el que se necesitan soluciones de costos reducidos y de resultados óptimos. A esta práctica se le conoce como Análisis de Vibraciones, porque consiste en estudiar de las velocidades y las aceleraciones mecánicas se presenten en el motor cuando tenga fallas en el mismo.

2.2.2.3 ¿Cómo realizar Análisis de Vibración?

Para conllevar las mediciones de vibraciones, es obligatorio instalar sobre el exterior del motor al menos un sensor, que envíe la señal a un registrador para luego ser analizada. Ya que este procedimiento es inmediato y de gran confiabilidad en el descubrimiento de alteraciones, es preciso poseer acceso y ubicarse en contacto inmediato con el motor para consumir las mediciones. (Cabanas , Gonzalo, Cano Rodríguez, García Melero, & Solares Sariego, 1998).

El motor eléctrico de corriente continua se encuentra unido al eje por medio de un acople rígido, el eje se encuentra soportado por dos chumaceras y aloja dos volantes al extremo derecho del eje, cada una con 8 orificios que permitirán la incorporación de pequeñas estructuras para realizar desbalanceo.

Ilustración 4: Vista frontal del banco de pruebas para el estudio de desbalanceo de rotores en voladizo



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: (Álvarez Naranjo, 2013)

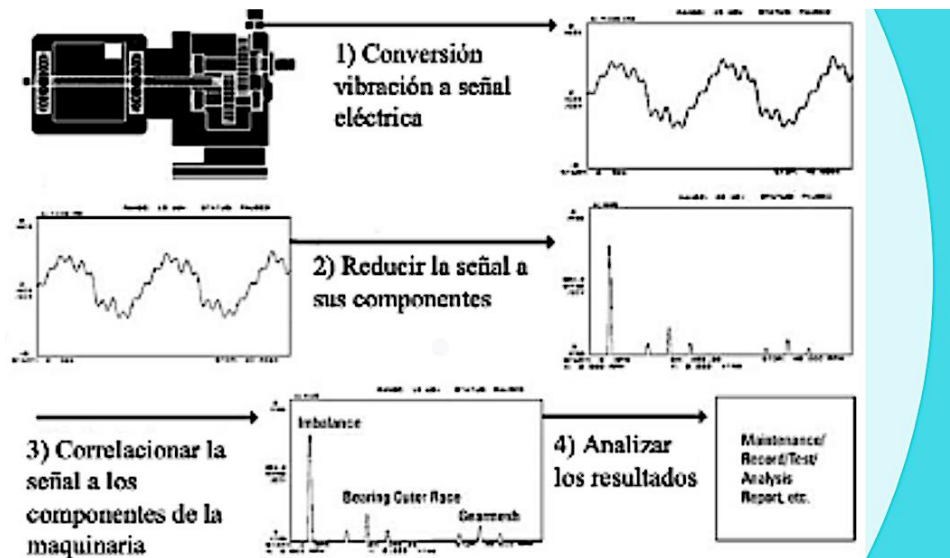
2.2.2.4 Sistema de Monitoreo de Vibraciones

Un sistema de monitoreo de vibraciones efectivo cuenta principalmente con 4 etapas:

1. La primera etapa consiste en convertir la vibración a una señal eléctrica. Esto se logra mediante el acelerómetro que incluye el analizador de vibraciones. La ubicación y el montaje adecuados del sensor determinan la calidad de la señal.
2. La segunda etapa involucra reducir la señal a sus componentes individuales. En este caso el instrumento mediante el análisis de Fourier permite realizar la conversión.
3. En la tercera etapa se deben correlacionar los componentes individuales de la señal a la maquinaria. Esto se puede realizar mediante la determinación de las frecuencias de cada uno de los componentes o mediante la comparación de la señal a señales bases para defectos comunes.

4. Finalmente se analizan los resultados. En función del tipo de señal se puede determinar el componente con un defecto que puede presentar una falla potencial.

Ilustración 5: Etapas de un sistema de monitoreo de vibraciones



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: (Castellanos Chávez, 2015)

2.2.2.5 Parámetro de las Vibraciones

- **Frecuencia:** Es en sí, el tiempo que se necesita para culminar un ciclo de vibración. En los diferentes estudios sobre Vibración se utilizan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
- **Desplazamiento:** Es el total de la distancia que describe el mecanismo vibrante, desde un extremo al otro de su desplazamiento.
- **Velocidad y Aceleración:** Es un valor que se relaciona con los valores anteriores mencionados.
- **Dirección:** Las vibraciones suele ocurrir en 3 direcciones en formato lineal y 3 en formato rotacional.

2.2.2.6 Tipos de Vibraciones

- Vibración libre: Causado por un sistema que vibra por medio de una estimulación instantánea.
- Vibración forzada: Ocasionado por un sistema vibrante por a una excitación firme de las vibraciones mecánica.

2.2.2.7 Fallos Detectables por Vibración

- Vibración debida al Desequilibrado (Maquinaria Rotativa).
- Vibración debido a gran ausencia de Alineamiento del motor.
- Vibración debida a la Excentricidad (Maquinaria Rotativa).
- Vibración a causa de fallas en los rodamientos.
- Vibración a casada de problemas de engranajes de la Transmisión (Ya sea por desperfecto de aceitado, holguras, roces, etc.).

2.2.2.8 Vibraciones en Motores Eléctricos

Entonces la vibración es el desplazamiento armónico de un aparato, o dispositivo, en cualquier trayectoria del espacio a partir de su posición de equilibrio. Ordinariamente, el origen de la vibración ocurre en los fallos mecánicos, como son: el desequilibrio de los elementos rotativos del motor, la desalineación en acoplamientos del eje, engranajes desgastados o que estén prácticamente dañados, y rodamientos dañados; en las fuerzas aerodinámicas o en fuerzas hidráulicas, o también puede ser en fallos eléctricos. Estas causas se obtienen estudiando las características de vibración.

Las características más importantes de las vibraciones están los siguiente: la frecuencia, desplazamiento del motor, la velocidad, aceleración y energía de impulsos. La frecuencia es un aspecto sencillo pero significativo en este tipo de estudio; se define como la cifra de ciclos completos en una etapa

de tiempo, y su unidad característica es cpm (ciclos por minuto). Los distintos problemas se ven captados por las frecuencias similares a la velocidad de giro.

La anchura de la vibración demuestra la calidad, o severidad del inconveniente; esta función da una idea del estado actual de la máquina. Se puede estimar la amplitud de deslizamiento, la velocidad o la aceleración del motor. La energía de impulsos ofrece datos necesarios a la hora de estudiar vibraciones; este parámetro mide los impulsos de energía de vibración de temporal duración.

La adquisición de la información es el paso que más resalta al momento de hacer un análisis de vibraciones. Ya que, a partir de usar el sensor de acelerómetro como elemento de medición, la vibración se tomará habitualmente de los rodamientos del aparato en lugares donde es más probable que ocurran fallos, ya sea por acoplamiento o equilibrio, puntos donde se emitan las fuerzas vibratorias por medio de un acelerómetro. (Moreno García, Becerra Vargas, & Rendón Echeverri, 2015).

2.2.2.9 Análisis de Vibraciones en Motores Eléctricos

El análisis de vibración tiene como fin principal el descubrir de ellas el máximo número de datos relevantes; para esto existen diferentes métodos de estudio, tanto en el dominio tiempo como en el dominio frecuencia, los que también tienen sus beneficios en diferentes ámbitos. (Moreno García, Becerra Vargas, & Rendón Echeverri, 2015).

2.2.3 Fallas Mecánicas de Motores Eléctricos

Las fallas crecidamente comunes que se presentan en los motores eléctricos los rodamientos, las bobinas, los ejes o acoples, entre otros aspectos.

Cuando la equivalencia de la tensión de línea en cada fase no sea igual, existirá el riesgo de que la tensión se descompense. Si el balance o la tensión exceden el porcentaje de 1% se crea una prominencia de la temperatura, es decir, el motor eléctrico obra en caliente, provocando el descarrío del sistema.

En este contexto, otras áreas del trabajo del motor eléctrico asimismo resultan afectadas. Es decir, se puede causar un desgaste en la capacidad de par, un efecto de cambio en la frecuencia de giro de carga plena, o la toma de energía puede trascender estrechamente descompensada en relación de la frecuencia de giro estándar de trabajo. Ante este escenario, hay que denominar al provisor de corriente eléctrica para que resuelva el estado descompensado del suministro.

A continuación, se muestran los espectros para los problemas más comunes que pueden ser detectados mediante el análisis de vibraciones:

- Desbalance: La vibración ocasionada en el rotor es el problema más común que se puede diagnosticar. Se lo conoce como el estado actual de un rotor cuando vibra con fuerza o con movimiento se muestra en los rodamientos como consecuencia de fuertes giros. (Scheffer & Girdhar, 2004). Esto es causado por una distribución desigual de masa en uno de los componentes. La figura 2.5 muestra el espectro de vibraciones para este tipo de falla.
- Niveles de vibraciones: La gravedad de la falla viene a determinarse por la amplitud de la medición en cada frecuencia. Estos valores vienen a ser controlados y normalizados por la Organización Internacional de Normalización ISO. La normativa ISO 10816-3 evalúa vibraciones mediante mediciones en partes no rotativas y determina los límites de vibración para cada caso.

Ilustración 6: Zonas de Severidad de Vibraciones

Velocidad mm/s rms								
		D						
11.00								
7.10		C						
4.50								
3.50		B						
2.80								
2.30								
1.40		A						
0.71								
Montaje	Flexible	Rígido	Flexible	Rígido	Flexible	Rígido	Flexible	Rígido
Tipo de máquina	Maquina medianas 15kW-300kW		Maquinas grandes 300kW-50MW		Bombas, P>15kW radiales, axiales, flujo mixto			
	Motores altura eje H>315mm		Motores altura eje 160mm<H<315m m		Conductor Externo		Conductor Integrado	
Grupo	1		2		3		4	

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: (ISO-International Organization for Standardization, 2009)

La Ilustración 6 muestra los valores de velocidad media cuadrática (rms) aceptables para cada zona en función del tipo de máquina, el acople o tipo de motor y el montaje que tiene la misma.

Un montaje se considera rígido cuando la frecuencia natural más baja del sistema máquina - sistema de soporte es mayor que la frecuencia de rotación del sistema en un 25%. Caso contrario se considera un montaje flexible.

Los motores medianos y de baja potencia usualmente se consideran bajo un tipo de montaje rígido. (ISO-International Organization for Standardization, 2009).

Las zonas de vibración se clasifican así:

- Zona A: Vibraciones para maquinaria nueva.
- Zona B: Vibraciones considerables aceptables para un periodo de trabajo sin restricción.
- Zona C: Vibraciones consideradas no aceptables para un periodo de funcionamiento a largo plazo, se debe programar un mantenimiento.

A pesar de tener una normativa que indique los valores aceptables para los niveles de vibración, estos sirven como una referencia para el usuario. Puede darse el caso que un equipo acepte niveles de vibraciones distintos. El fabricante de la máquina puede dar referencias en este caso. (Castellanos Chávez, 2015).

2.3 Fundamentación Legal

Nos basamos en la normativa IEC 60137:2017 “Los destinados al uso de aparatos eléctricos, maquinaria, transformadores, e instalaciones para sistemas de corriente alterna trifásicos, que tienen voltajes más alto para equipos por encima de 1000 V y frecuencias de potencia de 15 Hz. incluyendo 60 Hz.”

También en el régimen de la norma NTE INEN 3098:2016 2016-07 del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN “Sistemas y equipos de transmisión, distribución y utilización para su uso en tales sistemas con una frecuencia normalizada de 60 Hz con un voltaje nominal por encima de 100 V o por debajo de 750 V en DC, estando los voltajes en corriente alterna enfocados en aplicaciones de 60 Hz; como dispositivos que incluyen baterías, otros equipos de provisión de energía, aparatos y máquinas

eléctricas (englobando el ámbito industrial y de comunicación).” En que se establece que las aplicaciones que tienen voltajes que exceden los 120V se consideran destinados a aplicaciones de industria.

También nos reverenciamos de la norma NTE INEN 2 498:2009 del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN “Los motores eléctricos deben tener una eficiencia nominal igual o mayor a 99,0. Esta eficacia se debe notar en la placa de datos”.

2.4 Pregunta Científica a Contestarse

¿La aplicación de un sistema control de condición basado en análisis de vibración y tecnología IoT puede ofrecer monitoreo de los componentes de un motor eléctrico?

2.5 Definiciones Conceptuales

2.5.1 Motor Eléctrico

Al mencionarse sobre un motor eléctrico se refiere a un dispositivo eléctrico que consigue convertir la energía eléctrica en energía mecánica mediante la usanza de interacciones electromagnéticas.

Comprende de dos partes, una establecida con el nombre de estator, y otra parte es movable llamado rotor. Los dos están realizados en composición ferromagnético, y constan de una hilera de ranuras donde se agrupan los hilos conductores de metal que crean el devanado eléctrico. Básicamente en todo motor eléctrico hay dos tipos de devanados: el incitador o inductor, que es el que inicia el campo magnético para incitar las tensiones en la bobina, que se denomina como incitado, ya que en el se muestran las energías eléctricas que generan el par de rendimiento necesitado. (Coronel Valdivieso & Guevara Alba, 2010).

2.5.2 Partes de un Motor Eléctrico

- Estator: Se refiere a la parte estática del motor, mecanismo que trabaja para permitir la rotación del motor. El estator no se moviliza mecánicamente, aunque sí magnéticamente. Existen dos tipos: Estator de polos salientes y el Estator ranurado. Este estator está construido por un agregado de láminas de acero al silicio, que ayuda a pasar por medio del flujo magnético con comodidad; y afloja los devanados denominados polos magnéticos. Los polos de un motor siempre son pares. (Rosales Fernández, 2014).
- Rotor: Constituye la parte móvil del motor. Es el dispositivo de transmisión mecánica, por lo que de él depende la transformación de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, comprenden un agregado de hojas de metal al silicio que crea un envoltorio, y prácticamente son de tres tipos: el Rotor ranurado, Rotor de polos salientes y el Rotor jaula de ardilla.
- Tipos de bobinas: Un motor monofásico tiene dos grupos de devanados en el estator: El de vanado principal o de vanado de trabajo, y el de vanado auxiliar o de arranque. Estos dos devanados se conectan en paralelo, al voltaje de línea. El devanado de responsabilidad se forma por conductores gruesos y contiene muchas espiras más que el devanado de arranque, el devanado de arranque contiene menos espiras de sección delgada.
- Carcasa: Es el pedazo del motor que sirve de seguridad para proteger al estator y al rotor. Hay carcasas de diferente tipo, como: las carcasas Totalmente cerradas, las Abiertas, A prueba de goteo, A prueba de explosiones, De tipo sumergible.

- Caja de Conexiones: Denominado también la placa de bornes, cubre a los conductores que dan energía al motor, protegiéndolos del trabajo mecánico de este.

2.5.3 Motor Eléctrico de Corriente Continua

El motor de corriente continua es el motor que logra convertir la energía eléctrica en mecánica. A este modelo de motores se los toma como los más versátiles en la industria, por su fácil control de posición, para parar al motor y la velocidad.

2.5.4 Tipos de Motores de Corriente Continua

- En derivación: El estator asume energía de la tensión similar del inducido.
- Independiente: El estator y el inducido toman energía de fuentes separadas o de Fuentes que son independientes.
- En serie: El estator y el inducido se unen de tal forma que por ellos circula exactamente la corriente.
- Compound: Es la mezcla de las uniones en serie y en bifurcación.

2.5.5 Motor Sincrónico

Es en particularidad funciona haciendo que los imanes del campo se monten en el rotor y se estimulan mediante corriente continua, y las bobinas de arnés están divididas en tres partes y con la energía dada por con corriente continua.

2.5.6 Motor Asincrónico

Es en particularidad funciona haciendo que los imanes del campo se monten en el rotor y se estimulan mediante corriente continua, y las bobinas de arnés están divididas en tres partes y con la energía dada por.

2.5.7 Microcontrolador Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo (IDE). Y está diseñada para facilitar el realizar diferentes tipos de proyectos de electrónica. Al ser hardware libre, la plataforma Arduino permite que cualquier persona o empresa pueda diseñar su propia tarjeta a partir de un mismo concepto base, para adaptarla a una necesidad en específico. (Arduino, 2019).

Una de sus principales características del software y del lenguaje de programación es lo fácil de poder usarse. Al ser software libre, da acceso a que cualquier persona interesada pueda crear aplicaciones para las placas, modificar y utilizar los códigos. (Arduino, 2019).

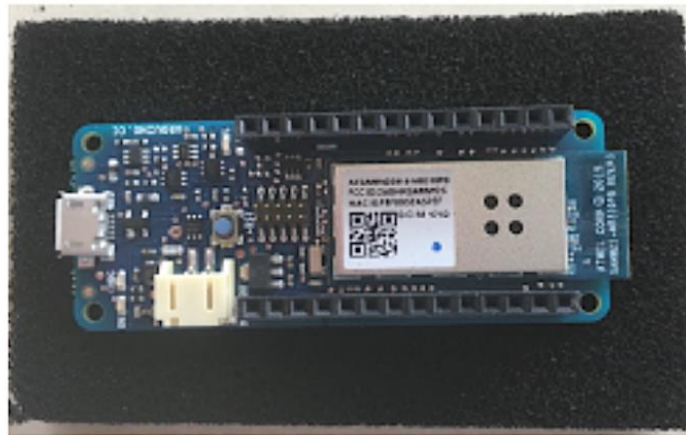
El ambiente Arduino fue formado por estudiantes, en la academia de Diseño de Interacción Ivrea, querían facilitar que los demás estudiantes que no tuvieran bastante práctica en electrónica y programación pudieran instaurar prototipos de forma fácil y rápida. Se logró que hubiera una alternativa más económica para poder adquirir tarjetas electrónicas.

Al ser las placas Arduino menos costosas comparadas con otras plataformas de microcontroladores, nos permite disminuir el costo total de lo que involucra la implementación de un sistema de control.

La estructura básica de programación en la plataforma Arduino se divide en dos partes: Setup y loop. Setup () constituye la preparación del programa, es donde se incluye la declaración de variables, se trata de la primera función que se ejecuta en el programa, una única vez, se emplea para configurar los puertos que correspondan a entrada o salida. La función

loop () incluye el código a ser ejecutado de manera continua, leyendo las entradas de la placa, salida, etc.

Ilustración 7: Arduino MKR 1000



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

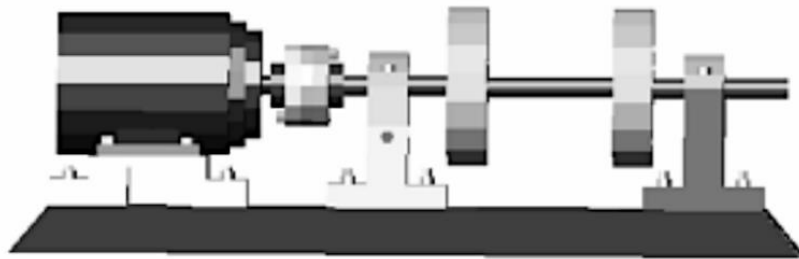
Fuente: Investigación directa

2.5.8 Banco de Pruebas

El banco de pruebas de desalineamiento y desbalanceo utiliza las vibraciones mecánicas fundamenta su energía de potencia en un motor de corriente continua sincrónico, por desenvoltura de fabricación, sustento más cómodo, y escaso costo.

El banco de pruebas contiene sensores, temperatura, acelerómetro, corriente y voltaje los que miden las variables características del motor. El armazón debe poseer un régimen anti vibratorio para impedir que todo el sistema entre en resonancia.

Ilustración 8: Vista frontal del banco



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: (Álvaro González, Cardona, & Monroy, 2005)

2.5.9 Selección del Acople

Los acoplamientos son nada más que herramientas que ayudan a unir de dos elementos rotatorios, dado en nuestro proyecto ayudan a unir el eje rotatorio y facilitan emitir potencia entre ellos. Se llega a escoger para el proyecto un acoplamiento de Disco Flexible Eje de 5 A 8mm. (Álvaro González, Cardona, & Monroy, 2005).

Ilustración 9: Flexible Metálico Eje Motor Cnc 3d Encoder 5 A 8mm

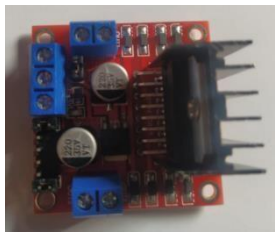


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

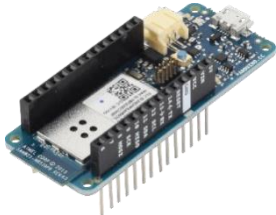
Fuente: Mercado Libre Ecuador

2.5.10 Dispositivos Electrónicos (Sensores)

Cuadro 1: Dispositivos Electrónicos

IMAGEN	NOMBRE DEL MÓDULO	ESPECIFICACION TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN
	Sensor de corriente ACS712ELCTR-30 ^a -T	Voltaje de salida: Análoga output 66mV / A Voltaje de operación: 4.5V ~ 5.5V Salida de voltaje sin corriente: VCC / 2 Dimensiones PCB: 31 (mm) x14 (mm) 5 µs tiempo de subida de salida en respuesta a la corriente de entrada escalonada Ancho de banda 80 kHz Error Total Salida: 1.5% at TA = 25°C Resistencia interna: 1.2 mΩ valor mínimo de voltaje entre los pines 1-4 a los pines 5-8: 2.1 kVRMS.	De 30 Amperios de capacidad DC. Este módulo basado en el circuito integrado ACS712 de Allegro MicroSystems permite medir la cantidad de energía que pasa a través de un circuito de corriente directa (DC). El camino para medir la corriente es internamente en el circuito integrado y se encuentra separados del circuito de procesamiento.
	Driver Puente H L298N 2 ^a	• Chip: L298N • Canales: 2 (soporta motores DC o 1 motor PAP) • Voltaje lógico: 5V • Voltaje de potencia (V motor): 5V – 35V DC • Consumo de corriente (lógico): 0 a 36mA. • Capacidad de corriente: 2^a (picos de hasta 3^a) • Potencia máxima: 25W • Dimensiones: 43 * 43 * 27 mm • Peso: 30g	El chip L298N en su interior contiene 2 puentes H que permiten manipular 2 motores DC. El módulo ayuda a controlar el sentido y velocidad de giro de motores mediante señales TTL que se logran obtener de microcontroladores y tarjetas de desarrollo como Arduino, Raspberry Pi o Launchpads de Texas Instruments.

	Pololu 9.7:1 Metal Gearmotor 25dx48l Mm Hp 12v + Encoder	Relación de transmisión: 9.68: 1 Velocidad sin carga a 12V: 1030 rpm Corriente sin carga a 12V: 300 mA Corriente de bloqueo a 12 V: 5600 mA Par de 12V: 44 oz · en Velocidad sin carga a 6V: 515 rpm Corriente de 6V: 2800 mA Par de parada a 6V: 22 oz · en Tipo de motor: 5.6ª parada @ 12V (HP 12V)	Este motorreductor se forma por un motor Corriente Continua de 12 V de alta potencia unido con una caja de engranajes metálicas y contiene un codificador de cuadratura en su interior de 48 CPR en el eje del motor, ofreciendo 464.64 conteos por revolución por minuto del eje de salida. El motorreductor es cilíndrico, con un diámetro que llega a 25 mm, y el eje de salida en forma de D tiene 4 mm de diámetro y puede extenderse a 12,5 mm desde la placa frontal de la caja de engranajes.
	Fuente de Poder con SSR Enmallada modelo HM- 998D.	• Led de guía • Perilla de ajuste para salida de energía • Input: AC 110V / 220V • Output: +5V (9ª) / +12V (2ª) / +8V (0.5ª) / SSR • Color: Cromado en Mallado Son del tipo de fuente conmutada, para reducir el consumo en la entrada y poder entregar gran cantidad de corriente a bajos voltajes de +5 y +12 volts.	Son del modelo de fuente, que reduce el gasto en la entrada y lograr enviar gran cantidad de energía a bajos voltajes como 5 - 12 volts.

	Batería Lipo 1s 3,7v 1200mah Turnigy 1c W/2 Pin Jst-ph Drone	Capacidad: 1200mAh Configuración: 1S / 3.7v / 1Cell Descarga constante: 1C Peso de la celda: 20.5g Dimensiones: 48 x 33 x 6 mm Conector de carga / descarga: 2 pines JST-PH	Estas baterías son recargables, normalmente son utilizadas en aplicaciones que requieren corrientes superiores a 1ª con bajo peso y de tamaño reducido, como sistemas de radio control, aviones, drones, cámaras, teléfonos móviles, linternas, etc.
	Arduino MKR1000 (con Headers)	• Microcontrolador: SAMD21 Cortex- M0 + 32 bits de baja potencia ARM MCU • Se alimenta por USB: 5V • Voltaje de funcionamiento del circuito: 3.3V • Pines de E/S digitales: 8 • Pines PWM: 12 • Memoria Flash: 256 KB • SRAM: 32 KB • Entrada USB de última generación y un host integrado.	El Arduino MKR1000 es una distribución poderosa que une la particularidad de un Arduino Zero y un práctico shield WiFi. Esta flaca placa ha sido creada para brindar un recurso práctico y beneficioso para los que desean estructurar proyectos de IoT con una mínima experiencia previa en redes. Se fundamenta en el Atmel ATSAMD21 Sistema en Chip, que forma parte de la familia SmartConnect de equipos inalámbricos Atmel creados justamente para Internet de las Cosas (IoT).

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

2.5.11 Comunicación Inalámbrica

La comunicación sin alambres comprende a la comunicación entre dispositivos o entre personas que intercambian datos usando el espectro electromagnético. (Prieto Blázquez, 2015)

Los beneficios de comunicarse sin alambre en relación a las tradicionales son: su precio, el movimiento, el bienestar, la oportunidad de agrandar el sistema, la accesibilidad y variabilidad. Aunque, sus limitaciones son: el consumo, la destreza de transmisión de datos de forma limitada, la calidad y la seguridad. (Prieto Blázquez, 2015).

2.5.12 Internet de las Cosas (IoT)

Con el Internet de las cosas (IoT) convirtiéndose en un concepto esencial en la sociedad moderna, en la actualidad existen varios tipos de dispositivos que están conectados entre sí, desde microsensors hasta electrodomésticos y automóviles. Hoy por hoy, podemos acceder de forma remota a la mayoría de las cosas del mundo. Las interacciones entre estos dispositivos y los humanos son el núcleo de IoT, y lo que hace posible estas conexiones es la tecnología de comunicación. (Narváez Narváez & Contreras Pérez, 2020).

El Internet de las cosas se fundamenta en la convergencia de las tecnologías de la información y se puede dar en diversos niveles: la nube, redes de datos, la comunicación y dispositivos de uso diario.

2.5.13 Arquitectura IoT

A lo largo del tiempo varios investigadores detallados las arquitecturas para Internet de las Cosas que agrupan con mayor o menor detalle los aspectos de IoT. (Narváez Narváez & Contreras Pérez, 2020).

Una de las arquitecturas más básicas es la denominada de tres niveles, que incluye:

- Nivel de percepción: Creado por un grupo de sensores, donde captan datos en cualquier medio en el que se encuentren.
- Nivel de red: Se en carga de conectar los equipos (sensores y servidores) entre sí para emitir y recolectar datos.
- Nivel de aplicación: Responsable de ofrecer y visualizar los servicios necesitados por el usuario. En el caso específico de este proyecto, tiene la función de mostrar los parámetros de condición.

2.5.14 Tipos de Mantenimiento

Aunque en las limitaciones de este trabajo de proyecto, no nos enfocamos en el ejercer un mantenimiento como parte de los objetivos del desarrollo del entregable de tesis, aun así, es necesario conocer los tipos de mantenimiento que se pueden desarrollar una vez se haya efectuado un análisis vibratorio. El desarrollo generacional de los tipos de mantenimiento se puede resumir en los siguientes tipos: El Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, y el Mantenimiento Proactivo. (Scheffer & Girdhar, 2004).

- Mantenimiento preventivo: El ideal bajo el cual se fundamenta este tipo de mantenimiento es el desarrollo de un cronograma de actividades a ejecutarse en intervalos predeterminados. Estos pueden ser días

calendario o el número de horas de funcionamiento de una máquina. Este acercamiento es efectivo cuando se tiene maquinaria que no trabaja continuamente y se dispone de un tiempo de pausa para realizar las actividades de mantenimiento. Los inconvenientes están en que las actividades de mantenimiento se ejecuten cuando no son requeridas o cuando las fallas son muy complicadas. Por otra parte, se pueden reemplazar componentes sin evidencia de una falla funcional avanzada.

- **Mantenimiento predictivo:** Se enfoca en programar las actividades únicamente cuando se detecta una falla funcional. Las actividades son monitoreadas periódicamente por medio de una de las técnicas de mantenimiento predictivo disponibles (termografía, ultrasonido, análisis de lubricantes, análisis de vibraciones) y cuando se detecta una tendencia que puede afectar a la máquina se programa el mantenimiento. Al realizar un monitoreo continuo se evita el realizar un mantenimiento redundante y el inventario de repuestos utilizable en planta puede reducir y ser inspeccionado de excelente modo. De la misma forma al evitar una pausa la capacidad productiva de la planta aumenta. Las desventajas que puede presentar este tipo de mantenimiento radican en el nivel de calificación y experiencia de los técnicos para realizar una evaluación apropiada del tipo de falla que se presenta. Aparte los equipos necesarios para realizar cada una de las evaluaciones tienen que ser calibrados correctamente o pueden presentar errores.
- **Mantenimiento proactivo:** Se basa en identificar los modos de falla y la causa raíz para cada problema que se pueda presentar. Junto con técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo el enfoque que se tiene en este caso es reducir o eliminar algunos defectos y fallas funcionales que ocurran continuamente. De la misma forma que el mantenimiento predictivo las ventajas que trae esta metodología

incluyen un aumento en la capacidad productiva, programación efectiva de los mantenimientos y reducción del inventario de repuestos necesarios. El principal inconveniente que presenta es el alto nivel de capacitación y conocimientos requeridos para que los técnicos de mantenimiento puedan llevar a cabo todas las tareas sin inconvenientes.

2.5.15 Sistemas de Comunicación Inalámbrica

Como lo expresa el autor Prieto la comunicación sin alambres comprende a la comunicación entre dispositivos o entre personas que intercambian datos usando el espectro electromagnético. (Prieto Blázquez, 2015).

Las ventajas de comunicaciones sin alambres: Es su coste, el desplazamiento, la comodidad, la oportunidad de agrandar el sistema, fácil acceso y versatilidad. Por otro lado, sus limitaciones son: el consumo, la capacidad de transferencia limitada de datos, la calidad y la seguridad. (Prieto Blázquez, 2015).

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA TECNOLÓGICA

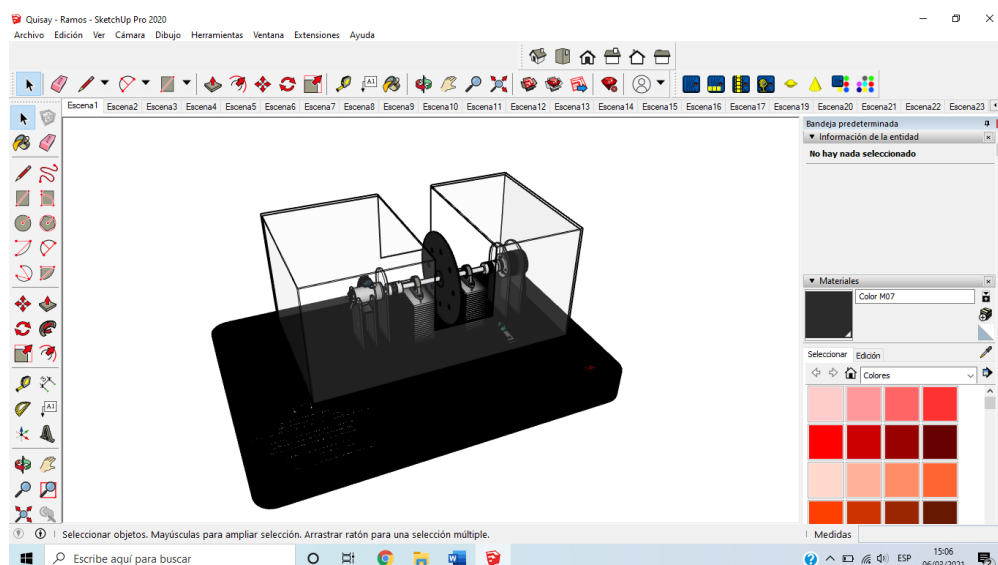
3.1 Planificación de la Propuesta

La propuesta está dirigida a satisfacer la necesidad de monitorear la condición de los activos como los motores eléctricos a base de un sistema control de condición en un banco de pruebas que utilice el análisis de vibración y tecnología de Internet de Las Cosas. Ejecutándose de la siguiente forma:

3.1.1 Diseño del Prototipo

Para empezar en esta construcción del prototipo de la propuesta tecnológica comenzamos con el Diseño del esquemático de este, se desarrolló el modelado en el software de diseño 3D SketchUp en el cual en este ambiente de desarrollo se plasmó virtualmente la estructura y composición del arquetipo del sistema embebido.

Ilustración 10: Diseño del arquetipo de Proyecto en plataforma SketchUp



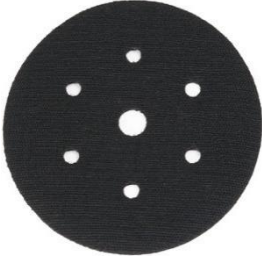
Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

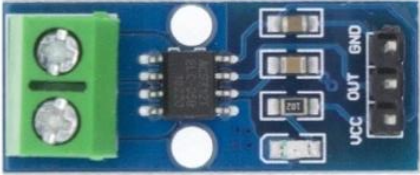
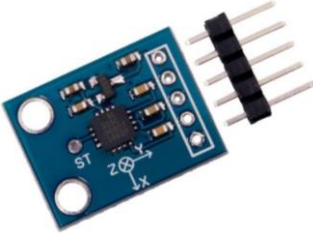
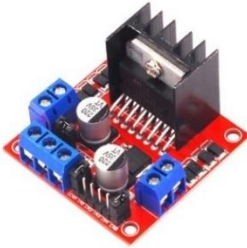
Fuente: Investigación directa

3.1.2 Materiales del Prototipo

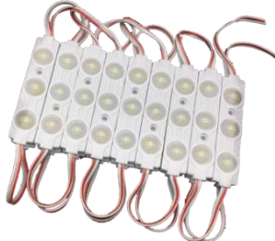
Para la edificación del Prototipo de hardware del Sistema Control de Activos está estructurado por los siguientes materiales:

Cuadro 2: Materiales para la construcción del Banco de Pruebas y el Sistema Embebido

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
1	Motor eléctrico 25Dx48L mm HP 12V with 48 CPR Encoder.	
2	Chumaceras con Rodamientos 8mm.	
2	Acoples flexibles de 5 a 8mm y de 4 a 8mm	
1	Disco acrílico Negro	

1	Encoder E6B2-CWZ3E 1000P/R OMRON	
1	Arduino MKR1000	
1	Sensor de corriente ACS712ELCTR-30A-T	
1	Sensor de Temperatura y Humedad relativa DHT22	
1	Módulo ADXL335 Acelerómetro Analógico	
1	Módulo L298N puente H controlador de motores	

1	Eje metálico de 220mm	
3	Metros de Cable para Protoboard Macho-Macho, Macho-Hembra Calibre 22 AWG	
1	Switch balancín rectangular 3 pines 2 posiciones	
15	Pernos estrellas con tuercas 20mm	
24	Borneras para cable 20A PVC 10-020 WESTOR	
1	Fuente de alimentación 5V/12V	

2	Metros de Tubo termo-encogible	
3	Piezas de módulo led de 110v.	

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.1.3 Construcción del Prototipo

El prototipo está apoyado por una base de material acrílico color negro con un espesor de 4mm, donde se muestra del lado inferior izquierdo la presentación de la institución académica, la facultad, y carrera. Así como el título del proyecto, los autores y el tutor asignado. Y del lado inferior derecho se encuentra un switch de 3 pines que se encarga de dar energía a todo el Sistema de Control de Condición de Activos, esta energía que llega hacia el dispositivo Arduino MKR1000 y este reparte la energía a los demás componentes del Sistema Control de Activos.

Ilustración 11: Base de acrílico negro de 4mm



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

La carátula de la base de acrílico fue detallada mediante laser, el cual se visualiza con luz mediante módulos led aplicados en el interior de la base en el área de la carátula trazada, se enciende una vez se active el switch interruptor.

Ilustración 12: Portada del Prototipo de Proyecto



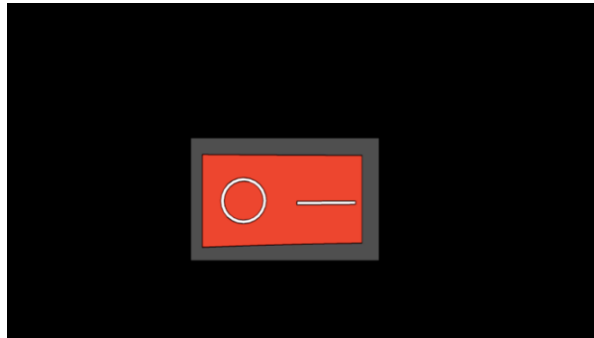
Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

El switch interruptor de tres pines está ubicado en parte inferior derecha de la base de acrílico, la cual le da energía al Sistema Control de Condición

de Activos, y también permite encender los módulos led para la iluminación de la carátula de la base.

Ilustración 13: Switch interruptor de la base

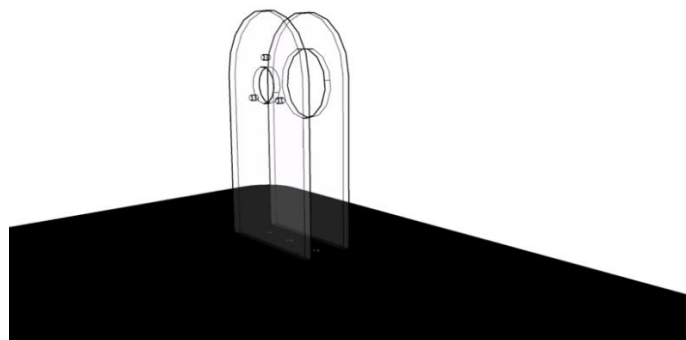


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Para el soporte del banco de pruebas y del sistema embebido se aplican acrílicos transparentes que sujetan el cuerpo del Sistema Control de Condición de Activos.

Ilustración 14: Soporte de acrílico transparente de 4mm

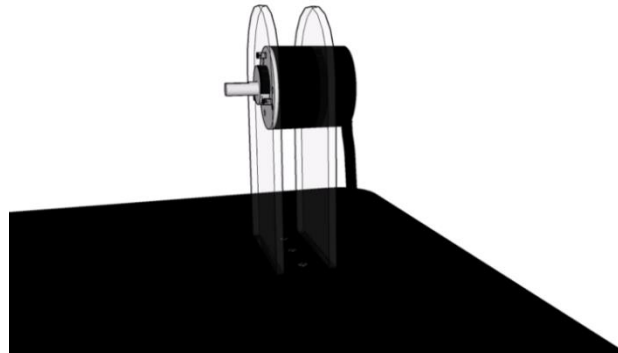


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

En costado derecho los soportes sostienen el dispositivo ENCODER E6B2-CWZ3E 1000P/R OMRON el cual los cables de este están vinculados internamente dentro de la base en la tarjeta de control del dispositivo Arduino MKR1000.

Ilustración 15: Unión de Encoder con soporte de acrílico

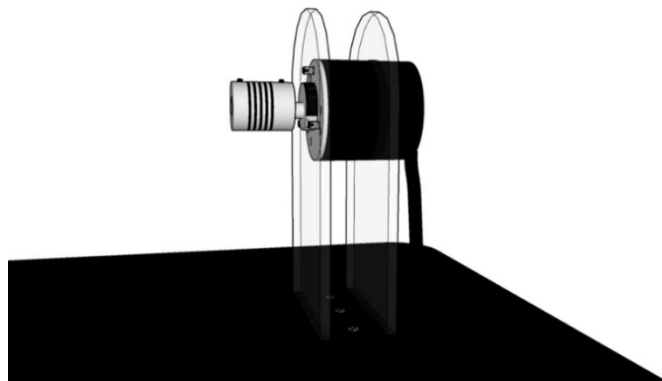


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

El soporte del costado derecho se conecta con un Acoplamiento Flexible para Encoder E60064 de 15mm Ya que permite asegurar los movimientos de giro del Encoder, amortiguación eficaz de las vibraciones, compensa de los errores de alineación.

Ilustración 16: Unión de Acople Flexible con el Encoder

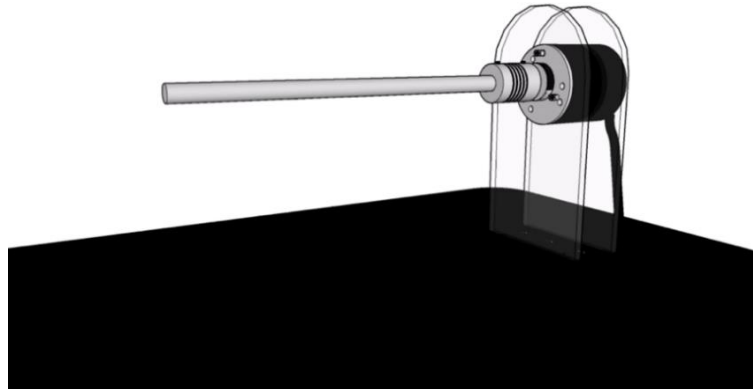


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

El acople Flexible a su vez va conectado con un Eje acerado de 8mm que mantiene la forma del cuerpo del banco de pruebas, evita el desbalance de vibración del motor.

Ilustración 17: Eje acerado del Banco de Pruebas

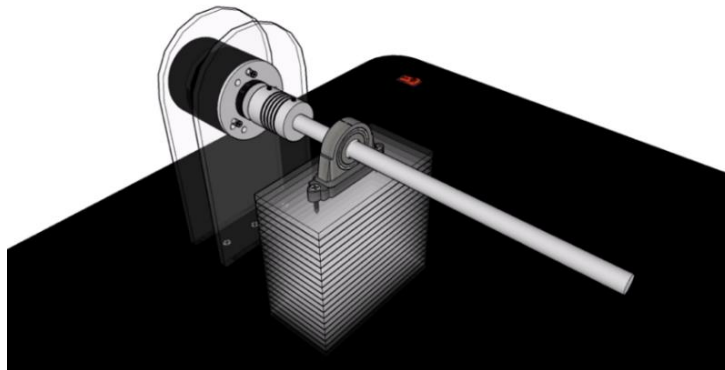


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

A su vez, este Eje acerado está soportado por un rodamiento o también conocido como “Chumacera” que sirve de punto de apoyo del Eje, y sujetado a una base de acrílico transparente de 75mm.

Ilustración 18: Rodamiento del Arquetipo de Proyecto

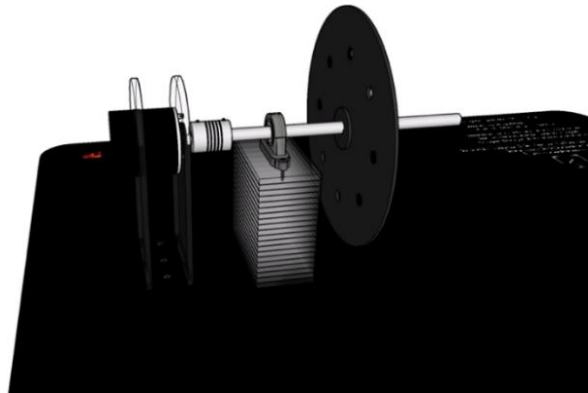


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

En el centro de todo el cuerpo del Sistema se encuentra un disco acrílico de color negro de 4mm con aberturas de 5mm formando un círculo interno, separados por un espacio de 40mm. Los cuales posteriormente serán utilizados para crear diferentes escenarios de vibración del motor eléctrico.

Ilustración 19: Disco acrílico del Banco de Pruebas

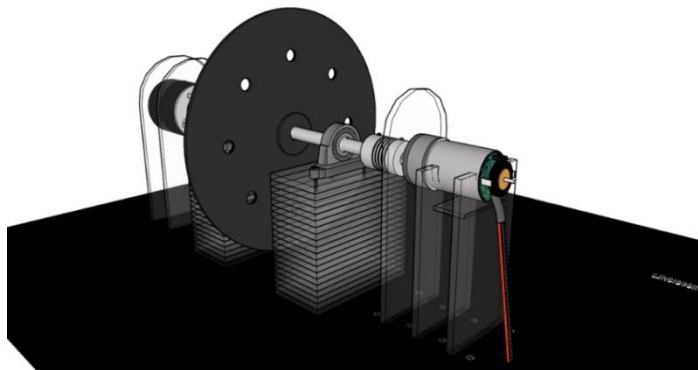


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Así como en el lado derecho se mostró la estructura del Sistema de Hardware, del costado izquierdo se establecen los mismos soportes empleados para la misma función de sostén de los equipos, el Acople Flexible izquierdo, y el Rodamiento izquierdo con su base de acrílico. En el apartado derecho del Sistema se ubica el motor eléctrico de corriente continua, que está conectado al Puente H (L208N) y al control del Arduino MKR1000 al ser el motor de 12v el Puente H toma los 12v y los transforma los volteos que necesita el Arduino al voltaje necesario, de esta manera se controla la velocidad del motor.

Ilustración 20: Motor eléctrico del Sistema

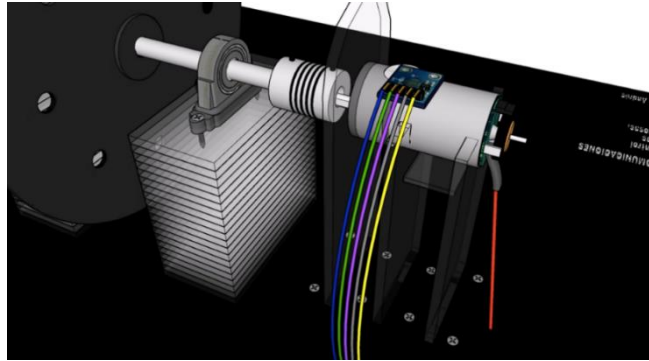


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Lateral al motor eléctrico en el área superior, se encuentra ubicado el sensor acelerómetro ADXL 335 con sus cables conectado al Arduino MKR1000.

Ilustración 21: Sensor acelerómetro ADXL 335

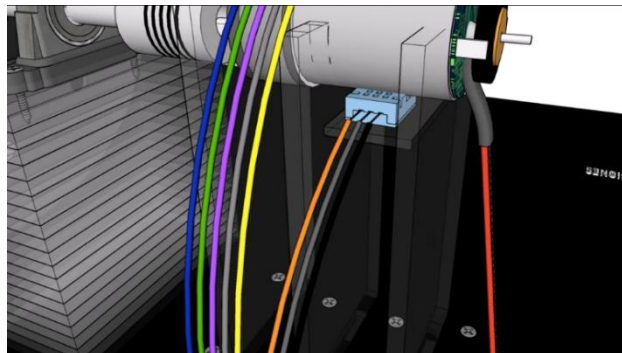


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

En el apartado inferior del motor eléctrico, se localiza el Sensor de Temperatura y Humedad relativa DHT11, ubicado en el centro inferior del motor ya que es el área más factible para realizar mediciones de la temperatura del motor.

Ilustración 22: Sensor de Temperatura y Humedad



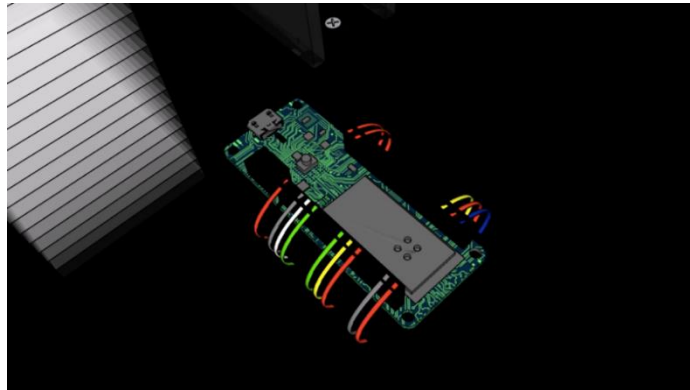
Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

En el costado posterior a la base que sostiene el Encoder se encuentra en la superficie de la base general del Prototipo, el Arduino MKR1000 que gestiona las entradas y salidas en las cabeceras, se conecta con los

diferentes sensores como las señales PWM para controlar las velocidades del motor.

Ilustración 23: Distribución de Arduino MKR1000

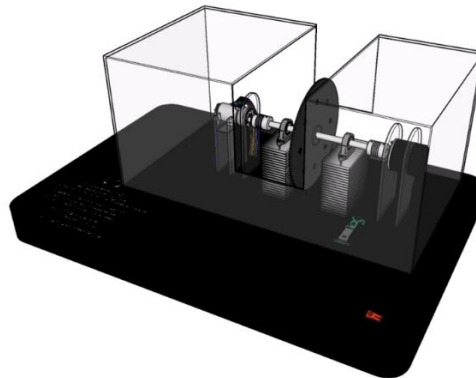


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Como acabado final de protección del arquetipo está la cubierta transparente de acrílico de 4mm, el cual protege de golpes y complicaciones leves del ambiente.

Ilustración 24: Cobertura de acrílico



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.1.4 Instalación del Prototipo

Para instalación y montaje del Prototipo del Sistema Control de Activos se establecen las bases principales que sostienen los laterales del cuerpo del

Sistema separados 55mm, se prepara el eje para determinar la delimitación de largo que llevará, y se procede a pegar las bases con pegamento epoxicol y se ajustan los rodamientos en las bases con tornillos estrella.

Ilustración 25: Comienzo de la Instalación del Prototipo

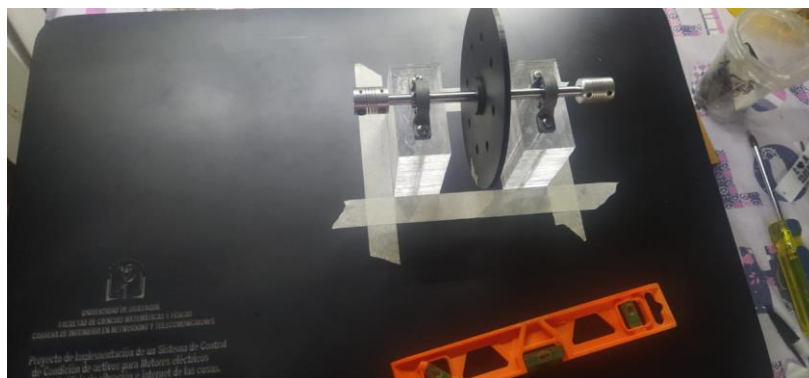


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Una vez hecho esto, se agrega el Disco de acrílico en el centro del Eje, posterior a esto se agregan los Acoples Flexibles en los extremos del Eje para preparar la entrada tanto como del dispositivo Encoder del lado derecho, como del motor eléctrico del lado izquierdo.

Ilustración 26: Avance del montaje del Sistema

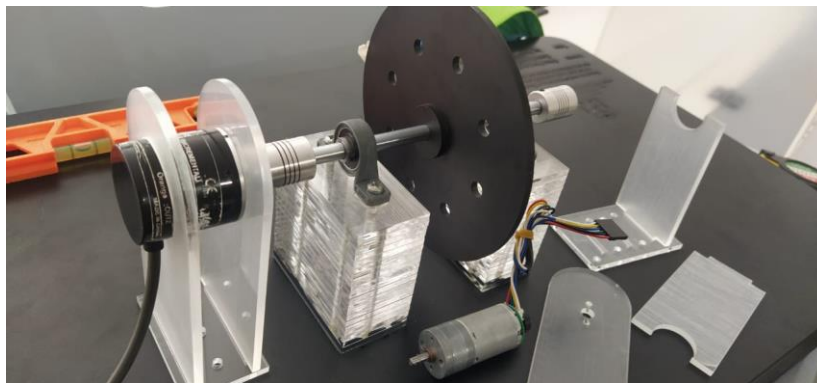


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Como primera instancia se instala los soportes derechos y se introduce el Encoder en este, los cables del Encoder son redirigidos por un orificio de la base general que conduce al interior de la base donde se agrupan los cables y se conectan en la tarjeta de control del Arduino MKR1000 y tenga una vista más atractiva posible.

Ilustración 27: Encoder en el progreso de Instalación



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Así mismo se procede a instalar el motor eléctrico que a su vez sus cables son dirigidos hacia un orificio de la base principal del Sistema y llevados al Puente H y a la tarjeta de control del Arduino MKR1000. El Arduino MKR1000 también es conectado al Puente H para favorecer el manejo oportuno de giro, paros y velocidad. Los demás sensores son redirigidos a la tarjeta de control del Arduino MKR1000.

Internamente también esta añadido módulos de led está directamente conectado a la fuente general del Sistema Control de Activos.

Ilustración 28: Instalación y organización de los cables internos del Sistema

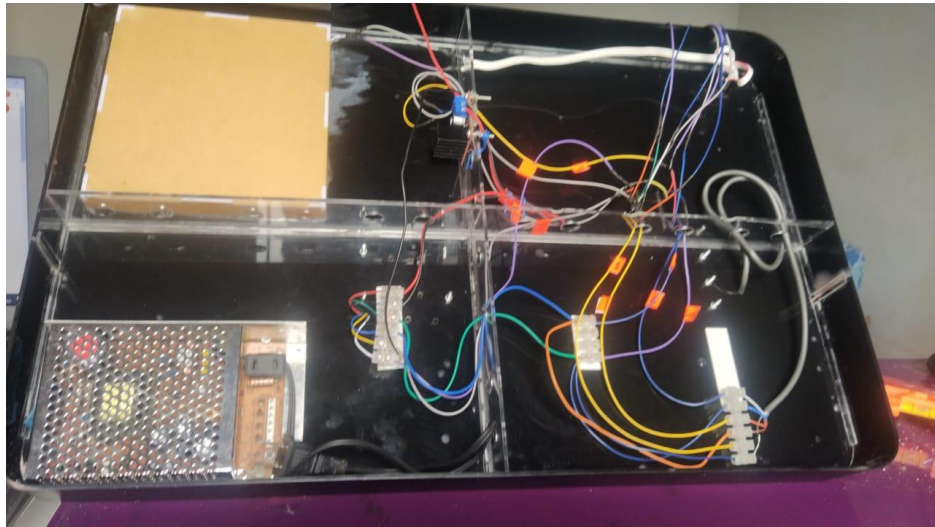


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Como se aprecia en la siguiente imagen se encuentran distribuidos los diferentes cables de los sensores agrupados con el uso de Borneras para Cable 20A PVC 10-020 WESTOR y sostenidos por orificios de una franja de acrílico transparente para direccionar los cables tanto como al Puente H y al Arduino MKR1000. También se encuentran los módulos de led y la fuente de energía.

Ilustración 29: Vista del interior de la base del Sistema

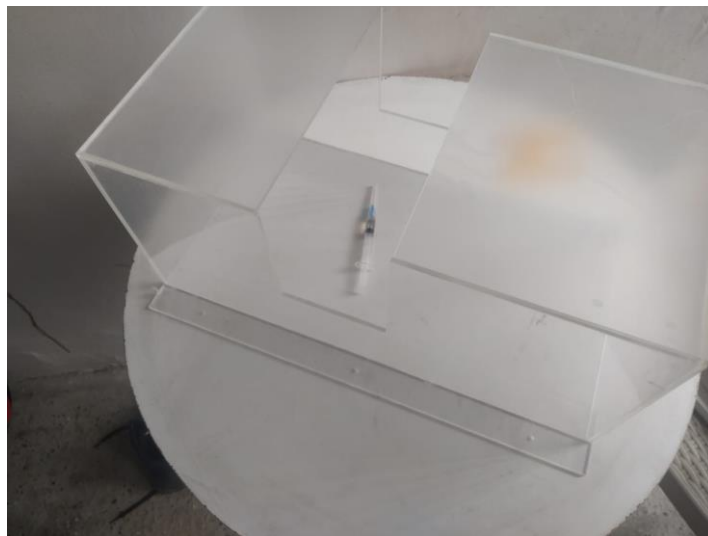


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

El acrílico como material protagonista en la estructura del sistema, la cubierta externa del Prototipo está construida con diferentes placas de acrílico transparente pegados con pegamento epoxicol para crear la estructura de protección del Sistema.

Ilustración 30: Cobertura externa del Sistema

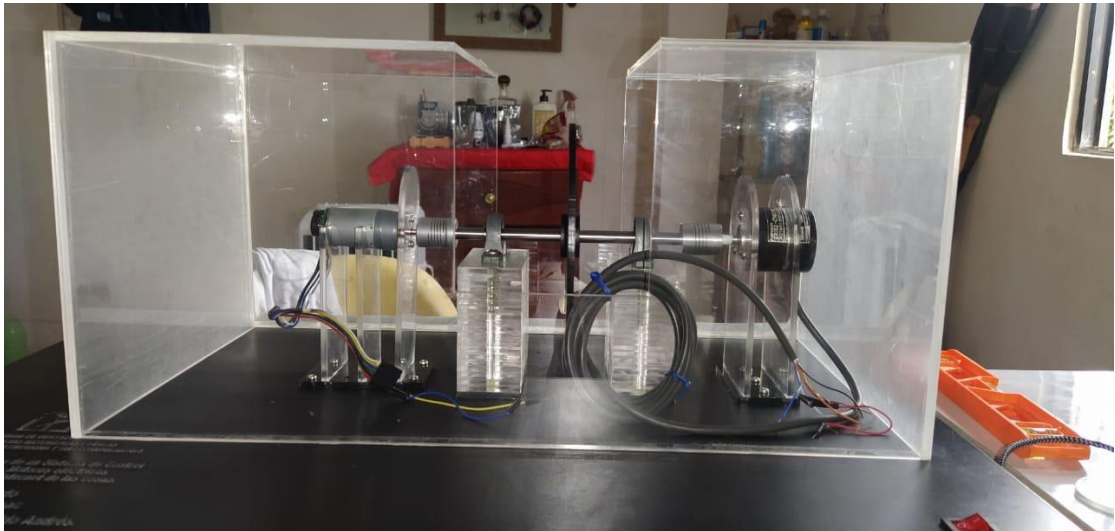


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Finalmente se obtiene la conformación del Banco de Pruebas con el Sistema embebido listo para adaptarse a la plataforma web.

Ilustración 31: Construcción de Banco pruebas con el sistema embebido terminado



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa.

3.1.5 Sistema de Monitoreo Web

El prototipo de hardware permite captar la información del estado de condición del motor eléctrico en cuestión. Estos datos procesados por el microprocesador Arduino MKR1000 son enviados mediante Wi-Fi a un ambiente web. A continuación, se describe la plataforma web donde se reflejan los datos obtenidos del Prototipo de hardware.

La Plataforma Web que se utiliza es “Arduino IoT Cloud”, para este proyecto se consolida la compra de una membresía mensual a un precio de \$6.99 ofreciendo por parte de la empresa 250 archivos de codificación de programas, 200MB de memoria en la nube, Compilaciones ilimitadas, Agregar 5 dispositivos, 20 Variables, 15 días de Retención de datos en la

nube, entre otros beneficios. Y es esta plataforma la que permite la adquisición de los datos de monitoreo de condición del motor eléctrico y la plataforma donde se refleja la novedad del Internet de las Cosas.

Ilustración 32: Membresía mensual en Arduino IoT Cloud



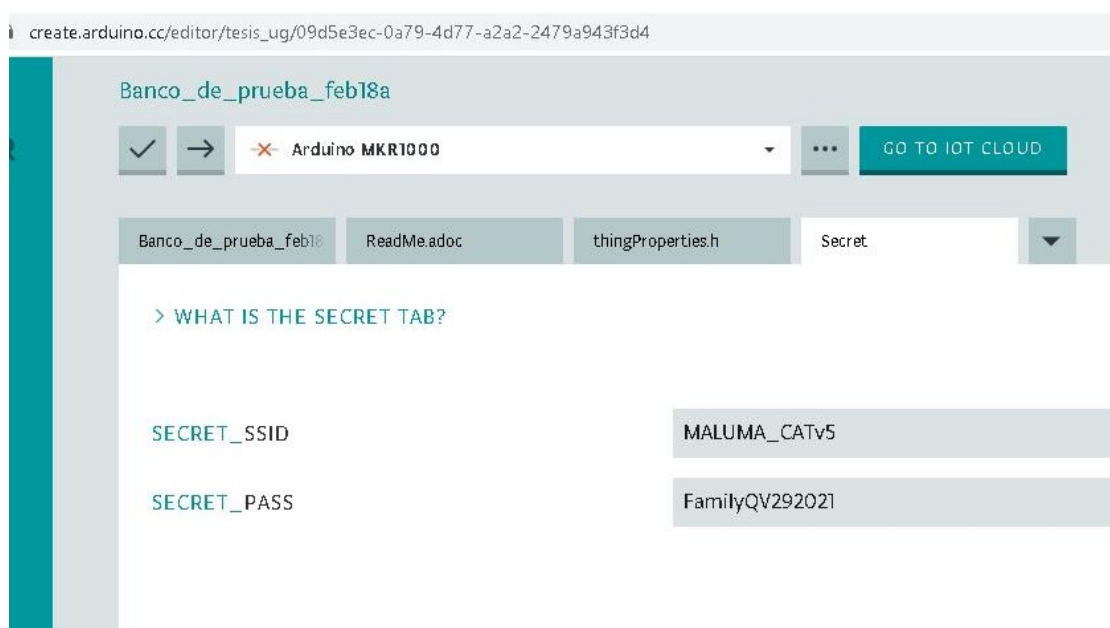
Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Como primera instancia, es necesario instalar y ejecutar el problema “Arduino Create” para aplicar la conexión inalámbrica del Arduino MKR1000

con el ordenador a través de la página Arduino IoT Cloud en el Navegador Web. Dirigirse al apartado de “IoT Cloud” en la interfaz general de la plataforma, luego a la sección “Secret” para ingresar las credenciales de la red Wi-Fi y ejecutar la conectividad entre el microprocesador y el ordenador de forma inalámbrica.

Ilustración 33: Conexión inalámbrica del dispositivo MKR1000 a la Plataforma web

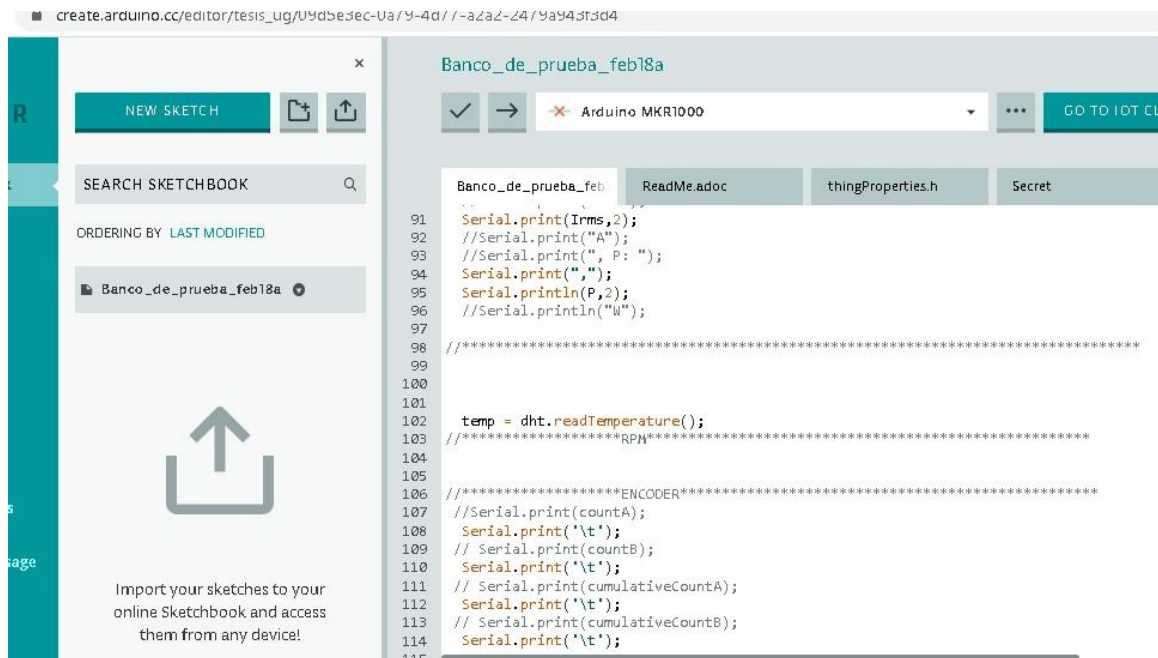


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Una vez completada la conexión inalámbrica del dispositivo Arduino MKR1000 a la nube en la plataforma web, se procede a añadir las diferentes variables y generar un diseño del Sistema de Monitoreo en el apartado de Dashboards en la ventana IoT Cloud. Y a cada variable como: velocidad, temperatura, aceleración, corriente. Se programa en la ventana Web Editor para definir las señales analógicas y digitales emitidas por el microprocesador de las diferentes variables e indicar el contenido a presentarse en el ambiente web para monitorear.

Ilustración 34: Entorno de programación de variables de estudio en la plataforma web

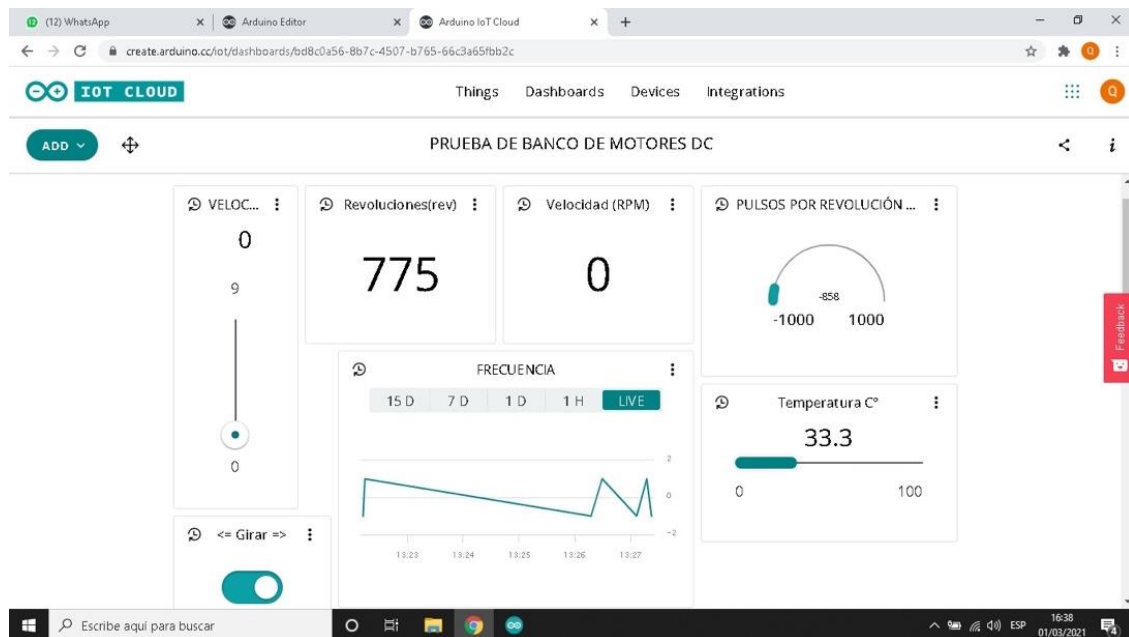


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Al compilarse la codificación y encendiendo el Prototipo de hardware se obtiene un Sistema de Control de Condición funcionando efectivamente con su Sistema de Monitoreo, con todas las variables de estudio para determinar el estado de las características del motor eléctrico y medir la vibración del motor en función al tiempo y amplitud de la vibración. El nombre de este Sistema de Monitoreo web se le denominó “PRUEBA DE BANCO DE MOTORES DC”.

Ilustración 35: Panel de Control del Sistema de Monitoreo web



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.1.6 Pruebas y Validaciones de la Propuesta

El mantenimiento establecido en condición (M.B.C) o también llamado mantenimiento predictivo es una destreza que se aplicara a 4 diferentes escenarios; donde se realizarán los respectivos exámenes y observaciones de los distintos comportamientos, implementando el Sistema de Control de Condición de Activos a continuación

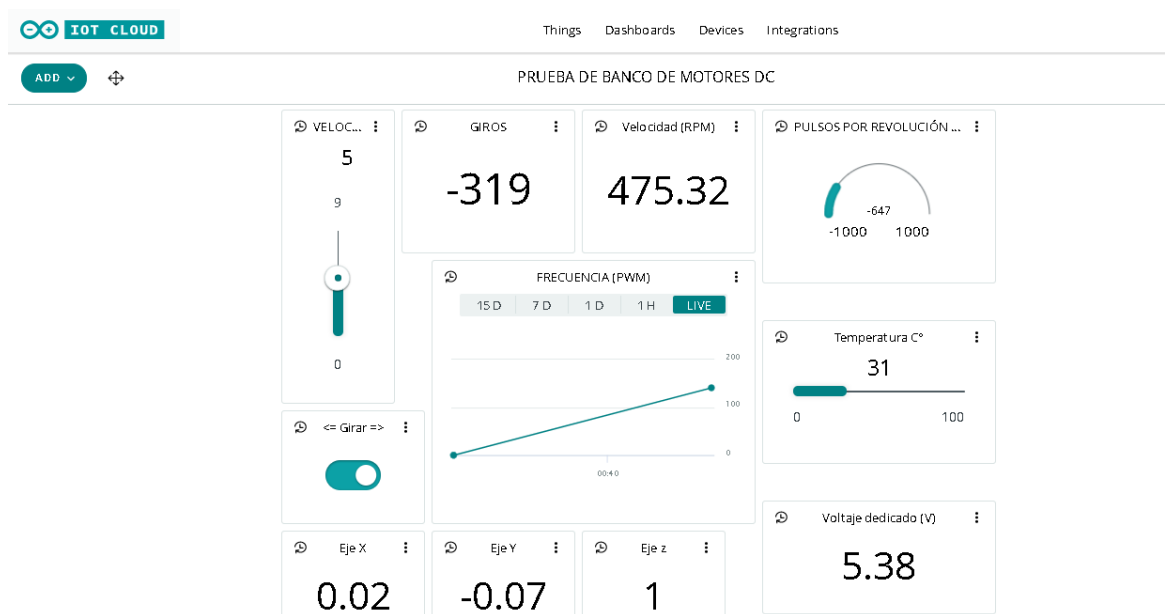
- Escenario 1: Determinación de la Vibración Normal del Equipo.
- Escenario 2: Problemática de Alteración al desempeño de trabajo del Motor Eléctrico con 3 Cilindros.
- Escenario 3: Problemática de Alteración al desempeño de trabajo del Motor Eléctrico con 8 Cilindros.
- Escenario 4: Problemática de análisis de vibración con Obstáculo en el Disco del Banco de Pruebas.

3.1.6.1 Escenario 1: Determinación de la Vibración Normal del Equipo

Datos de muestreo:

- Nivel de velocidad: 5
- R.P.M: 475.32
- Temperatura: 31 °C
- Voltaje: 5.38

Gráfico 1: Vista del panel de control desde IOT Cloud Arduino del Escenario 1



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Se procede a descargar los datos almacenados de los ejes x, y, z desde la nube de IOT cloud Arduino.

Gráfico 2: Datos Almacenados en los ejes x, y, z del Escenario 1



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

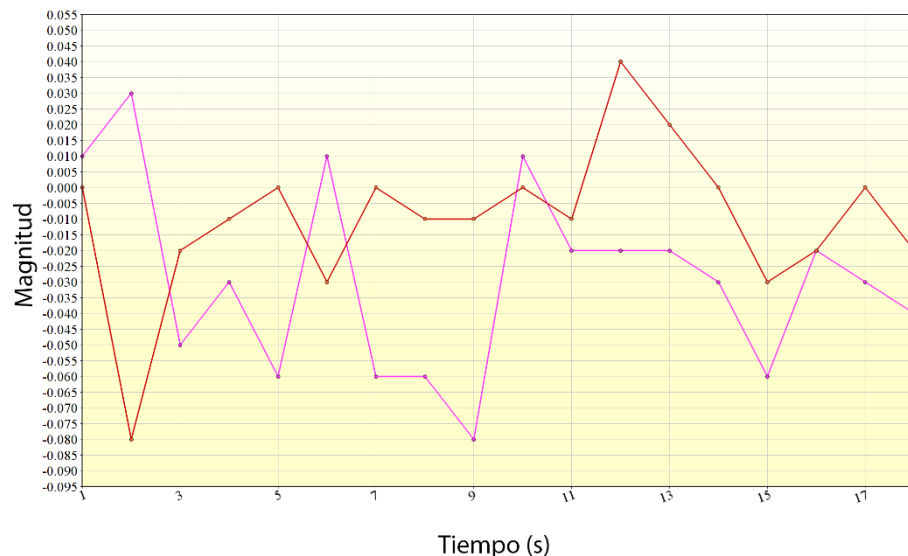
Cuadro 3: Datos de los Ejes x, y, z del Escenario 1

TIEMPO	X	Y	Z
1	0	0,01	1,01
2	-0,03	-0,03	0,99
3	0	-0,06	1
4	-0,08	0,03	1
5	-0,02	-0,05	1
6	-0,01	-0,03	1
7	0	-0,06	1
8	-0,03	0,01	1
9	0	-0,06	1
10	-0,01	-0,06	1,03
11	-0,01	-0,08	1
12	0	0,01	1
13	-0,01	-0,02	1
14	0,04	-0,02	1
15	0,02	-0,03	0,99
16	0	-0,06	1
17	-0,03	-0,02	1,01
18	-0,02	-0,03	0,99
19	0	-0,04	1,01

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Gráfico 3: Escala de Aceleración de los Ejes x, y, del Escenario 1



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

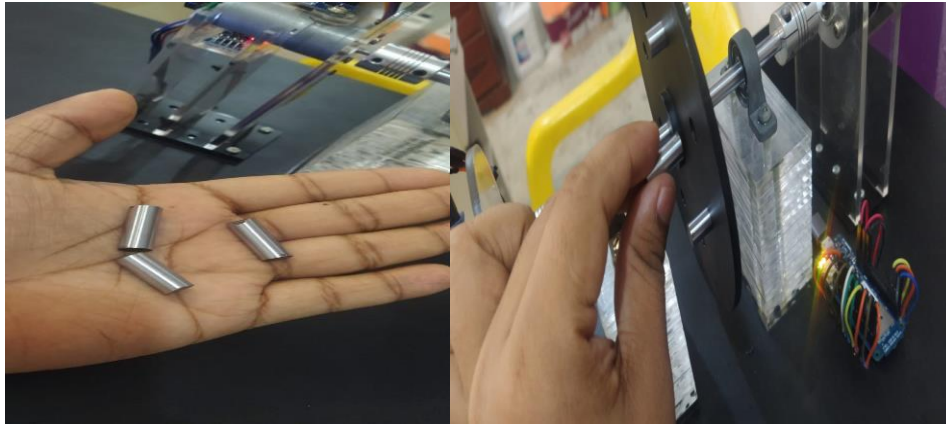
3.1.6.2 Escenario 2: Problemática de Alteración al desempeño de trabajo del Motor Eléctrico con 3 Cilindros

Datos de muestreo:

- Nivel de velocidad: 5
- R.P.M: 467.1
- Temperatura: 32.3 °C
- Voltaje: 5.38

Para realizar las pruebas de alteración en este escenario se hace uso de tres cilindros de acero inoxidable de 2.5cm de largo, con un diámetro de 8mm y peso de 34,02g colocándolo de un mismo lado para generar fallas, tales como: desalineamiento (desalineación), desbalance (desbalanceo), eje pandeado, rodamientos de bolas y cilíndricos, roce, soltura, excentricidad, cambios de temperaturas, entre otros; con el propósito de evidenciar la funcionalidad del sistema.

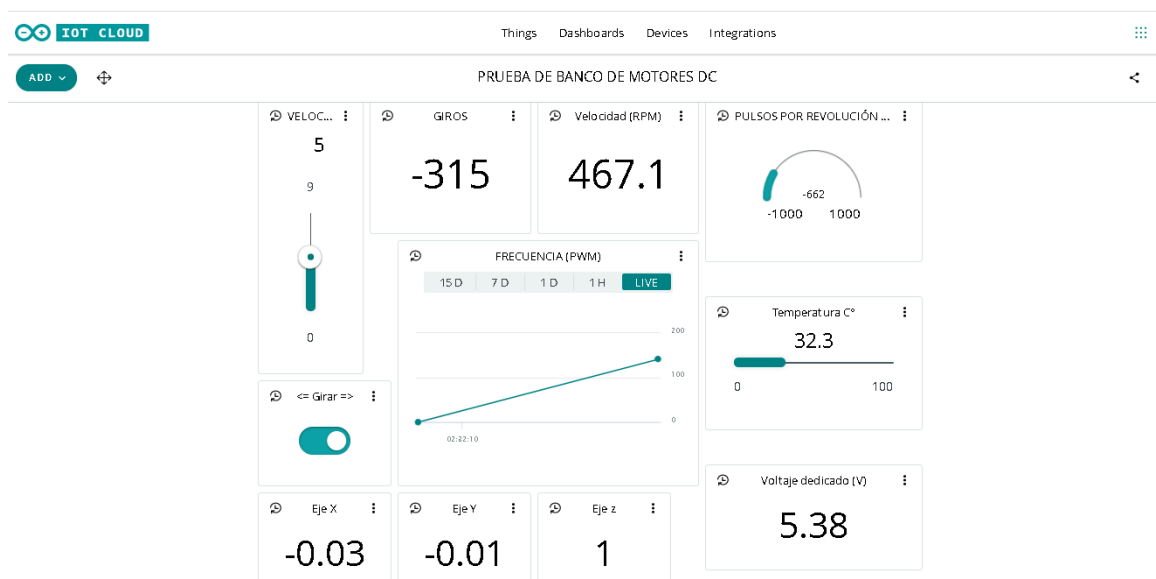
Ilustración 36: Cilindros de Acero Inoxidable para la Alteración del Banco de Pruebas



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Gráfico 4: Vista del panel de control desde IOT Cloud Arduino del Escenario 2



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Se procede a descargar los datos almacenados de los ejes x, y, z desde la nube de IOT cloud Arduino.

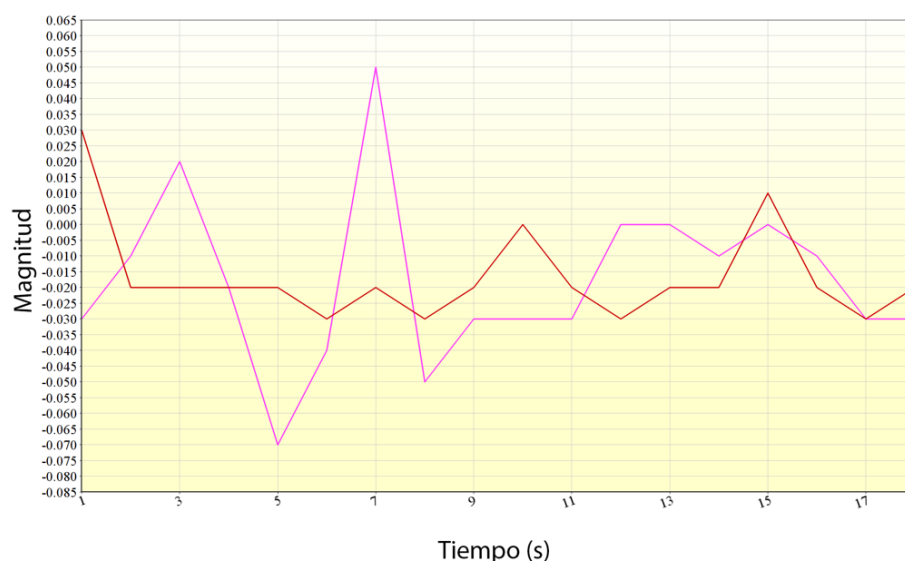
Cuadro 4: Datos de los Ejes x, y, z del Escenario 2

TIEMPO	X	Y	Z
1	0,03	-0,03	0,99
2	-0,02	-0,04	0,99
3	-0,01	0,04	1
4	-0,02	-0,01	0,98
5	-0,02	0,02	1
6	-0,02	-0,02	0,99
7	-0,02	-0,07	1
8	-0,03	-0,04	1
9	-0,02	0,05	0,96
10	0	-0,05	1
11	-0,02	-0,03	0,99
12	-0,03	-0,03	0,98
13	-0,02	-0,03	0,99
14	-0,02	0	1
15	0,01	0	1,01
16	-0,02	-0,01	1
17	0	0	1,01
18	-0,03	0,01	1
19	-0,02	-0,03	1

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Gráfico 5: Escala de Aceleración de los Ejes x, y, z del Escenario 2

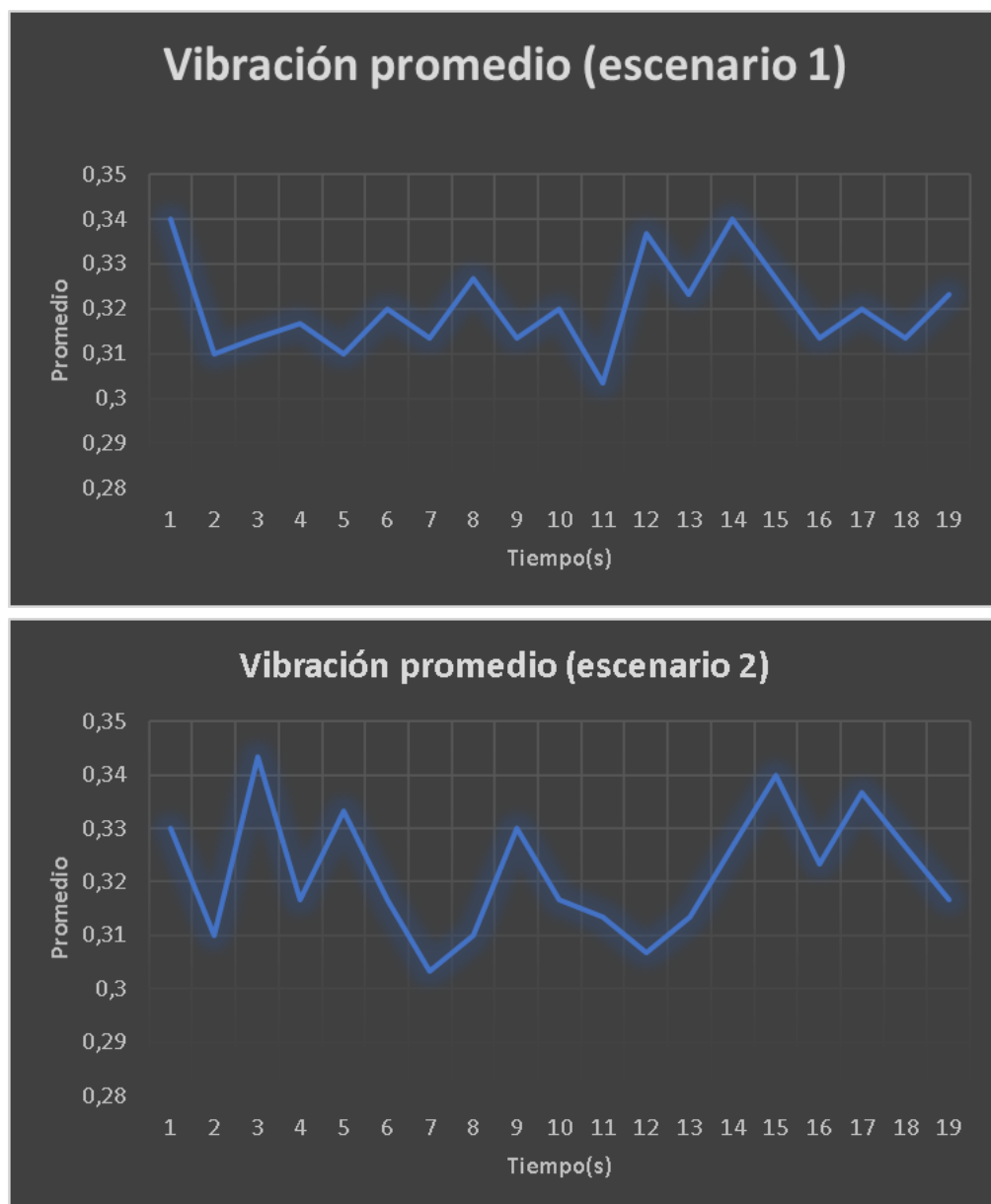


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

A continuación, se puede observar la diferencia de vibración que existe entre el escenario 1 que corresponde a un estado normal y el escenario 2 en el cual se generó fallas inducidas para conseguir una alteración y así poder detectar posibles errores.

Gráfico 6: Diferencias de la Vibración Promedio entre el Escenario 1 y 2



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.1.6.3 Escenario 3: Problemática de Alteración al desempeño de trabajo del Motor Eléctrico con 8 Cilindros

Datos de muestreo:

- Nivel de velocidad: 5
- Temperatura: 34.6 °C
- Voltaje: 5.38

En esta tercera prueba se realizó una alteración con ocho cilindros de acero inoxidable de 2.5cm de largo, con un diámetro de 8mm y peso de 34,02g colocados en los orificios del disco central del banco de pruebas, provocando un desbalance del rendimiento del trabajo del motor eléctrico. Se evidencia un cambio de temperatura de 34.6 °C lo que indica que el motor está empezando a forzar su mecanismo de rodamiento para continuar con su labor. Demostrándose la presencia de elementos innecesarios dentro del banco de pruebas que deben ser retirados a la mayor brevedad, antes de que signifiquen un riesgo severo para el motor.

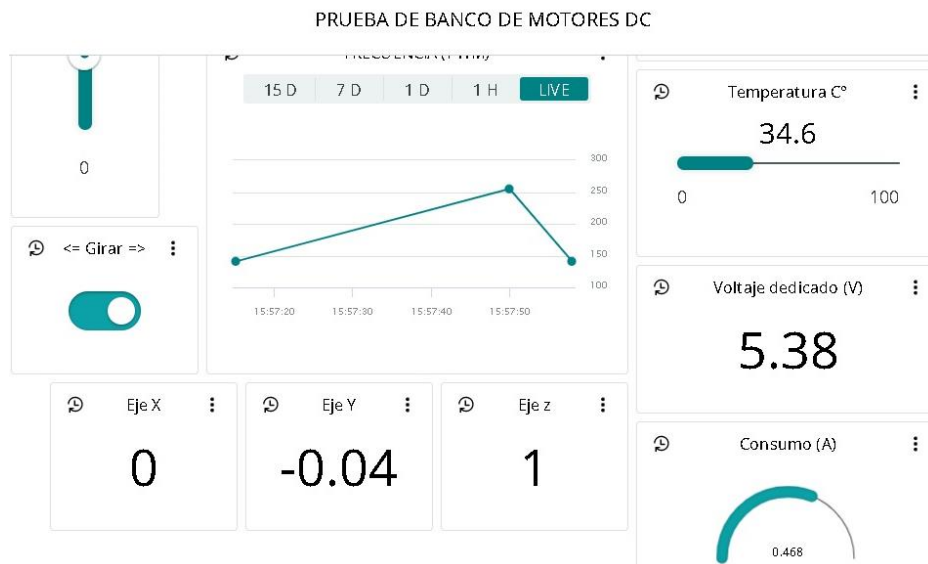
Ilustración 37: Cilindros de Acero Inoxidable en todos los orificios del Disco



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Gráfico 7: Vista del panel de control desde IOT Cloud Arduino del Escenario 3



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

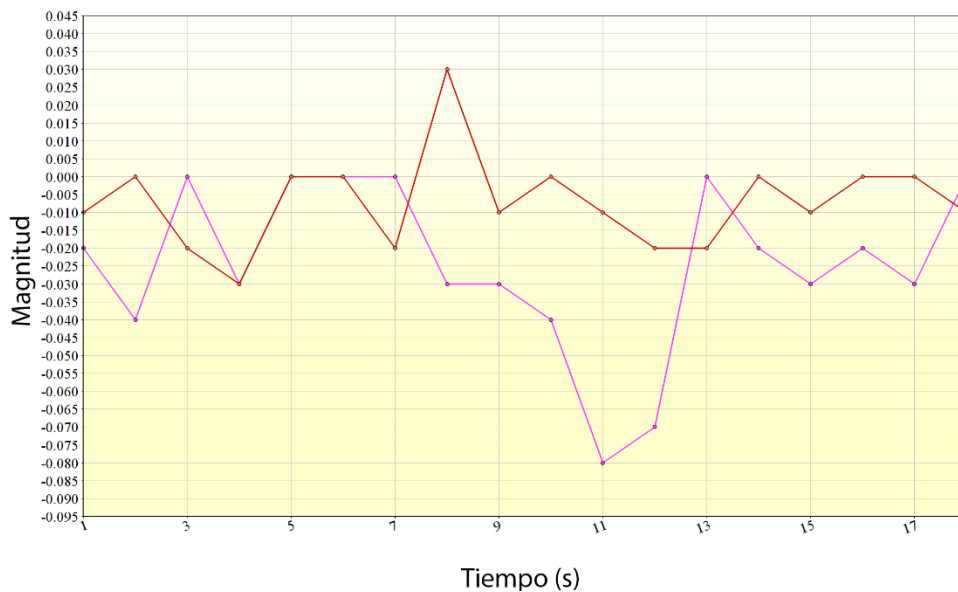
Cuadro 5: Datos de los Ejes x, y, z del Escenario 3

TIEMPO	X	Y	Z
1	-0,01	-0,02	0,99
2	0,00	-0,04	1,00
3	-0,02	0,00	1,00
4	-0,03	-0,03	0,99
5	0,00	0,00	0,99
6	0,00	0,00	1,00
7	-0,02	0,00	0,99
8	0,03	-0,03	1,00
9	-0,01	-0,03	1,00
10	0,00	-0,04	0,99
11	-0,01	-0,08	1,00
12	-0,02	-0,07	0,99
13	-0,02	0,00	1,00
14	0,00	-0,02	0,99
15	-0,01	-0,03	1,00
16	0,00	0,00	1,00
17	0,00	0,00	0,99
18	-0,01	0,00	1,00

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Gráfico 8: Escala de Aceleración de los Ejes x, y, del Escenario 3



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

En lo que respecta al gráfico de vibración se puede analizar el comportamiento de los ejes del motor que están siendo inestables con un pico de -0.95 en el eje Y. Comparando con el escenario 1 que representa el desplazamiento normal del motor, se visualiza una aptitud diferente con unas caídas que figuran como el forcejeo y esfuerzo del motor para continuar realizando su trabajo.

3.1.6.4 Escenario 4: Problemática de análisis de vibración con Obstáculo en el Disco del Banco de Pruebas

Datos de muestreo:

- Nivel de velocidad: 5
- Temperatura: 40.7 °C
- Voltaje: 5.38

Para el escenario 4 se mantiene la complejidad inducida en el Disco con los ocho cilindros de acero inoxidable de 2.5cm de largo, con un diámetro de 8mm y peso de 34,02g en los ocho orificios del Disco, pero a su vez se introduce un obstáculo, una pieza de madera que puede ejemplarizar un material que estorba la rotación del Disco del banco de pruebas.

Ilustración 38: Prueba de análisis de vibración con Obstáculo en el Disco del Banco de Pruebas

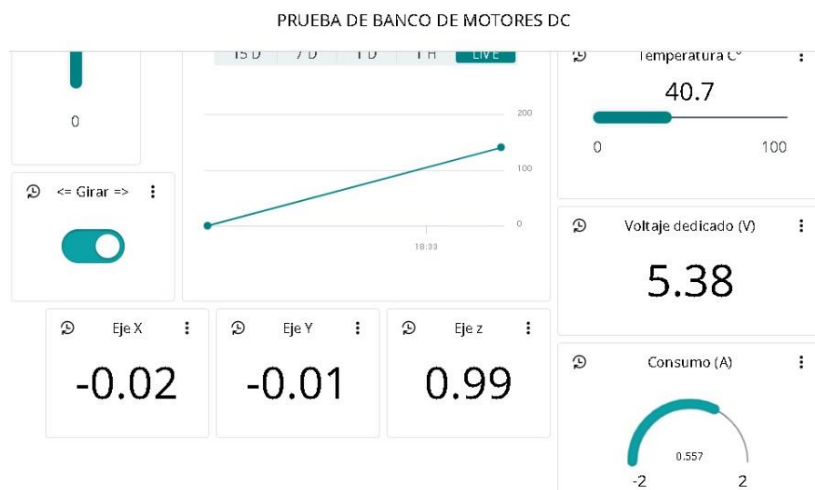


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Este escenario con el obstáculo impide el movimiento del Disco del banco de pruebas, la vibración del motor y el banco de pruebas es casi nula, pero aún conserva una vibración por el ruido propio del motor que incrementa su esfuerzo, así mismo la temperatura del motor subió a 40.7 por la fatiga interna. Y todo esto pudimos evidenciarlo en el Sistema de monitoreo.

Gráfico 9: Vista del panel de control desde IOT Cloud Arduino del
Escenario 4



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

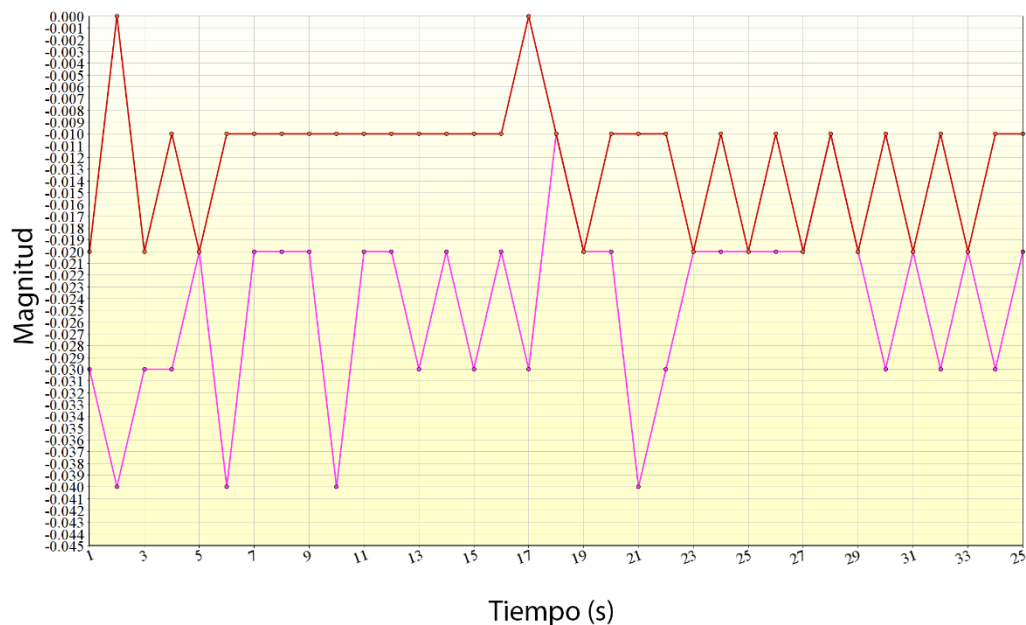
Cuadro 6: Datos de los Ejes x, y, z del Escenario 4

TIEMPO	X	Y	Z
1	-0,02	-0,03	1,00
2	0,00	-0,03	0,99
3	-0,02	-0,03	0,99
4	-0,01	-0,02	1,00
5	-0,02	-0,03	0,99
6	-0,01	-0,04	1,00
7	-0,01	-0,02	1,00
8	-0,01	-0,02	1,00
9	-0,01	-0,02	1,01
10	-0,01	-0,03	1,00
11	-0,01	-0,03	1,00
12	-0,01	-0,03	1,00
13	-0,01	-0,03	0,99
14	-0,01	-0,01	1,00
15	-0,01	-0,02	1,00
16	-0,01	-0,02	1,00
17	-0,01	-0,04	1,00
18	0,00	-0,03	1,00
19	-0,01	-0,02	0,99
20	-0,01	-0,02	1,00
21	-0,01	-0,02	1,00

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Gráfico 10: Escala de Aceleración de los Ejes x, y, del Escenario 4



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

En esta gráfica se comprueba la condición del banco de pruebas, donde el estado vibracional presenta valores en el eje X y Y valores inferiores a 0 eso quiere decir que existe un estado de índole estático producto de un evento o inconveniente que evita la vibración normal del motor.

3.2 Análisis de Factibilidad

Así como se plantea los inconvenientes de no usar un sistema de monitoreo en motores eléctricos, y el no tener los beneficios del Internet de las Cosas dentro del análisis de equipos, es preciso llevar a cabo mejoras en el campo de monitoreo y análisis de máquinas de manera efectiva efectuando la observación y prevención que ayuda en el desarrollo normal de producción y trabajo de cualquier industria. Con un prototipo de bajo costo con materiales acrílicos y sensores económicos, y la compra de una membresía en una plataforma web de bajo costo, se permite un análisis de la condición

del activo, es decir, el motor eléctrico favoreciendo a la continuidad del trabajo. Entre las factibilidades que se van a considerar son las siguientes:

- Factibilidad operacional.
- Factibilidad técnica.
- Factibilidad económica.

3.2.1 Factibilidad Operacional

Este proyecto tiene como finalidad el solucionar la dificultad de acceder a los datos del monitoreo de estado del motor eléctrico de forma inalámbrica y remota, con la utilización de tecnología de Internet de las Cosas. El proyecto está sustentado por el fondo personal de los implicados (Quisay Vera Luis Alberto y Ramos Gaibor Fabian Isaac) estudiantes de la universidad de Guayaquil el cual es dirigido por el Ing. Vanegas Guillen Oswaldo Andrés Msc.

El desarrollo del Sistema Control de Condición de Activos servirá de ayuda a las industrias en el monitoreo y análisis de la información del estado de un equipo. Con la licencia comprada en Arduino IoT Cloud se habilita la libre utilización de los beneficios del Sistema de Monitoreo presentado en este trabajo de titulación. De forma rápida la adaptación a las complicaciones del estudio es posibles, y es improbable que el instrumento de estudio sea obsoleto de forma breve ya que el objetivo del trabajo de tesis plantea la utilización de tecnología nueva como es el Internet de las Cosas.

3.2.2 Factibilidad Técnica

Para desenvolver el sistema web se analiza las características técnicas con las que se cuenta, entre ellas esta los equipos de hardware y software. La factibilidad técnica del Hardware del Sistema Control de Condición de

Activos y de la Plataforma Web están disponibles con la magnitud técnica requerida.

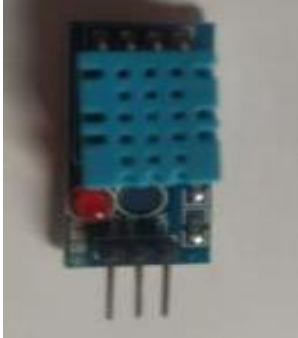
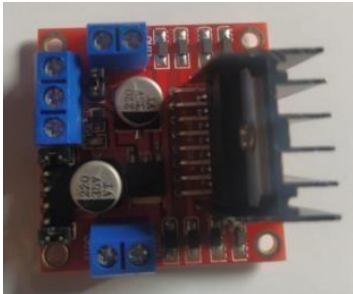
Quien aplique este Prototipo de hardware en su organización debe contar con acceso a internet inalámbrico, y la compra mensual de una cuanta en Arduino IoT Cloud de acuerdo con los requerimientos pertinentes e instalado el programa gratuito “Arduino Create” en el ordenador del encargado del monitoreo.

La interfaz intuitiva y fácil de manipular de Arduino IoT Cloud permite que cualquier persona que posea conocimientos básicos de software de monitoreo pueda maniobrar, sobre todo por el responsable del análisis de los equipos industriales.

A continuación, se detalla las especificaciones de los equipos de hardware que se maneja para perfeccionar este proyecto:

Cuadro 7: Especiaciones Técnicas del Hardware

HARDWARE	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Sensor de corriente ACS712ELCTR-30^a-T 	• Voltaje de salida: Análoga output 66mV / A • Voltaje de operación: 4.5V ~ 5.5V • Salida de voltaje sin corriente: Tiempo de subida de salida en respuesta a la corriente de entrada escalonada. • Ancho de banda 80 kHz Error Total Salida: 1.5% at TA = 25°C • Resistencia interna: 1.2 mΩ valor mínimo de voltaje entre los pines 1-4 a los pines 5-8: 2.1 kVRMS.

Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11 	• Voltaje de Operación: 3V - 5V DC • Rango de temperatura: 0 - 50 °C • Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C • Resolución Temperatura: 0.1°C • Intervalo para medir la humedad: 20% a 90% RH. • Precisión de medición de humedad: 5% RH. • Resolución Humedad: 1% RH • Tiempo de censado: 1 seg. • Interface digital: Single-bus (bidireccional) • Modelo: DHT11 • Dimensiones: 16*12*5 mm • Peso: 1 gr. • Carcasa de plástico celeste
Módulo ADXL335 Acelerómetro Analógico 	• Voltaje de operación: 3.3V - 5V • Consumo de corriente ultra bajo 350µA a 3V (nominal) • Alta sensibilidad • Rango Acelerómetro: 3g • Grados de libertad: 3 ejes • Sensor: ADXL335 • Regulador de voltaje integrado
Driver Puente H L298N 2ª 	• Chip: L298N • Canales: 2 (soporta 2 motores DC o 1 motor PAP) • Voltaje lógico: 5V • Voltaje de potencia: De 5voltios - 35voltios Corriente Continua. • Consumo de corriente: De 0 a 36 miliamperios. • Capacidad de energía: 2A los picos son hasta 3ª • Potencia máxima: 25W • Dimensiones: 43 * 43 * 27 mm • Peso: 30g

Pololu Metal Gearmotor 25dx48l Mm Hp 12v + Encoder 	• Relación de transmisión: 9.68: 1 • Velocidad sin carga a 12V: 1030 rpm • Corriente sin carga a 12V: 300 mA • Corriente de bloqueo a 12 V: 5600 mA • Par de parada a 12V: 44 oz · en Velocidad sin carga a 6V: 515 rpm. Corriente de parada a 6V: 2800 mA
---	--

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.2.3 Factibilidad Económica

Al desarrollar el análisis para saber la factibilidad económica del trabajo se llegó al consenso de que la implementación de este proyecto no necesita grandes gastos debido a que está construido en su mayoría de material acrílico lo que favorece el desarrollo del proyecto.

A continuación, se presenta la tabla del análisis presupuestario del proyecto:

Cuadro 8: Presupuesto del Proyecto

CANT.	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
1	Arduino MKR1000 Wifi With Headers Mounted	\$ 64.00		\$ 64.00
1	Encoder E6B2-CWZ3E 1000P/R OMRON	\$ 50.30		\$ 50.30
2	Meses de membresía de Arduino IoT Cloud	\$ 7.00	\$ 14.00	\$ 14.00
1	Módulo Sensor De Temperatura Y Humedad Dht11 Arduino	\$ 4.80		\$ 4.80
2	Borneras para-Cable 20A PVC 10-020 WESTOR	\$ 2.80	\$ 5.60	\$ 5.60

1	Módulo Control Motor Puente H C/L298N	\$ 3.28		\$ 3.28
1	Acople Flexible de 4 x 8mm	\$ 3.57		\$ 3.57
1	Eje de Acero 8mm de diámetro 0,3m 30cm	\$ 4.46		\$ 4.46
1	Acople Flexible 5 x 8mm	\$ 3.57		\$ 3.57
2	Camisas KP08 8-ID Rodamiento 8mm	\$ 2.68	\$ 5.36	\$ 5.36
1	Motor eléctrico 25Dx48L mm HP 12V with 48 CPR Encoder	\$ 35.00		\$ 35.00
1	Disco acrílico Negro	\$ 5.00		\$ 5.00
1	Sensor de corriente ACS712ELCTR-30A-T	\$ 3.25		\$ 3.25
1	Módulo ADXL335 Acelerómetro Analógico	\$ 4.28		\$ 4.28
3	Metros de Cable para Protoboard Macho-Macho, Macho-Hembra Calibre 22 AWG	\$ 1.50	\$ 4.50	\$ 4.50
1	Switch balancín rectangular 3 pines 2 posiciones	\$ 0.45		\$ 0.45
15	Pernos estrella con tuercas 20mm	\$ 0.16	\$ 2.40	\$ 2.40
1	Fuente de alimentación 5V/12V	\$ 15.00		\$ 15.00
2	Metros de Tubo termo encogible	\$ 0.80	\$ 1.60	\$ 1.60
3	Piezas de módulo LED lente de inyección 5730 3LEDs luz de fondo impermeable al aire libre para cartelera 110V	\$ 0.65	\$ 1.95	\$ 1.95
	Costo de fabricación de piezas de acrílicos de soporte.	\$ 40.00		\$ 40.00
TOTAL DE COSTOS				\$ 272.37

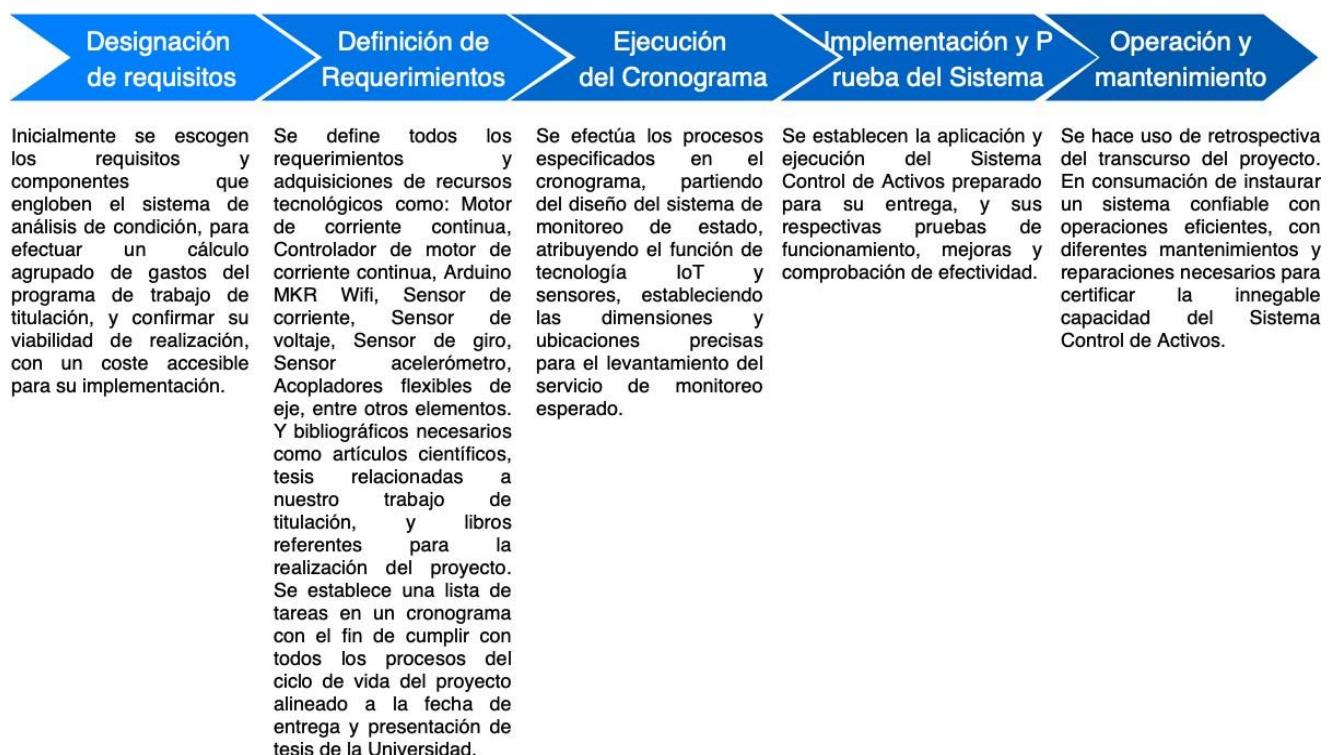
Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.3 Etapas de la Metodología del Proyecto

La metodología Scrum aplicada en el Sistema de Control de Condición de Activos para Motores Eléctricos mediante Análisis de Vibración e Internet de las Cosas está comprendida en 5 etapas, con la finalidad de trabajar de forma colaborativa y obtener los mejores resultados en el proyecto.

Ilustración 39: Etapas del Proyecto



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Estas etapas se realizan de forma iterativa pero siempre dándole prioridad a los procesos de mayor relevancia para el proyecto. De acuerdo a la metodología Scrum, lo primordial es establecer los roles y cargos que tendrá cada persona involucrada en el proyecto.

Cuadro 9: Roles del Proyecto

ROL	PERSONA	CARGOS
Product Owner	Ing. Vanegas Guillen Oswaldo	Tutor
Scrum Master	Quisay Vera Luis	Egresado
Development Team Members	Quisay Vera Luis	Egresado
	Ramos Gaibor Fabian	Egresado

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Posteriormente de establecer los roles en el proyecto, es importante realizar las reuniones con la finalidad de levantar la información e identificar los requerimientos para el diseño y construcción del prototipo.

Cuadro 10: Product Backlog / Lista de Requerimientos

N°.	REQUERIMIENTOS	SPRINT	ESFUERZOS EN HORAS	OBJETIVOS
1	Realizar el levantamiento y análisis de la información a base a investigaciones	1	34	Conocer las problemáticas y brindar una solución.
2	Analizar los materiales y componentes electrónicos para el desarrollo del prototipo	1	32	Plantear herramientas que son indispensables para el desarrollo del prototipo.
3	Diseño y Construcción del sistema de control de condición	1	338	Establecer la conexión y programación de los componentes electrónicos para el prototipo.
4	Pruebas y Validaciones del prototipo	1	27	Verificar que se cumpla la funcionalidad del prototipo.
5	Culminación del proyecto	1	4	Verificar la documentación y entrega del proyecto.

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Cuadro 11: Spring Planning / Planificación de las Reuniones

Nº. REQ.	TAREAS	FECHAS	ESTADOS	RESPONSABLES	HORAS TRABAJADAS
1	Planificación del Proyecto	19/Nov/20	Terminado	Tutor Ing. Oswaldo Vanegas, Ramos Fabian, Quisay Luis	18
	Adquisición de Material Bibliográfico	24/Nov/20	Terminado	Ramos Fabian, Quisay Luis	16
2	Elaboración del Marco Teórico	27/Nov/20	Terminado	Ramos Fabian, Quisay Luis	15
	Adquisición de los componentes eléctricos para el sistema	02/Dic/20	Terminado	Ramos Fabian, Quisay Luis	17
3	Diseño de Arquetipo del Proyecto	07/Dic/20	Terminado	Ramos Fabian, Quisay Luis	35
	Construcción del Banco de Pruebas	15/Dic/20	Terminado	Ramos Fabian, Quisay Luis	180
	Instalación del Sistema Embebido	26/Ene/21	Terminado	Ramos Fabian, Quisay Luis	23
	Diseño y Programación del Sistema de Monitoreo	01/Feb/21	Terminado	Ramos Fabian, Quisay Luis	100
4	Pruebas y Correcciones del Prototipo	24/Feb/21	Terminado	Tutor Ing. Oswaldo Vanegas, Ramos Fabian, Quisay Luis	15
	Análisis de los datos obtenidos del sistema	01/Mar/21	Terminado	Ramos Fabian, Quisay Luis	12
5	Revisión del tutor	05/Mar/21	Terminado	Tutor Ing. Oswaldo Vanegas	2
	Entrega Final del Proyecto	08/Mar/21	Terminado	Tutor Ing. Oswaldo Vanegas, Ramos Fabian, Quisay Luis	2

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.4 Entregables del Proyecto

Ya con la finalización de la Implementación del Sistema de Control de Condición de Activos, cumpliendo con cada tarea asignada en el cronograma y ya culminando los objetivos del Proyecto, se procede a entregar:

- Manual de Usuario: se detalla las indicaciones de cómo funciona el sistema.
- Prototipo del Sistema de Control de Condición de Activos para Motores Eléctricos mediante Análisis de Vibración e Internet de las Cosas.
- Diagrama de Conexión del Circuito Eléctrico.
- Código Fuente.

3.5 Criterios de Validación de la Propuesta

Para poder conocer el nivel de aceptación del Sistema de Control de Condición de Activos para Motores Eléctricos mediante Análisis de Vibración e Internet de las Cosas se llevó a cabo una profunda investigación y se hizo uso de una técnica de campo, como lo es la entrevista a expertos.

Cuadro 12: Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN		
Método	Técnica	Instrumento
Investigación Documental		
Síntesis Bibliográfica	Sistematización bibliográfica	Fichas de trabajo bibliográfico
Investigación De Campo		
Muestreo selectivo de informantes clave	Entrevista	Cédula de entrevistado

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.5.1 Población

El presente proyecto se rige en el enfoque mixto de investigación con el uso de investigación cualitativa y cuantitativa. Por lo tanto, se selecciona de manera informal y arbitraria a 3 expertos en el tema de monitoreo de máquinas. Esta información es viable debido a que aporta conocimientos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Cuadro 13: Lista de Expertos

Nº	Apellidos y Nombres	Grado Académico	Especialidad	Cargo	Institución	Cédula
1	Domínguez Zambrano José Xavier	Tercer Nivel	Ingeniero Eléctrico	Jefe de Instrumentación	Surpapel Corp.	0916548993
2	Quisay Vizuela Carlos Julio	Tercer Nivel	Economista	Jefe de Producción	Electronic Game	0602036337
3	Guerrero Villagómez Richar Leony	Tercer Nivel	Ingeniero en Sistemas	Jefe de Sistemas y de Mantenimiento de Sistema Hidráulico	GAD. Municipal del Cantón Montalvo	0923227342

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Cada uno de los expertos mencionados en el CUADRO 9, se basarán en los siguientes criterios para la respectiva validación del proyecto.

Cuadro 14: Criterios de Validación

ÍTEMS	INDICADORES	CRITERIOS
1	Claridad	Están expresados con un vocabulario adecuado que acomoda su comprensión.
2	Objetividad	Están expresados en conductas observables, medibles.
3	Consistencia	Hay organización dedicada en los contenidos con relación con la teoría.
4	Coherencia	Se encuentra enlace de los mesurados con los indicadores de la variable.
5	Pertinencia	Las tipos de respuestas y resultados son idóneos.
6	Suficiencia	Son suficiente la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3.6 Procesamiento y Análisis

Una vez realizadas las entrevistas a los expertos en el área se obtuvieron los siguientes datos, los cuales fueron guardados, procesados y analizados con la ayuda de la herramienta ofimática Microsoft Excel.

Cuadro 15: Resultados Generales de los Expertos

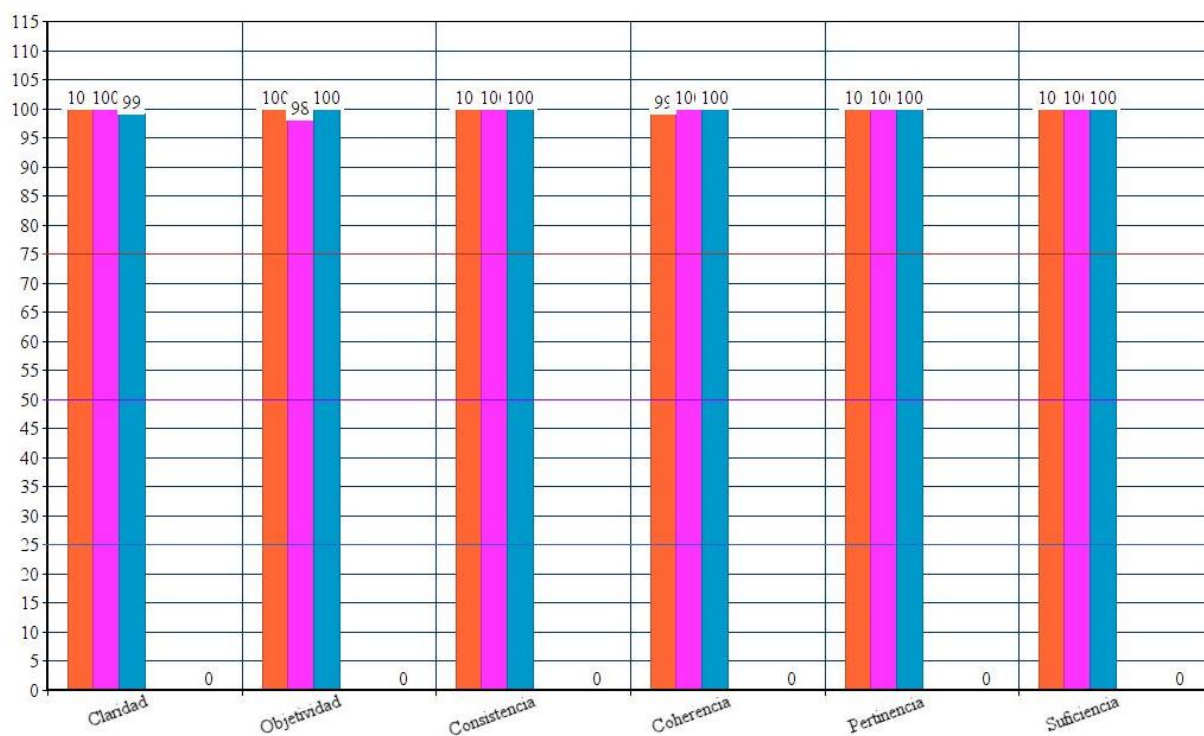
ÍTEMS	INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN (30 PTOS)	TOTAL
1	Claridad	Están expresados con un vocabulario adecuado que acomoda su comprensión.	100%	100%
2	Objetividad	Están expresados en conductas observables, medibles.	98%	98%

3	Consistencia	Hay organización dedicada en los contenidos con relación con la teoría.	100%	100%
4	Coherencia	Se encuentra enlace de los medidos con los indicadores de la variable.	99%	99%
5	Pertinencia	Las tipos de respuestas y resultados son idóneos.	100%	100%
6	Suficiencia	Son suficiente la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.	100%	100%
TOTAL				99.5%

Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Gráfico 11: Resultados Generales de los Expertos



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se concluye que, la implementación del Sistema Control de Condición de Activos representó para nosotros un labor extenuante y motivador para evidenciar nuestras capacidades como profesionales en tecnología, pero en gran medida nos sorprendió la intervención del sensor Modulo ADXL335 Acelerómetro Analógico que influye gradualmente para hallar el estado posicional del motor eléctrico de estudio, y conseguir la condición de vibración como se obtuvo en el Motor eléctrico 25Dx48L mm HP 12V with 48 CPR el cual analizamos y se reconoció su vibración promedio y la vibración de desalineamiento por alteración de la composición normal de la máquina en un tiempo determinado.

En la edificación del Prototipo de hardware aspectos como: las bases, soportes, e incluso el disco central de material acrílico, nos sirvió el haber utilizado este tipo componente especialmente en el ámbito económico en la construcción e implementación del Sistema Control de Condición de Activos. Ya que los cortes de grabado en láser para formar las piezas de acrílico atribuyeron un gasto de \$40 dólares americanos.

La adquisición de los datos de las características del motor eléctrico mediante el sistema de monitoreo web en la plataforma Arduino IoT Cloud facilitó el análisis del estado del motor eléctrico y determinamos este instrumento como una herramienta muy amigable y manipulable de usar, con una respuesta en tiempo real de los datos de temperatura, vibración, corriente, revoluciones por minuto. Lo que nos llevó a comprender el comportamiento del motor y la presencia de fallas mecánicas del mismo.

La distribución de Arduino MKR1000 juega un papel importante como gestor principal del Prototipo, nos ha permitido examinar los datos característicos del motor eléctrico, sobre todo nos llamó la atención el permitirnos explotar la característica de acceso remoto a los datos y esto es lo que destaca a mayor medida este trabajo de titulación, por aportar un avance y un paso hacia adelante en el monitoreo de máquina, ya que varios expertos en el área industrial nos comentaron su experiencia laboral el cual confirmaron que la implementación de un Prototipo de monitoreo de motor eléctrico con tecnología IoT impulsaba esta área de la industria en prevenir y controlar el monitoreo de los equipos de una forma más eficiente.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda expandir el estudio del estado de la condición de los activos de las industrias, en el análisis y mantenimiento de los equipos industriales. Tomar como punto de partida nuestro aporte tecnológico de análisis de condición de motores eléctricos utilizando Internet de las Cosas, como un primer paso para expandir la indagación y búsqueda de satisfacer la necesidad de mejorar la continuidad de trabajo gracias al apoyo de las tecnologías actuales.

De acuerdo al aprendizaje obtenido en el desarrollo del prototipo de hardware, se recomienda enfatizar mayormente la prevención y recelo en la severidad del desgaste de los rodamientos en los motores eléctricos, ya que incluso de acuerdo con el Juicio de Expertos realizado al Ing. José Domínguez, en base a su experiencia laboral en el campo industrial aprendimos que los rodamientos son uno de los aspectos donde se presentan generalmente la mayor cantidad de problemas en los motores eléctricos.

Se recomienda examinar atentamente el amperaje del motor eléctrico, ya que esto representa por lo común una variable importante a considerar en el caso de cambiar un componente interno como: una bobina o un elemento que necesite reemplazarse. Porque el amperaje evidencia un consumo excesivo de corriente dentro de los mecanismos internos.

En cuanto al Internet de las Cosas se recomienda aplicar sus beneficios de monitoreo remoto en tiempo real, especialmente en procesos críticos como los motores de alto consumo en tareas sin interrupción.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Naranjo, J. (Noviembre de 2013). *Diseño, Construcción y Modelado de un Banco de Pruebas para el Estudio de las Vibraciones Generadas por Desbalanceo de Rotores en Voladizo*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Tecnológica de Pereira: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3972/621822A473.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvaro González, H., Cardona, J., & Monroy, G. (10 de Enero de 2005). *Diseño de un banco de pruebas de desalineamiento y desbalanceo mecánico*. Obtenido de Scientia et Technica: <https://doi.org/10.22517/23447214.6827>
- Arduino. (2019). *Arduino MKR1000 Review*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mkr1000>
- Batista Rodríguez, C., & Torres Rodríguez, R. (2010). *Análisis vibrodinámico de motores eléctricos*. Obtenido de Centro de Diagnóstico e Ingeniería del Mantenimiento. Universidad de Holguín: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442010000100002&script=sci_arttext&tlng=pt
- Cabanas , M., Gonzalo, A., Cano Rodríguez, J., García Melero, M., & Solares Sariago, J. (1998). *Técnicas de Mantenimiento Predictivo*. Oviedo, España: Editorial Marcombo.
- Castellanos Chávez, L. (Diciembre de 2015). *Desarrollo del plan de mantenimiento predictivo en una planta de producción industrial del sector de confitería*. Obtenido de Repositorio Digital USFQ: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8617>

- Castelli Lemez, M., & Fossati, J. (2007). *Metodología de monitoreo, detección y diagnóstico de fallos en motores asíncronos de inducción*. Montevideo, Uruguay: Universidad de Montevideo.
- Cornejo Ponce, E., & Tinajero Guerra, J. (Mayo de 2015). *Diseño y Construcción de un Banco Didáctico para Pruebas de Motores Monofásicos*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10279/1/UPS-GT001366.pdf>
- Coronel Valdivieso, E., & Guevara Alba, D. (Enero de 2010). *Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para obtener las Características de Motores Eléctricos*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Loja:
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17010/1/Coronel%20Valdivieso%2C%20Enry%20Manuel%2C%20Guevara%20Alba%2C%20Darwin%20Rénan.pdf>
- Duluth, G., & Matthew, P. (2013). *Acoustic Fault Detection of Mechanical Systems with Active Noise Cancellation*. Georgia: AGCO Corporation.
- Fortin, M. F. (1999). *El proceso de la investigación: de la concepción a la realización*. México: Editorial McGraw-Hill.
- Glen White. (2010). *Introducción al Análisis de Vibraciones*. U.S.A: Editorial Azima DLI.
- Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación 5ta Edición*. México: Editorial McGraw-Hill.
- ISO-International Organization for Standardization. (2009). *ISO 10816-3:2009 Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts*. Obtenido de Online Browsing

Platform (OBP): <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10816:-3:ed-2:v1:en>

Mendoza Franco, G. (22 de Agosto de 2019). *Estudio y diagnóstico del estado de operación de motores eléctricos mediante análisis de vibraciones. Propuesta de guía de mantenimiento*. Obtenido de Repositorio Digital UCSG: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13389>

Moreno García, F., Becerra Vargas, J., & Rendón Echeverri, C. (2015). *Diseño de un sistema de análisis temporal y espectral para detectar fallas por vibración en motores eléctricos*. Obtenido de Sistema de Información Científica Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413940775004>

Narváez Narváez, K., & Contreras Pérez, V. (Agosto de 2020). *Diseño y Desarrollo de un prototipo de red de sensores IoT utilizando tecnología Lorawan para el monitoreo de parámetros ambientales en interiores y exteriores*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19439/1/UPS-GT003019.pdf>

Pineda, E. B., Alvarado , E. L., & Hernández de Canales, F. (1994). *Metodología de la investigación 1era Edición*. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud.

Prieto Blázquez, J. (2015). Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos. *Revista FUOC (Fundació Universitat Oberta de Catalunya)*.

Renovetec. (2020). Obtenido de Análisis de Vibraciones: <http://renovetec.com/analisisvibraciones/25-noticias-renovetec/index.php>

- Rodríguez Andrade, J. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Autónoma de México: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4247/Tesina.pdf?sequence=3>
- Rosales Fernández, J. (2014). *Motores Eléctricos para la Industria*. Obtenido de <https://docplayer.es/31375187-Motores-electricos-para-la-industria-ing-jose-h-rosales-fernandez.html>
- Salazar Aguilar, N. (Febrero de 2020). *Diseño de un sistema inteligente para el control automatizado de invernaderos*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1136/SAA-NGY02T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Scheffer, C., & Girdhar, P. (2004). *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance 1st Edition*. U.S.A: Editorial Elsevier Science.

ANEXOS

Anexo 1: Certificados y Calificaciones de las Validaciones por Juicio de Expertos

Guayaquil, 03 de marzo del 2021

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe, Ing. DOMÍNGUEZ ZAMBRANO JOSÉ XAVIER con C.I. 0916548993, mediante la presente hago constar que el instrumento utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado titulado "Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las Cosas", elaborado por los estudiantes RAMOS GAIBOR FABIAN ISAAC con C.I. 0928879980 y QUISAY VERA LUIS ALBERTO con C.I. 0923227342, aspirantes al Título de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones de la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente,


DOMÍNGUEZ ZAMBRANO JOSÉ XAVIER
C.I. 0916548993



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

ESPECIE VALORADA - NIVEL PREGRADO

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): Domínguez Zambrano José Xavier
- 1.2. Grado Académico: Tercer nivel
- 1.3. Profesión: Ingeniero eléctrico, especialización en electrónica industrial
- 1.4. Institución donde labora: Supapaborp
- 1.5. Cargo que desempeña: Jefe de instrumentación
- 1.6. Denominación del Instrumento: Juicio de expertos
- 1.7. Autor del instrumento: Ramos Gaibor Fabian Isaac, Quisay Vera Luis Alberto
- 1.8. Programa de titulación: "Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las Cosas".

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					5
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles					5
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría					5
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable					5
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados					5
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento					5
SUMATORIA PARCIAL		0	0	0	0	30
SUMATORIA TOTAL		30				



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

ESPECIE VALORADA - NIVEL PREGRADO

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa: 30

3.2. Opinión: FAVORABLE X DEBE MEJORAR _____

NO FAVORABLE _____

3.3. Observaciones: Se recomienda utilizar el sistema para monitoreo y control en
procesos críticos, donde se requiera que la maquinaria esté en constante
funcionamiento.

Atentamente,


Dominguez Zambrano José Xavier
C.I. 0916548993

Guayaquil, 24 de febrero del 2021

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe, Eco. **QUISAY VIZUELA CARLOS JULIO** con C.I. **0602036337**, mediante la presente hago constar que el instrumento utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado titulado "Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las Cosas", elaborado por los estudiantes **RAMOS GAIBOR FABIAN ISAAC** con C.I. **0928879980** y **QUISAY VERA LUIS ALBERTO** con C.I. **0923227342**, aspirantes al Título de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones de la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente,

por ELECTRONIC GAME S.A.

Firma del suscrito

QUISAY VIZUELA CARLOS JULIO
C.I. **0602036337**





UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

ESPECIE VALORADA – NIVEL PREGRADO

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del Informante (Experto): Quisay Vizuela Carlos Julio
- 1.2. Grado Académico. Tercer nivel
- 1.3 Profesión: Economista
- 1.4. Institución donde labora: ElectronicGame
- 1.5. Cargo que desempeña: Jefe de Producción
- 1.6 Denominación del Instrumento: Juicio de expertos
- 1.7. Autor del instrumento: Ramos Gaibor Fabian Isaac, Quisay Vera Luis Alberto
- 1.8 Programa de titulación: "Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las Cosas".

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					5
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles					5
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría					5
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable					5
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados					5
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento					5
SUMATORIA PARCIAL		0	0	0	0	30
SUMATORIA TOTAL		30				



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

ESPECIE VALORADA - NIVEL PREGRADO

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa: 30

3.2. Opinión: FAVORABLE X DEBE MEJORAR _____

NO FAVORABLE _____

3.3. Observaciones: Revisar los redamientos, considere los golpes,
el ampenaje es mayormente un factor importante de analizar.

Atentamente,

QUISAY VIZUELA CARLOS JULIO
C.I. 0602036337



Montalvo, 22 de febrero del 2021

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien suscribe, **Ing. (MSc) GUERRERO VILLAGOMEZ RICAR LEONY** con C.I. 1203292311, mediante la presente hago constar que el instrumento utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado titulado "Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las Cosas", elaborado por los estudiantes **RAMOS GAIBOR FABIAN ISAAC** con C.I. 0928879980 y **QUISAY VERA LUIS ALBERTO** con C.I. 0923227342, aspirantes al Título de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones de la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantean en la investigación.

Atentamente,



GUERRERO VILLAGOMEZ RICAR LEONY
C.I. 1203292311



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

ESPECIE VALORADA - NIVEL PREGRADO

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 Apellidos y nombres del informante (Experto): Guerrero Villagomez Richard Leany
 1.2 Grado Académico: Tercer Nivel
 1.3 Profesión: Ingeniero en Sistemas
 1.4 Institución donde labora: GAD Municipal del Cantón Montalvo
 1.5 Cargo que desempeña: Jeefe de Área de Sistemas y Mantenimiento Sistema Hidráulico
 1.6 Denominación del Instrumento: Súscrito de Experto para validar el objeto de estudio.
 1.7 Autor del instrumento: Pámos Guíbor Fabián Isaac, Qui Say Vera Luis Alberto
 1.8 Programa de titulación: Implementación de un Sistema de Control de Condición de Activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e Internet de las cosas.

II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					X
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles					X
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría					X
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable					X
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados					X
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento					X
SUMATORIA PARCIAL						30
SUMATORIA TOTAL		30.				



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

ESPECIE VALORADA - NIVEL PREGRADO

III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa: _____

3.2. Opinión: FAVORABLE X DEBE MEJORAR _____

NO FAVORABLE _____

3.3. Observaciones: Resalta la utilización de la tecnología
de internet de las cosas ya que, no es muy
común su uso en la industria.

Atentamente,



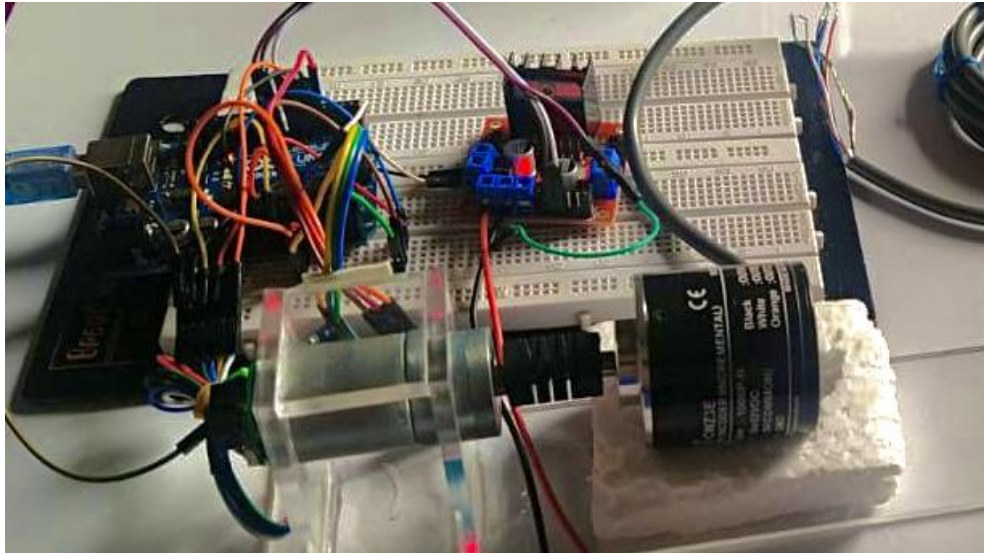
GUERRERO VILLAGOMEZ RICHAR LEONY
C.I. 1203292311

Anexo 2: Evidencias de las entrevistas de Juicio de Expertos





Anexo 3: Pruebas de ensayo previo a la instalación del Prototipo de hardware



Anexo 4: Transacción de Membresía en Arduino IoT Cloud

MY PLANS

BILLING

BILLING INFO

Luis Quisay
Bastion Popular Bl 3 Mz733 Sl18
Guayaquil, Ecuador
Guayaquil 090705
Ecuador - Guayas

CHANGE

TRANSACTIONS HISTORY

FEB 2021		
Create Maker - Monthly	February 13, 2021	6.99 \$

Anexo 5: Código Fuente del Prototipo

```
#include <EnableInterrupt.h>
#include <digitalWriteFast.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11 // ADAPTAR EN EL CASO DE UTILIZAR DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
// ACS712 iniciamos
float Sensibilidad = -0.058; // sensibilidad del sensor
float offset= 0; //0.328; DESCOMENTAR PARA CALIBRAR CUANDO I=0
float consumo= 0;
#define encoderA 1
#define encoderB 6
#define encoderZ 0
int countA = 0;
volatile int countB = 0;
volatile int cumulativeCountA = 0;
volatile int cumulativeCountB = 0;
int pulsesPerRev = 1000; // P/R que proporciona el fabricante del encoder
int dir = 0; // 1 = CW
const int enPin = A3;
const int in1Pin = 7;
const int in2Pin = 8;
int xpin = A6;
int ypin = A2;
int zpin = A5;
int xvalue;
int yvalue;
int zvalue;
float revolucionP;
```

```

float ax;
float ay;
float az;
//RPM
const int senrpm = 1 ;
int pulsos=0;
int resolucion = 1000;
int tiempo;
float rpm;
#include "thingProperties.h"
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  //RPM
  pinMode(senrpm, INPUT);
  //ENCODER
  pinMode(encoderA, INPUT);
  pinModeFast(encoderB, INPUT);
  pinMode(encoderZ, INPUT);
  enableInterrupt(encoderA, pulseA, RISING);
  enableInterrupt(encoderB, pulseB, RISING);
  enableInterrupt(encoderZ, pulseZ, RISING);
  pinMode(in1Pin, OUTPUT);
  pinMode(in2Pin, OUTPUT);
  ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
  setDebugMessageLevel(2);
  ArduinoCloud.printDebugInfo();
  dht.begin();
}

void loop() {
  //ACS712

```

```

float Ip = obtener_corriente();
float Irms = Ip * 0.707; //Intensidad RMS = Ipico/(2^1/2)
//float P = Irms * 12.0; // P = I * V watts // para voltaje = a 12V
// Serial.print("Ip: "); Serial.print(Ip,3); Serial.print("A ");
// Serial.print("Irms: "); Serial.print(Irms,3);Serial.print("A ");
consumo= Irms;
temp = dht.readTemperature();
//ENCODER
//Serial.print(countA);
Serial.print('\t');
// Serial.print(countB);
Serial.print('\t');
// Serial.print(cumulativeCountA);
Serial.print('\t');
// Serial.print(cumulativeCountB);
Serial.print('\t');
// Serial.println(dir);
//CONTROL DE VELOCIDAD
int ch = velocidad;
if(ch >= 0 && ch <= 9) {
int speed = map(ch, 0, 9, 0, 255); // Adaptamos al rango de 0 a 255
analogWrite(enPin, speed);
// Serial.println("El valor de velocidad intruducido es:");
// Serial.println(speed);
senal = speed;
switch (ch)
{
case 0:
voltaje =0;
offset= 0.328;
break;

```

case 1:
voltaje =0.40;
offset= 0;
break;
case 2:
voltaje =1.02;
offset= 0;
break;
case 3:
voltaje =2.86;
offset= 0;
break;
case 4:
voltaje =4.22;
offset= 0;
break;
case 5:
voltaje =5.38;
break;
case 6:
voltaje =6.51;
offset= 0;
break;
case 7:
voltaje =7.57;
offset= 0;
break;
case 8:
voltaje =8.57;
offset= 0;
break;

```

case 9:
  voltaje =9.59;
  offset= 0;
  break;
}
}

//ACELERÓMETRO
xvalue = analogRead(xpin);
int x = map(xvalue, 412, 614, -100, 100); // para calibrar cambiar 412, 614
float xg = (float)x/(-100.00);
Serial.print(xg);
yvalue = analogRead(ypin);
int y = map(yvalue, 410, 612, -100, 100); // para calibrar cambiar 410, 612
float yg = (float)y/(-100.00);
Serial.print("\t");
Serial.print(yg);

zvalue = analogRead(zpin);
int z = map(zvalue, 413, 616, -100, 100); // para calibrar cambiar 413, 616
float zg = (float)z/(100.00);
Serial.print("\t");
Serial.println(zg);
ax=xg;
ay=yg;
az=zg;

delay(100);

ArduinoCloud.update();
//RPM
velocidadrpm();

```

```

delay(100);
}
void checkDirection(){
if((bool) digitalReadFast(encoderB) == HIGH){
dir = -1;
}
else{
dir = 1;
}
}

void pulseA(){
checkDirection();
countA += dir;
cumulativeCountA += dir;
revolucionP=cumulativeCountA/1000;
// Serial.println(revolucionP);
}
void pulseB(){
countB += dir;
cumulativeCountB += dir;
}
void pulseZ(){
countA = 0;
countB = 0;
}
void onDirChange() {
}
void onCountAChange() {
}
void onChChange() {

```

```

}
void onVelocidadChange() {
}
void onSentidoChange() {
if (sentido == HIGH) {
Serial.println("Girando en sentido horario...");
digitalWrite(in1Pin,LOW);
digitalWrite(in2Pin,HIGH);
}
else if (sentido == LOW ) {
Serial.println("Girando en sentido anti-horario...");
digitalWrite(in1Pin,HIGH);
digitalWrite(in2Pin,LOW);
}
}
void onZgChange() {
}
//RPM
void velocidadrpm(){
int pulsos=0;
boolean bandera=LOW;
unsigned long currentTime=0;
unsigned long startTime=millis();
while(currentTime<=1000)
{
if(digitalRead(encoderB)==HIGH)
{
bandera=HIGH;
}
if(digitalRead(encoderB)==LOW && bandera==HIGH)
{

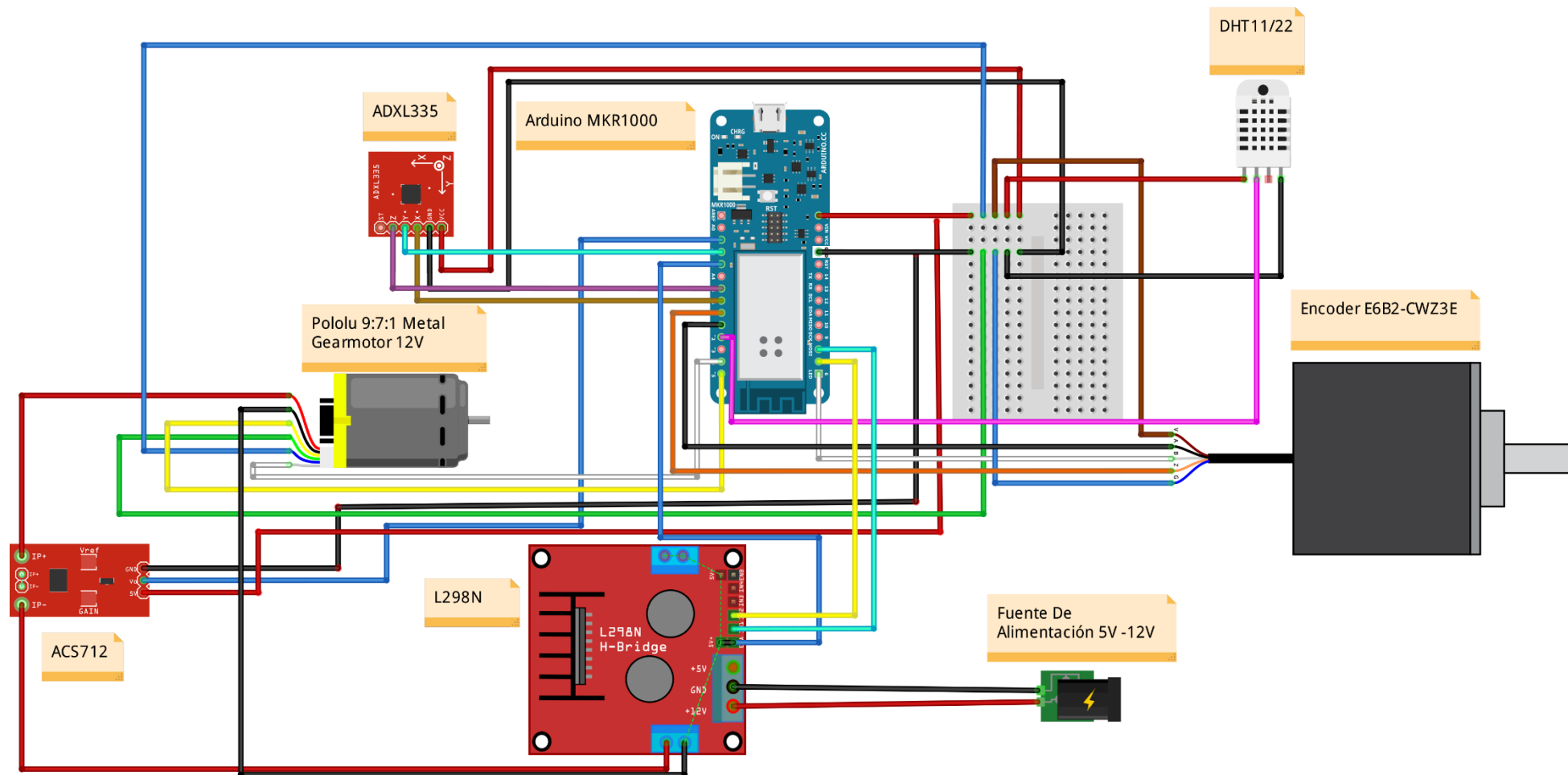
```

```

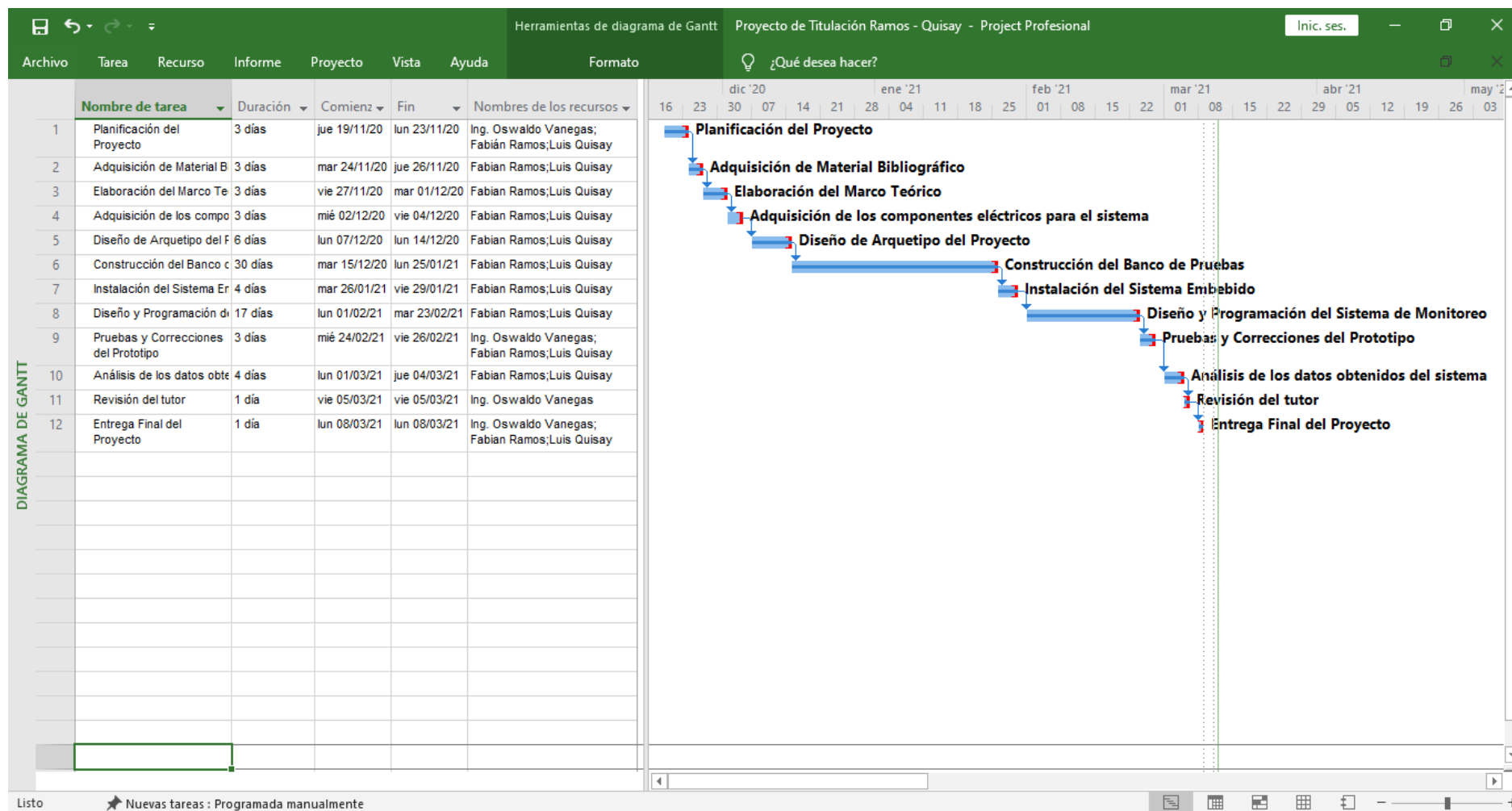
pulsos++;
bandera=LOW;
}
currentTime=millis()-startTime;
}
rpm=((double)pulsos/resolucion)*60;
}
//ACS712
float obtener_corriente(){
float voltajeSensor;
float corriente = 0;
long tiempo = millis();
float lmax=0;
float lmin=0;
while(millis() - tiempo<500){
voltajeSensor = analogRead(A1) * (3.3 / 1023.0);// 3.3 voltaje máximo
permitido en el pin
corriente = 0.9*corriente+0.1*((voltajeSensor-2.5) /Sensibilidad);
if(corriente>lmax){
lmax = corriente;
}
if(corriente<lmin){
lmin = corriente;
}
}
return(((lmax-lmin)/2)-offset); // valor de offset para disminuir el margen de
error
}

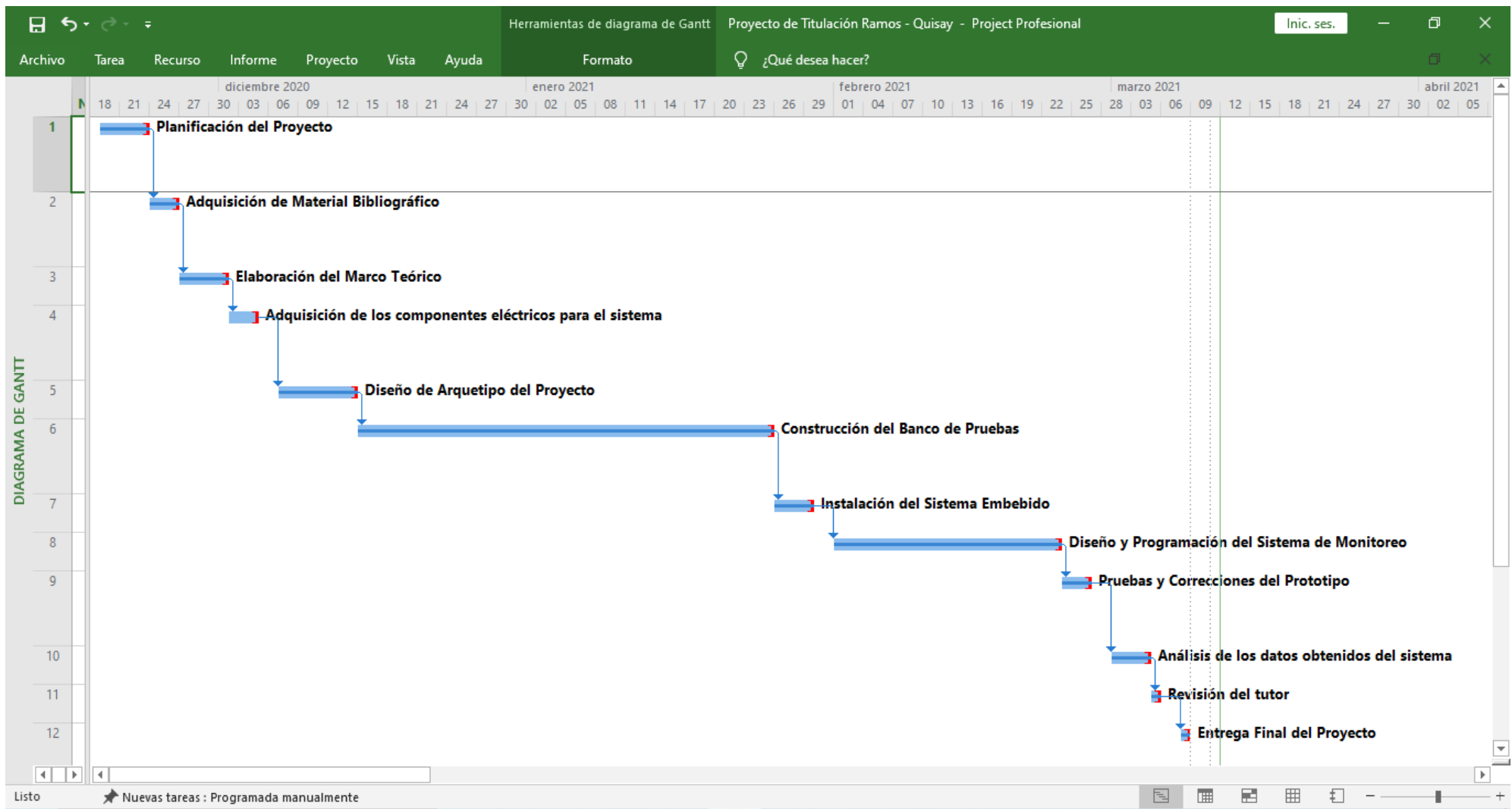
```

Anexo 6: Diagrama de Conexión del Circuito Eléctrico



Anexo 7: Cronograma Diagrama de Gantt





Anexo 8: Manual de Usuario



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y
TELECOMUNICACIONES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
CONDICIÓN DE ACTIVOS PARA MOTORES
ELÉCTRICOS MEDIANTE ANÁLISIS DE
VIBRACIÓN E INTERNET DE LAS
COSAS”**

MANUAL DE USUARIO

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN NETWORKING Y
TELECOMUNICACIONES**

AUTORES:

QUISAY VERA LUIS ALBERTO
RAMOS GAIBOR FABIAN ISAAC

TUTOR:

ING. VANEGAS GUILLEN OSWALDO ANDRÉS M. SC

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021

ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura 1: Portal inicial de Arduino IoT Cloud	122
Figura 2: Apartado de Perfil de Usuario	123
Figura 3: Apartado de Ambientes de desarrollo	123
Figura 4: Barra de Pestañas en la interfaz principal	124
Figura 5: Interfaz de Pestaña Things	124
Figura 6: Interfaz de Pestaña Dashboards	125
Figura 7: Interfaz de Pestaña Devices	126

Introducción

Este manual de usuario pretende mostrar la guía en el uso del Sistema de Monitoreo del Sistema de Control de Condición de Activos. En su contenido se aprecia las características más importantes de cada componente del Sistema de Análisis, que permitirán utilizar de manera más eficiente al Sistema de Control de Condición de Activos por el usuario.

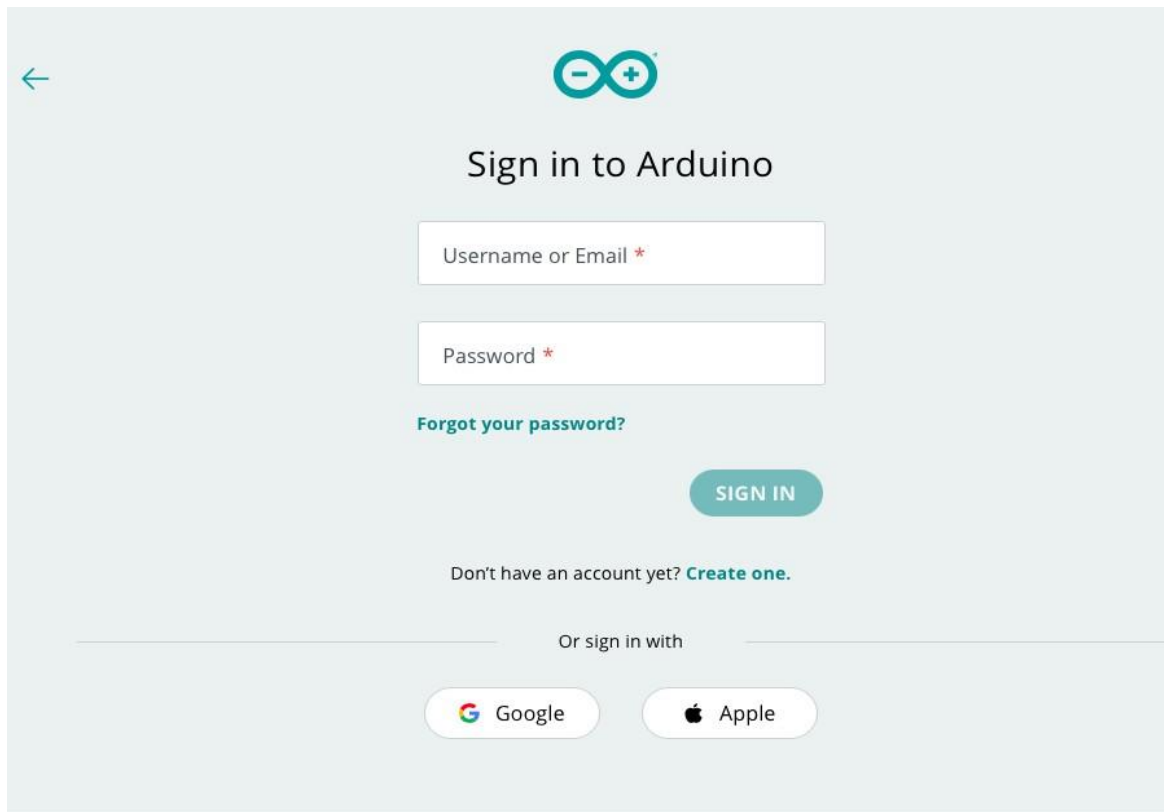
Objetivos

- Exponer a los usuarios, el manual, cómo manejar el Sistema de Monitoreo con una explicación detallada de modo claro y preciso.
- Dar a notar a los usuarios las características y las formas de trabajo del sistema brindado.

1. Acceso a la Plataforma Web

El portal Arduino IoT Cloud es una plataforma web donde se puede crear Sistemas de Monitoreo y personalizarlo a criterio del diseñador, y acceder a sus datos mediante Wi-Fi desde un ordenador o un teléfono inteligente, puede ser accedido desde cualquier navegador de internet. La dirección URL es: <https://create.arduino.cc/iot/things>. El usuario debe ingresar en un navegador web y escribir la dirección URL del portal. Al cargar la página se visualiza una pantalla en donde se solicita ingresar con una cuenta en Arduino IoT Cloud, para ellos es necesario crear una cuenta en caso de no tenerla.

Figura 1: Portal inicial de Arduino IoT Cloud



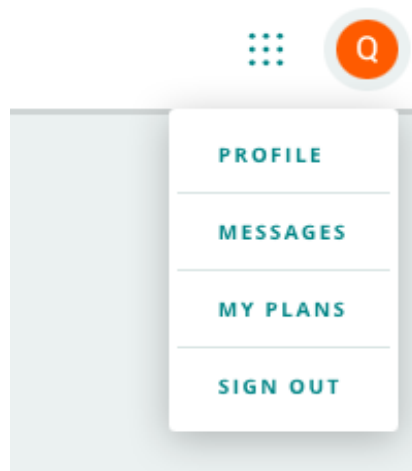
Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

2. Componentes principales de la Plataforma Arduino IoT Cloud

En primera instancia, una vez el usuario haya ingresado a la plataforma web con una cuenta, la interfaz que se presenta está compuesta por un apartado de usuario, donde se visualiza: El perfil del usuario, Mensajes, Planes de pago, y Cerrar Sesión.

Figura 2: Apartado de Perfil de Usuario

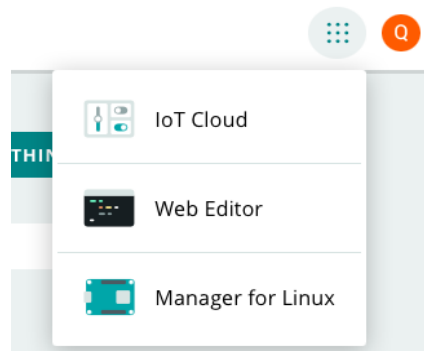


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Por otro lado, en la misma interfaz principal se muestra un apartado de secciones de trabajo, como IoT Cloud donde se agregan las variables, desarrollan nuestros elementos en el Sistema de Monitoreo. También se observa el Editor Web donde se programa las variables integradas en el Sistema Web. Por último, se visualiza un Administrador de dispositivos Linux para implementar tareas y proyectos orientados al código abierto.

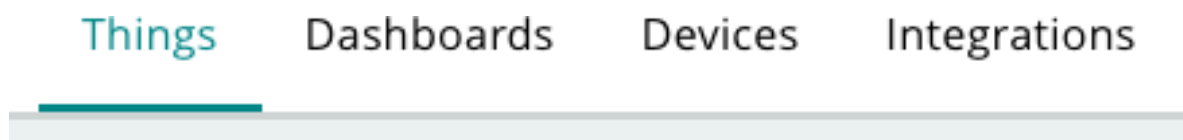
Figura 3: Apartado de Ambientes de desarrollo



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Figura 4: Barra de Pestañas en la interfaz principal



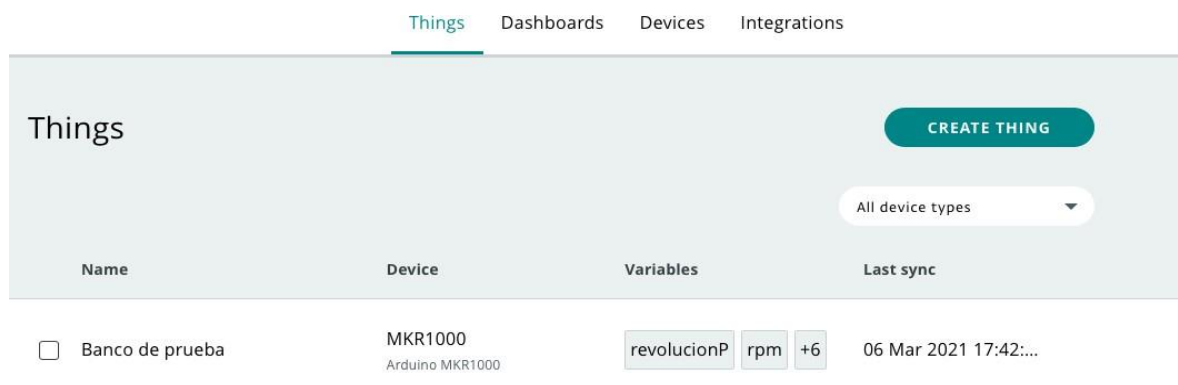
Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

3. Pestaña Things

La Pestaña Things que está encargada de agrupar los diferentes sistemas de monitoreo que se creen para diferentes dispositivos de análisis y medición.

Figura 5: Interfaz de Pestaña Things



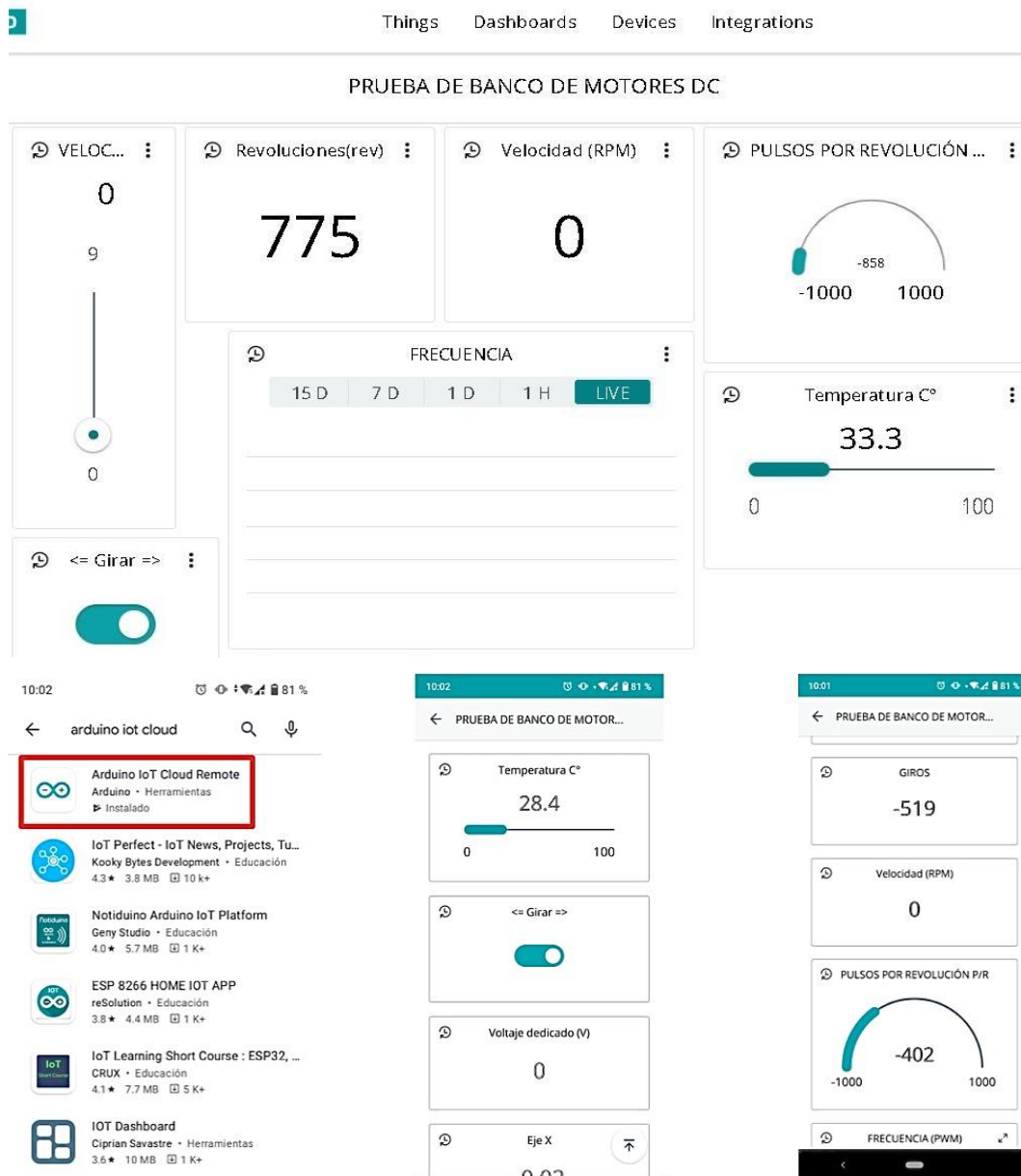
Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

4. Pestaña Dashboards

Está agregado a todas las características del motor eléctrico a monitorear como: Velocidad, revoluciones por minuto, el giro del motor, pulsar por revolución, la temperatura del motor, y la frecuencia de vibración.

Figura 6: Interfaz de Pestaña Dashboards en Ordenador y teléfono inteligente.

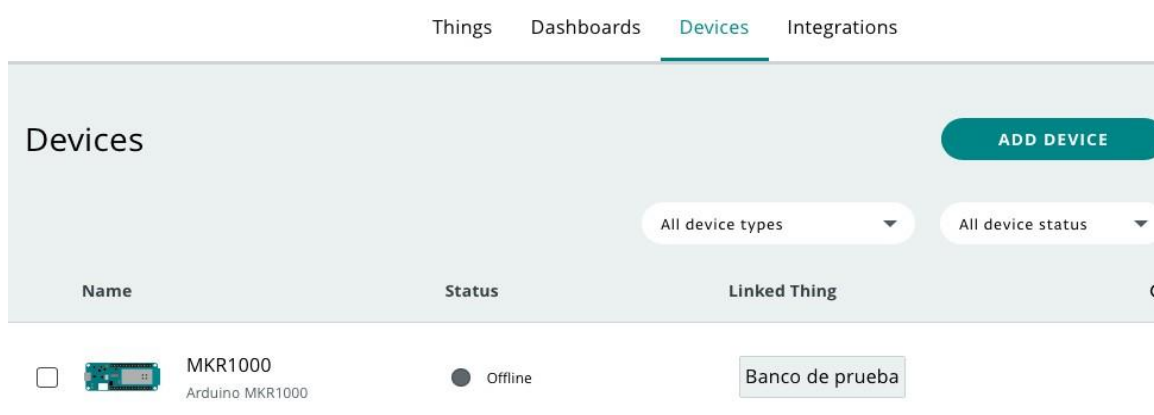


Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay
Fuente: Investigación directa

5. Pestaña Devices

En la pestaña de Devices se observa el estado de conexión del dispositivo MKR1000 lo que indica que está o no está en actividad operativa el Prototipo de hardware. En el caso de encontrarse en estado offline, se recomienda revisar primero que el interruptor del Prototipo esté encendido.

Figura 7: Interfaz de Pestaña Devices



Elaboración: Fabian Ramos y Luis Quisay

Fuente: Investigación directa

Hasta aquí culmina el manual de usuario del Sistema de Monitoreo web del Sistema de Control de Condición de Activos. Se recuerda el hecho que también se puede acceder a este sistema para ver los datos en tiempo real, y controlar la velocidad y el giro del motor eléctrico mediante el uso de teléfonos inteligentes, en las siguientes tiendas:

- PlayStore:
https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.arduino.cloudiot&hl=es_EC&gl=US
- AppStore:
<https://apps.apple.com/us/app/arduino-iot-cloud-remote/id1514358431>