



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

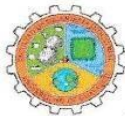
**ÁREA
REDES INTELIGENTES**

**TEMA
“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA
DE TEMPERATURA PARA MOTORES INDUSTRIALES
UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE”**

**AUTOR
ARREAGA VILLAVICENCIO CHRISTIAN OMAR**

**DIRECTORA DEL TRABAJO
ING. TELECOM. TRUJILLO BORJA XIMENA FABIOLA, MG.**

GUAYAQUIL, ABRIL 2019



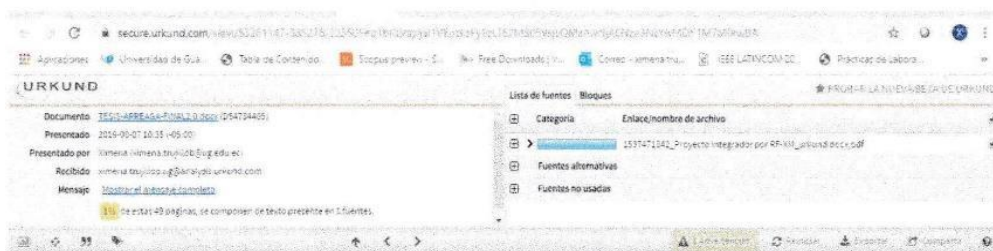
Ingeniería
en
Teleinformática

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA
UNIDAD DE TITULACIÓN

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado ING. TRUJILLO BORJA XIMENA FABIOLA, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por ARREAGA VILLAVICENCIO CHRISTIAN OMAR, C.C.: 0950886770, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA DE TEMPERATURA PARA MOTORES INDUSTRIALES UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE", ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 1% de coincidencia.



<https://secure.arkund.com/view/53281147-335278-323505>

ING. TRUJILLO BORJA XIMENA FABIOLA
CC: 060337539-5

Declaración de Autoría

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Arreaga Villavicencio Christian Omar

C.C 0950886770

Agradecimiento

A Dios por darme la vida.

A mi madre que me apoyo en todo momento pese a las circunstancias adversas.

A mi abuela que me brindó su apoyo incondicional y cariño.

A mis hermanas que supieron ofrecer su ayuda en el momento oportuno.

A mi Padre que me aconsejo y guio en el camino correcto.

A Lissette Daniela Chaglia Mejia que con su ayuda y cariño se mantuvo a mi lado y me ayudo a culminar mi carrera con éxito.

Índice general

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del Problema	3
1.2	Formulación del problema	6
1.2.1	Sistematización del problema	6
1.3	Objetivos generales y específicos	6
1.3.1	Objetivo general	6
1.3.2	Objetivos específicos	7
1.4	Justificación e importancia	7
1.5	Delimitación del problema	8
1.6	Hipótesis	8
1.6.1	Operacionalización	9

Capítulo II

Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes	11
2.2	Motores Industriales	14
2.3	Motores de corriente continua	17
2.3.1	Motor de imán permanente	18
2.3.2	Motor de excitación independiente	18
2.3.3	Motor shunt o en derivación	19
2.3.4	Motor en serie	19
2.3.5	Motor de excitación compuesta o compound	19
2.4	Motores de corriente alterna	20
2.5	Principios radioeléctricos	22
2.6	Redes MAN	25

N°	Descripción	Pág.
2.7	La tecnología Zigbee	26
2.7.1	Capas del protocolo Zigbee	30
2.7.2	Convivencia con otras redes	33
2.8	Arduino	34
2.9	Xbee	37
2.9.1	Modos de operación	38
2.9.1.1	Modo recibir/transmitir	38
2.9.1.2	Modo Sleep	38
2.9.1.3	Modo de comandos	39
2.9.1.4	Modo Transparente	39
2.9.1.5	Modo API	39
2.9.2	Modalidad IDLE	40
2.10	Software XCTU	40
2.11	Xbee Explorer Dongle	42
2.12	Sensores	43
2.12.1	Sensor de temperatura DS18B20	43
2.12.2	Rango de Temperatura del DS18B20	44
2.13	Muestra de datos	46
2.14	Marco Legal	47

Capítulo III

Metodología

N°	Descripción	Pág.
3.1	Marco Metodológico	48
3.2	Método experimental	49
3.3	Metodología Investigativa	49
3.4	Método científico	49
3.5	Método inductivo	49
3.6	Método deductivo	50
3.7	Método de Campo	50

Capítulo IV

Desarrollo de la propuesta

Nº	Descripción	Pág.
4.1	Diseño	69
4.2	Estación de Transmisión o End Device	70
4.3	Configuración del dispositivo transmisor Xbee a través de XCTU	71
4.4	Discover radio devices	71
4.5	Programación de la tarjeta Arduino UNO presente en la estación de transmisión	74
4.6	Coordinador	78
4.7	Programación de la tarjeta Arduino UNO presente en la estación de transmisión	80
4.8	Medio	83
4.9	Resultados	83
4.9.1	Pruebas respectivas del enlace creado.	84
4.10	Comprobación de la hipótesis	89
4.11	Conclusiones	89
4.12	Recomendaciones	90
	Anexos	91
	Bibliografía	104

Índice de tablas

Nº	Descripción	Pág.
1	Rango de temperaturas según el tipo de aislamiento.	4
2	Costo de rebobinado según la capacidad de un motor	5
3	Operacionalización de las variables propuestas	9
4	Comparación entre las tecnologías similares a la implementar	28
5	Información adaptada de Protocolos para redes inalámbricas de sensores.	31
6	Primera prueba del enlace creado	84
7	Segunda prueba del enlace creado	85
8	Tercera prueba del enlace creado.	86
9	Cuarta prueba del enlace creado	86
10	Quinta prueba de calidad del enlace desplegado	87

Índice de figuras

Nº	Descripción	Pág.
1	Motor Homopolar	14
2	Inducción de corriente	15
3	Ley de Faraday	17
4	Motor de corriente directa.	18
5	Motor de excitación independiente.	18
6	Motor en shunt o en derivación	19
7	Motor en serie	19
8	Motor de excitación compuesta	19
9	Motor trifásico de corriente alterna	21
10	Banda de radiofrecuencias	23
11	Ley del cuadrado inverso	24
12	Red MAN	26
13	Clases de Topologías	30
14	Perfiles de configuración de un dispositivo Zigbee	32
15	Banda de operación del estándar IEEE 802.15.4	34
16	Convivencia del estándar IEEE con otras redes	34
17	Shield para anexar un chip Xbee a una placa Arduino	36
18	Configuración física del Arduino Uno	36
19	Módulo de radio Xbee S2C	37
20	Disposición física de los pines del módulo Xbee	38
21	Software XCTU	41
22	Xbee explorer dongle	42
23	Configuración física del sensor DS18B20	44
24	Margen de error del sensor DS18B20	45
25	Pantalla LCD 16x2	46
26	Principio de funcionamiento de un motor trifásico	64
27	Voltaje dentro de una red trifásica	65
28	Voltaje y corriente nominal usada por un motor trifásico	66

N°	Descripción	Pág.
29	Daño completo en las bobinas dentro de un motor trifásico	68
30	Topología de red tipo estrella.	69
31	Envío de datos por parte del transmisor al coordinador.	70
32	Receptor de la estación de recepción	71
33	Discover radio devices	71
34	PAN ID de la estación de transmisión.	72
35	Configuración del módulo Xbee de la estación de transmisión	74
36	Diagrama de flujo para desarrollo del código general	75
37	Declaración de librerías para el Arduino presente en la estación de transmisión	76
38	Declaración de las variables para el Arduino presente en la estación de transmisión	76
39	Definición de la longitud de la pantalla LCD.	77
40	Instancia a las clases utilizadas de la estación de transmisión	77
41	Inicialización de las funciones necesarias en la estación de transmisión	77
42	Diagrama de flujo para desarrollo del código de monitoreo y alerta	78
43	Receptor de la estación de recepción	79
44	Estación de recepción	79
45	Declaración de rol del receptor presente en la estación de recepción	80
46	Habitación del modo API del receptor presente en la estación de recepción	80
47	Diagrama de flujo para el desarrollo del código de la estación de Recepción	82
48	Prueba 1 del enlace establecido	84
49	Prueba 2 del enlace establecido	85
50	Prueba 3 del enlace establecido	86
51	Prueba 4 del enlace establecido	87

52	Prueba 5 del enlace establecido	87
53	Tiempo de retardo al encender la Estación de recepción	88

Índice de anexo

Nº	Descripción	Pág.
1	Artículos en los cuales se basó el marco legal	92
2	Programación de la estación de transmisión (END DEVICE)	94
3	Programación de la estación de Recepción (Coordinador)	96
4	Medidas físicas de la caja contenedora de la estación de recepción y transmisión	99
5	Características físicas del variador usado para la implementación del arrancador del motor trifásico. (Powerflex 4M)	100
6	Vista general e interna de las respectivas estaciones	101
7	Vista de la cadena de producción donde se realizó la implementación	103



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

UNIDAD DE TITULACIÓN

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA DE
TEMPERATURA PARA MOTORES INDUSTRIALES UTILIZANDO
TECNOLOGÍA ZIGBEE”**

Autor: Arreaga Villavicencio Christian Omar

Tutor: Ing. Telecom. Trujillo Borja Ximena Fabiola, Mg.

Resumen

Hoy en día dentro de cada una de las industrias de la república del Ecuador específicamente las de mediana magnitud, tienen en sus instalaciones por los menos una cadena de producción impulsada por motores eléctricos trifásicos, la cual es utilizada para mover bandas transportadoras o diferentes mecanismos. Sin embargo, este tipo de equipos presentan un problema, el cual es el sobrecalentamiento térmico, en función a los datos obtenidos por la entrevista realizada a los 4 expertos, este mismo puede provocar un cortocircuito interno en las bobinas, averiando completa o parcialmente el equipo. Por ello al evidenciarse esta situación se realiza el diseño de una red de sensores enteramente inalámbrica que opera con energía suministrada por baterías otorgándole al prototipo una gran autonomía, esta misma posee internamente dispositivos que funcionan con tecnología ZigBee, específicamente los módulos Xbee S2C, los cuales funcionan bajo el protocolo IEEE 802.15.4, brindando múltiples beneficios dentro de un área industrial que una red convencional alámbrica no ofrece debido a su infraestructura y prestaciones técnicas.

Palabras Claves: Motores trifásicos, Sobrecalentamiento térmico, Red, Zigbee, Xbee.



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

UNIDAD DE TITULACIÓN

**‘DESIGN OF A TEMPERATURE MONITORING AND WARNING
SYSTEM FOR INDUSTRIAL ENGINES USING ZIGBEE
TECHNOLOGY’**

Author: Arreaga Villavicencio Christian Omar

Tutor: TE Trujillo Borja Ximena Fabiola, MS

Abstract

Nowadays within each of the industries of the Republic of Ecuador specifically those of medium magnitude, have in their facilities at least a production chain powered by three-phase electric motors, which is used to move conveyor belts or different mechanisms. However, this type of equipment presents a problem, which is the thermal overheating, according on the data obtained by the interview with the 4 experts, this issue may cause an internal short circuit in the coils, causing complete or partial equipment failure. For this reason, when this situation becomes evident, the design of a network of entirely wireless sensors is carried out that operates with energy supplied by batteries giving the prototype a great autonomy, it has internal devices that work with ZigBee technology, specifically the Xbee S2C modules, which operate under the IEEE 802.15.4 protocol, providing multiple benefits within an industrial area that a conventional wired network does not offer due to its infrastructure and technical performance.

Keywords: Three-phase motors, thermal overheating, Network, Zigbee, Xbee.

Introducción

En los días presentes gracias a los avances tecnológicos en el campo de la informática y de igual forma en las redes eléctricas, se logra desplegar un sinnúmero de soluciones para varias situaciones que perjudican al sector industrial.

Una solución viable y económica que se ha implementado en varias industrias es el uso de sensores que comuniquen y retransmitan cierto tipo de información para lo cual se programaron. Existiendo una gran variedad de estos que tienen un surtido papel de funcionamiento llegando incluso a relegar en muchos casos al elemento humano, ya que todo esto se puede lograr de una manera autónoma y práctica, dejando la tarea de observancia a un operador cualificado impuesto por la misma organización si así está ya lo desea.

En este documento se abordará a través de la temática propuesta el uso de sensores, como logran interactuar estos en el despliegue de una red conformada por ellos mismos y de igual manera cómo retransmiten la información obtenida de manera inalámbrica. Para poder lograr entender el sistema propuesto se debe tener claro que es una WSN (Red de Sensores Inalámbricos) y cuál es su funcionamiento.

A breves rasgos una WSN es una red que está compuesta por dispositivos que coloquialmente se les suele llamar “mote” debido a su tamaño, ya que este nombre según David Gascón el director I+D de Libellium, hace alusión a la traducción al español de la palabra inglesa que se usa para referirse a una mota de polvo con el fin de dar énfasis a sus dos aspectos más atractivos: su tamaño y la capacidad de poder situarlos en cualquier lugar (Gáscon, 2010).

Muchos de estos sensores logran retransmitir la información obtenida a un módulo, el cual ha sido escogido según la necesidad que se demande, teniendo en cuenta la compatibilidad de ambos para que de esta manera el sistema planteado tenga un correcto funcionamiento otorgándole cualidades como escalabilidad entre otras.

La forma en que se comunica una WSN con varios de los elementos que la conforman es mediante ondas de radio, para esto se debe conocer que es el espectro electromagnético, ya que estas ondas son solo una distribución de energía que perturba este espacio, a lo cual se llama ondas electromagnéticas.

Se lleva todo esto a cabo debido a que la comunicación por radio es lo suficientemente fiable y es de gran ayuda, ya que se propagan muy bien por el espacio vacío resultando eficiente su implementación en lugares donde la comunicación mediante cables no es posible.

Al implementar este tipo de sistemas se repercute económicamente de forma directa en las industrias del Ecuador teniendo un gran impacto sobre estas, debido a que varios equipos que sufren de estas situaciones tienen que darse de baja y por lo tanto proseguir a realizar un gasto no planificado ni observado dentro del presupuesto que se tiene planteado.

Cuando se menciona que el equipo pasara a darse de baja debe entenderse a que ese equipo sufrió una avería ya sea a nivel interno en sus múltiples partes que los conforman pudiendo ser que el devanado de cobre que tiene internamente este mismo haya sido destruido y su integridad física se vea comprometida debido al hecho de haberse sobrecalentado y producto de ello se quemaron varias o todo el grupo de bobinas presentes dentro de este mismo, o pudiendo ser el caso de haberse presentado algún desperfecto mecánico a nivel físico del equipo, a lo cual no podrá volver a usarse hasta que se le haya realizado la reparación correspondiente.

Es notable recalcar que si este procedimiento supera al costo de compra inicial del motor lo más eficiente es descartarlo permanentemente de la línea de producción en la cual este realizaba sus funciones. Quedando relegado más nada como un equipo de backup, del cual solo servirán ciertas partes como repuesto en caso de necesitarse más adelante estas mismas.

Todas estas situaciones se dan dentro de una industria de pequeña, mediana o gran magnitud ya que el tamaño no le garantiza que estarán exentas de estas debido a que si no se crea e implementa algún sistema de control y monitoreo que realice las funciones necesarias para prevenir que se den este tipo de problemas se seguirán dando dentro de estas mismas, estas novedades ya mencionadas se seguirán presentando dando como resultado el hecho de dar de baja a varios equipos y continuamente ocurrirá un gasto de recursos económicos que podría evitarse o minimizar su impacto.

Capítulo I

El problema

1.1 Planteamiento del problema.

En el Ecuador existen según el INEC (Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos) 13.773 empresas de las cuales solo un grupo pueden ser denominadas como grandes debido a su infraestructura y patrimonio, estas mismas representan un 23% de la matriz productiva, siendo 3.223 el número total de ellas y cuentan con un crecimiento continuo (INEC, 2016).

Un aspecto importante y que es de notable interés es que el 13.87% de las 3.223 empresas se dedican al sector manufacturero, por lo cual se evidencia que un alto número de estas requieren sistemas automatizados para sus actividades dependiendo necesariamente del uso de motores eléctricos industriales, ya que sin estos los trabajos mecánicos tomarían una gran cantidad de horas hombres y desperdicios de recursos.

Muchos de estos equipos utilizados por las industrias en el área de las telecomunicaciones y las redes industriales presentan un gran problema el cual es un sobrecalentamiento térmico.

Esto se da debido a que, si se induce una corriente eléctrica a través de un material conductor, esta encontrará una resistencia al paso libre de sus electrones y la energía cinética presente en estos mismos provoca un efecto que no es provechoso ni deseado en muchos casos.

Aquello viene presentándose a lo largo del tiempo pudiéndose argumentar que desde que el hombre logro manipular la electricidad a su beneficio pudo notar que algo provocado por esta misma será el famoso efecto Joule el cual expresa un aumento de magnitud en lo que respecta a la de temperatura presente en el material.

Dentro de un motor trifásico este efecto se amplifica debido a que este mismo cuenta internamente con bobinas de cobre que cumplen la función de que al inducirse una corriente determinada en estos, se generara un campo magnético de tal magnitud que logre mover intrincados mecanismos.

La fuerza de torque que otorgue un motor trifásico depende del caballaje proporcionado por el equipo y la tensión con la que este pueda trabajar.

De gran importancia es que los devanados de cobre que tiene internamente un motor trifásico estén cubiertos cada uno de ellos por un barniz especial que en su mayor parte funcionara como aislante térmico y eléctrico que de esta manera precautela la integridad física de este.

Este barniz tiene una clasificación ligada a la calidad brindada, los mayormente usados en el área industrial son los A, B, F, H debido a que la temperatura soportada por este tipo de barnices coincide con las temperaturas que usualmente se presentan en el área industrial.

El organismo internacional regulatorio de calidad en el ámbito de equipos eléctricos

NEMA, enuncia que la temperatura ambiente de trabajo no puede sobrepasar los 40°C (NEMA, 2016), haciendo uso de este dato se puede delinear un margen de temperatura que se puede presentar dentro del equipo tomando esto como referencia.

Sin embargo, muchas veces esta temperatura no es regulada ni mucho menos controlada, excediéndose un límite de temperatura máxima que se puede dar dentro del equipo, a continuación, se detallará esto a través de una tabla que sirva de soporte visual para este propósito.

Tabla 1. *Rango de temperaturas según el tipo de aislamiento.*

Tipo de Aislante	Temperatura Máxima	Incremento Máximo
A	105°C	65°C
B	130°C	90°C
F	155°C	115°C
H	180°C	140°C

Información adaptada del presente trabajo de titulación. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian

El incremento máximo de temperatura dentro del equipo se lo puede calcular gracias al dato ya especificado antes, el cual enuncia que la temperatura de ambiente no debe exceder los 40°C, de la misma manera la temperatura de máxima a soportar por el barniz viene dada por los fabricantes de este mismo, para este ejemplo se tomara como punto de partida el nivel de calidad del grado A.

$$\text{Incremento máximo} = \text{Temperatura máxima} - \text{Temperatura de ambiente}$$

$$65^{\circ}\text{C} = 105^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$$

Dado que varios equipos no poseen un control adecuado para prevenir este problema se da un sobrecalentamiento térmico teniendo como resultado perdida de eficiencia eléctrica, el daño parcial o completo de los devanados o en el peor de los casos un daño completo del equipo en el cual ya no es viable su reparación y se tiene que dar de baja este mismo.

Para dar una mejor comprensión del problema a nivel económico se dará un margen de costo en el que incurriría una empresa en caso de necesitar que se rebobine un motor trifásico y así observar correctamente la dimensión en la cual afecta este problema económicamente.

Tabla 2. *Costo de rebobinado según la capacidad de un motor.*

Capacidad	Voltaje	Costo de Rebobinado	Costo de Mantenimiento	Tiempo de mantenimiento expresado en días
½ HP	220 V	150\$	180\$	3 días
1 HP	220 V	200\$	250\$	3 días
2 HP	220 V	250\$	350\$	3 días
10 HP	480 V	400\$	500\$	5 días
20 HP	480 V	2000\$	2800\$	5 días
30 HP	480 V	3000\$	3800\$	7 días
50HP	480 V	4000\$	5000\$	12 días

Información tomada de la empresa Alexmar S.A. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Como se puede observar el costo de reparación en la cual tiene que incurrir una empresa al darse este tipo de problema llega a ser un costo medianamente alto, pero es válido recalcar que esta situación no solo aqueja a un solo equipo, en una empresa son varias las líneas de producción y es muy importante observar que en una cadena de trabajo el número de motores empleados puede llegar a ser de hasta 20 unidades, si llegase a fallar tan solo uno de estos toda la cadena se descompensaría produciendo un impacto de tal magnitud que puede producir daños en toda la línea, por mencionar un ejemplo si la fuerza necesaria para lograr la tracción mecánica a través de una banda transportadora no es la adecuada, se afectarían muchos de los equipos que se encuentren presentes en todo el trayecto de la línea de producción teniendo como resultado varias averías o inclusive el recalentamiento de dos o más motores trifásicos debido a que se le somete a un trabajo de mayor carga por lo ya estipulado por el fabricante.

En consecuencia, se le debe añadir los costos de producción en que se incurrirán los cuales rondarían los miles de dólares si se tratase de una empresa de un mediano volumen de trabajo, debido a que el tiempo de duración que tarda reponer uno o varios equipos tomará su tiempo debido a que si se apresura este proceso no existirá garantía de que al momento de retomar el funcionamiento normal de la línea de producción no se presentase algún desperfecto o novedad que produzca nuevamente un fallo.

Algo interesante a recalcar es que muchas veces los repuestos de varios equipos no tienen una disponibilidad local inmediata, esto se da debido a que muchas marcas de fabricación

se encuentran en el extranjero y varios repuestos tomaran un tiempo de envío y llegada considerable, para luego una vez ya adquirido el repuesto necesario empezar con su reparación correspondiente y dar por terminada la situación ya descrita.

Gracias a lo observado y analizado es válido recalcar que es necesario evitar a toda costa algún fallo dentro de una línea de producción, por lo tanto, se debe de tener en óptimas condiciones cada uno de los elementos pertenecientes a esta misma, de esta manera surge el tema del diseño de un prototipo que controle y monitoree el problema ya descrito en esta investigación.

1.2 Formulación del problema.

¿Cómo beneficiaría el diseño de un sistema de monitoreo y alerta de temperatura para motores industriales utilizando tecnología Zigbee?

1.2.1 Sistematización del problema.

Dado que varios equipos no poseen un control adecuado para prevenir este problema de un sobrecalentamiento térmico se estropean y se echan a perder o muchas veces reducen su vida útil y operativa atribuyéndose en muchos casos erróneamente esta situación a la obsolescencia tecnológica programada del aparato.

En el presente documento se busca ahondar en los beneficios de la solución brindada por el diseño del sistema ya mencionado, analizando la viabilidad y factibilidad del proyecto.

Todo aquello se logrará a través de responder las siguientes interrogantes:

- ¿Qué tecnologías pueden servir de ayuda para solventar el problema ya mencionado?
- ¿Cuál será en términos cuantificables el beneficio otorgado por el prototipo dentro de una empresa?
- ¿Qué componentes e instrumentos tecnológicos se requieren para construir un prototipo que satisfaga la necesidad ya descrita?
- ¿Qué impacto tendrá la implementación de este diseño sobre una empresa?

1.3 Objetivos generales y específicos.

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar un prototipo que realice la labor de monitorear la temperatura presente en motores eléctricos industriales utilizando sensores térmicos haciendo uso de módulos XBEE S2C.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Estudiar la tecnología Zigbee y las tecnologías inalámbricas MAN.
- Determinar los requerimientos de operación para el correcto funcionamiento de los motores industriales.
- Diseñar una red con el propósito de monitorear la temperatura de motores industriales.
- Implementar el prototipo de monitoreo de temperatura de motores industriales a través de módulos Xbee S2C.

1.4 Justificación e importancia.

En el presente proyecto desarrollado se determina una solución viable y accesible a la situación perjudicial presentada en muchos equipos tecnológicos encontrados en talleres e industrias, debido a que un sobrecalentamiento térmico puede producirse en cualquier momento ya sea este por motivo de que la temperatura ambiental de trabajo es muy elevada o que el equipo se encuentra operativo un buen tiempo sin tener algún control o revisión técnica de este mismo.

Hoy en día la temperatura de trabajo en muchos lugares suele ser por encima de lo normal de lo que está indicado por la placa de descripción técnica de una máquina, esto suele presentarse a menudo y no es percibido por un operador o una persona capacitada, dando como resultado la toma de medidas preventivas demasiado tarde.

Según el NEMA la temperatura ambiental de trabajo no debe superar los 40°C si se llegase a sobrepasar este límite se corre el riesgo de que el motor disminuya su eficiencia eléctrica y que se averíe completamente descartando completamente su reparación debido a que no resultaría factible económicamente. (NEMA, 2016)

Lo último que se desea es llegar a dar de baja un motor debido a que este se sobrecalentó y no hubo alguien que pueda corregir esto. Notándose que se puede prevenir si existiese algún indicio gráfico que sea de soporte visual con el propósito de poder percibir que se está presentando una temperatura anómala dentro del equipo o a su alrededor.

La importancia de este proyecto radica en evitar que un equipo acorte su vida útil o que inclusive se averíe, se debería poder este mismo automatizar a través de la realización de un prototipo de red que ayude al monitoreo de la temperatura presente alrededor, y que logre determinar si esta es la idónea para seguir manteniendo operativo el equipo o tomar las medidas preventivas para así evitar el sobrecalentamiento ya descrito con anterioridad.

Se puede contar con la seguridad de que este proyecto reportara en un beneficio económico al no echar a perder recursos tecnológicos que en muchos casos son costosos o de gran dificultad al momento de ser adquiridos en el mercado.

Mediante módulos de radio que retransmitirán los datos obtenidos a través de una red que se operara bajo el protocolo Zigbee, estos reportaran en tiempo real el estado térmico del motor trifásico, si llegase presentarse un sobrecalentamiento se activará una alarma que se encuentra en la estación de recepción perteneciente al prototipo.

Es circunstancial conocer que este problema puede darse por diversos factores tales como variaciones de voltaje o temperatura de trabajo elevada los cuales serán factores que se examinarán para la fabricación del prototipo.

No es necesario recurrir a un extremo análisis de la situación para poder percatarse de los múltiples beneficios otorgados de un control autónomo que ayude a prevenir un sobrecalentamiento térmico, dado que este repercute directamente de manera económica en la institución de forma positiva ya que precautela los recursos tecnológicos de esta misma ya que si se llegase a presentar la avería de un motor el costo de rebobinarlo podría rondar la cifra de los miles de dólares dependiendo su capacidad y el voltaje de operación de este mismo.

1.5 Delimitación del problema.

Este documento abarcara como el estudiante aplicará los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en Teleinformática a través de la realización de un diseño este tendrá como función el monitoreo y alerta ante el caso de presentarse un aumento de temperatura peligroso, aquello se llevara a cabo mediante la muestra de datos en una pantalla LCD, estos se desplegaran en tiempo real ayudando a evitar el problema ya descrito; enfocado en los motores industriales los cuales cuentan con un alto índice de uso dentro del país utilizando tecnología Zigbee.

1.6 Hipótesis.

Si se llega a presentar un sobrecalentamiento térmico dentro de un motor trifásico, el hardware que se implementará en el prototipo propuesto logrará monitorear y alertar este problema mediante la activación de una alarma, previniendo de esta forma el daño total o parcial del equipo.

Variable independiente: Sobrecalentamiento térmico en motores trifásicos industriales

Variables dependientes: Hardware, Software, Vigilancia, Variaciones de voltaje, Temperatura de trabajo.

1.6.1 Operacionalización.

Tabla 3. Operacionalización de las variables propuestas.

Variable	Tipo	Descripción	Indicador
Sobrecalentamiento térmico en motores trifásicos industriales	Variable independiente	Problema que aqueja a varios elementos de la cadena de producción en una industria.	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de Temperatura limite • Rango de variación limite • Rango de tiempo para la toma de datos y medición
Hardware	Variable dependiente	Procesos que se llevan a cabo para obtención de información de interés del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta con microcontrolador a usar. • Dispositivo de transmisión de datos a aplicar • Pantalla de muestreo de datos obtenidos.
Software	Variable dependiente	El Programa que tiene reglas y lógica a seguir para su interpretación de los datos adquiridos en el medio a aplicarse.	<ul style="list-style-type: none"> • Lenguaje de programación a usar para el prototipo. • Programa usado en los dispositivos de transmisión de datos.

Vigilancia	Variable dependiente	Acción de gran importancia debido a que esta provee la información necesaria de si el prototipo funciona según lo diseñado.	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de mediciones a realizar en un determinado tiempo. • Número de alertas a realizar
Variaciones de voltaje	Variable dependiente	Fluctuaciones presentadas en la tensión presentadas en una red eléctrica afectando a cada uno de sus elementos presentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión nominal de operación del motor trifásico. • Rango de variación en el voltaje presentado.
Temperatura de trabajo	Variable dependiente	Magnitud física que puede variar la cual es medible y permea un espacio definido.	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de temperatura de operación. • Límite máximo de temperatura interna.

Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes.

El documento presente describe un proyecto de gran alcance y de varias prestaciones dado a que una WSN tiene muchas ventajas que puede brindar debido a su versatilidad de instalación y a su configuración práctica y amigable.

Se puede instalar una red WSN prácticamente en cualquier lugar en el que se requiera la obtención de datos de manera discreta y práctica, y así monitorear y controlar ciertas magnitudes en tiempo real y en justo al momento en que estas se presenten, las cuales serán debidamente cuantificadas por la persona u organización que así lo necesite o requiera.

Por citar un ejemplo de las prestaciones que brinda una red del tipo ya mencionado, está la implementación realizada en los barrios de Barranquilla asentada en la república de Colombia, en esta localidad se presenta con marcada frecuencia la penosa catástrofe de inundación, este fenómeno tiene un alta de tasa de mortalidad debido a que ocurre de manera súbita y es de naturaleza fugas.

Al tratarse de un fenómeno de tal magnitud, la población no tiene un nivel de preparación o de contención que pueda servir de ayuda o de respuesta organizada y de esa manera afrontar la situación de una manera eficaz, al notar esta respuesta poco eficiente por parte de la población se generó una solución preventiva la cual fue el diseño de una red que se ideó a través de un estudio de posicionamiento o site survey para la obtención de los resultados que son usados para el posterior análisis.

En palabras propias de Cama Alejandro y Piñeres Gabriel los cuales son los responsables de la implementación de este proyecto se puede resaltar que la aplicación web móvil utiliza un lenguaje unificado para ser modelado este mismo se basa en una lista de requerimientos que realiza un muestreo acerca de las calles que se encuentran en la ciudad con respecto al nivel de peligrosidad que existe en un arroyo en diferentes puntos todo aquello en tiempo real sobre un mapa.

El sistema se diseñó con el fin de tomar prevención por parte del usuario, además este proyecto se probó en la plataforma Wasmote utilizando módulos Xbee-PRO ZB con el fin de transmitir inalámbricamente (Cama & Piñeres, 2016)

Un aspecto que es válido resaltar acerca del estudio citado es que, los especialistas afirman que una WSN puede realizar una función de gran interés en particular la cual es que esta puede ser denominada como un Sistema de Alertas Tempranas, estas mismas tienen

elementos importantes con el fin de recopilar datos para su posterior control y monitoreo y de esta manera suplir un sinnúmero de necesidades latentes.

Dado estos datos de interés no es apresurado señalar y recalcar que una red de sensores es un sistema de múltiples prestaciones por no decir ilimitadas con aplicación en variadas áreas, tanto en el ámbito ambiental, médico, tecnológico o educativo.

Una WSN se puede instalar en lugares de difícil acceso como ya se menciona con anterioridad en el documento, un ejemplo interesante de esta ventaja se puede observar en el artículo de investigación realizado por la Universidad Nacional de Colombia, en este documento se realiza la aplicación de una red WSN que tenga la labor de monitorear el estado y el ambiente presente mina subterránea y proveer una alerta temprana con el fin de conservar la seguridad de las personas que trabajan en este tipo de oficios.

Es fácil notar que una mina no es un lugar de gran comodidad y de fácil acceso por lo general las minas tienen un ambiente que no es el idóneo para la instalación de equipos que requieran un lugar de poca humedad y de accesibilidad inmediata, es válido resaltar que una toma de energía en estos lugares no es un recurso con el que se pueda disponer en cualquier momento, de igual manera la ventilación presente dista mucho de ser la adecuada.

Debido a todo esto se debió analizar qué tipo de sistemas lograría cumplir la tarea ya descrita en este tipo de condiciones y cuál sería el sistema de mayores prestaciones para el propósito final, de esta manera Jiménez Jovani y Acero Álvaro los cuales fueron los encargados de implementar este proyecto mencionan que el tratamiento de todos los datos ofrecidos por la red inalámbrica es el adecuado y óptimo para este tipo de condiciones de bajo consumo energético.

Zigbee es un protocolo para la transmisión de información con características muy provechosas que lo convierten en uno de alto nivel con respecto a la comunicación inalámbrica este mismo realiza sus operaciones mediante el estándar IEEE 802.15.4 el cual se diseñó con el propósito de usarse dentro de la radiodifusión digital.

Las aplicaciones que pueden integrar este tipo de protocolo son las que involucran tareas tales como el diseño de redes automatizadas, redes de control industriales, telecomunicación, entre otras (Jiménez & Acero, 2013)

La tecnología Zigbee es aplicada en los dispositivos Xbee y ofrecen una gran gama de posibilidades al usuario ya que estas no requieren un intrincado mecanismo de instalación ni una laboriosa codificación por ello hoy en día se implementa y se realizan proyectos de todo tipo con ayuda de estos dispositivos, por mencionar un caso de aplicación se puede mencionar a la domótica la cual es la acción de automatizar varios procesos o tareas

domésticas que se llevan a cabo dentro de un hogar con el fin de minimizar el trabajo y fatiga que se producen al realizar estas mismas.

En la república del Ecuador ya se ha implementado varios proyectos basadas en esta tecnología debido a sus prestaciones y ventajas por citar un ejemplo se tiene el diseño de una red que capta información a través de sensores de forma inalámbrica mediante la tecnología Zigbee, con el fin de monitorear el ambiente dentro de las minas artesanales efectuado por alumnos de la Universidad Politécnica del Litoral ubicada en Guayaquil. Se observa claramente que en este estudio aquellas personas que forman parte de este escenario laboral no aprovechan los avances tecnológicos hoy en día brindados, por este motivo el estudio ya mencionado solventa de una manera atractiva varias presentadas en este campo.

Según Espinoza y Merino, las minas artesanales presentes en el Ecuador son el ambiente perfecto para el despliegue de una WSN, ya que con el diseño de una red de esta índole se puede propiciar un mejor ambiente de trabajo como turístico.

En este proyecto se propuso implementar dispositivos Xbee los mismos que trabajan bajo el protocolo Zigbee, este se ajusta a las necesidades propuestas con el fin de impulsar y reforzar la comunicación en la situación ya mencionada, dentro del cual se presentan múltiples riesgos para el trabajador. (Espinosa & Merino, 2018)

La tecnología ZigBee de igual manera se implementa para monitorear magnitudes como la temperatura, humedad y la presencia de humo en tiempo real dentro de un entorno en el cual el índice de un conato de incendio es mucho más elevado con respecto a otros.

Todo aquello se logra mediante la integración de una placa Arduino a la cual se le encarga la tarea de controlar las magnitudes físicas que le son entregadas por los respectivos sensores desplegados dentro de la red implementada. Este sistema se lo llamo Natura Sys. el cual provee de la información de interés de una manera inalámbrica recibida de los sensores, la cual podrá ser manipulada y percibida mediante una aplicación de escritorio desarrollada por Erazo Jennyfer y Hervas Carlos los responsables del proyecto. A su vez cuenta con un portal web en el cual se observa los parámetros que definen el buen comportamiento del entorno, proporcionando cuadros estadísticos precisos que garantizan un correcto control y monitoreo. Anexo a esto este proyecto cuenta con un atractivo particular, dado que la fuente de alimentación de este no es externa sino más bien cuenta con una batería de alta duración, debido a esto puede mantenerse operativo por un largo tiempo brindándole una autonomía y factibilidad incomparable con otras alternativas presentes en el mercado, aprovechando de gran manera todo lo que ofrece la tecnología Zigbee, gracias a que los dispositivos que trabajan bajo el protocolo ya mencionado logran realizar sus funciones con un bajísimo

consumo energético al incorporar una opción que les permite operar en un relativo estado de sueño (Erazo & Hervás, 2014).

2.2 Motores Industriales.

Para lograr entender el trasfondo teórico de este documento es necesario comprender que es un motor, como funciona, cuál es su función técnica y que parámetros son más importantes a tener en cuenta al momento de dar marcha a uno de estos equipos, dado a que es de gran interés conocer de una manera práctica todos estos aspectos a mencionar debido a que donde exista la necesidad de progreso será indispensable un motor. Los principios de cómo funciona un motor radican en las leyes del electromagnetismo observadas y estudiadas en un inicio por el científico y gran investigador Michael Faraday,

Pérez Claudia afirma que fue este personaje el que impulso de gran manera el nivel de conocimiento de la sociedad vigente en ese entonces pese a no tener un gran nivel de educación, dado a que no contaba este con estudios superiores sin embargo generó grandes aportes científicos que hasta en el día de hoy siguen repercutiendo y se toman en gran cuenta tanto en el área de la electricidad, física y telecomunicaciones en general. (Pérez Campo, 2018)

En 1821 Michael Faraday al estudiar la investigación de un químico contemporáneo de su época desarrollo al que se puede considerar el primer motor eléctrico de la historia, esto a través de producir el efecto que el mismo denominó “rotación electromagnética” hoy en día a uno de ellos se lo conoce como motor homopolar el cual consistía en generar un movimiento circular de manera continua, impulsado por la fuerza magnética manifestada alrededor de un alambre que se extendía hasta un receptáculo que contenía mercurio, en este se colocaba un imán dentro de su interior; el alambre giraba en torno al imán cuando se le inducía una corriente eléctrica desde una fuerza electromotriz de origen químico. (Véase la figura 1)



Figura 1. Motor Homopolar. Información tomada de Sparkmuseum. Elaborado por el autor.

A partir de 1831 Michael Faraday realizó una serie de experimentos que le hizo dar con su gran descubrimiento, Michael Faraday siendo alguien de una curiosidad insaciable y deseo por entender las bases físicas de la naturaleza y como esta trabaja diseñó dos bobinados de alambre con el fin de observar como interactuaba una corriente continua eléctrica a través de estos, para este efecto enrolló los dos bobinados sobre un anillo de hierro sin tener contacto directo un bobinado con el otro de esta manera él logró notar que al pasar la corriente continua sobre uno de estos el bobinado que encontraba adyacente en el anillo de hierro manifestaba una corriente eléctrica temporal que se desvanecía al interrumpir el flujo de corriente en el sistema. (Véase la figura 2)

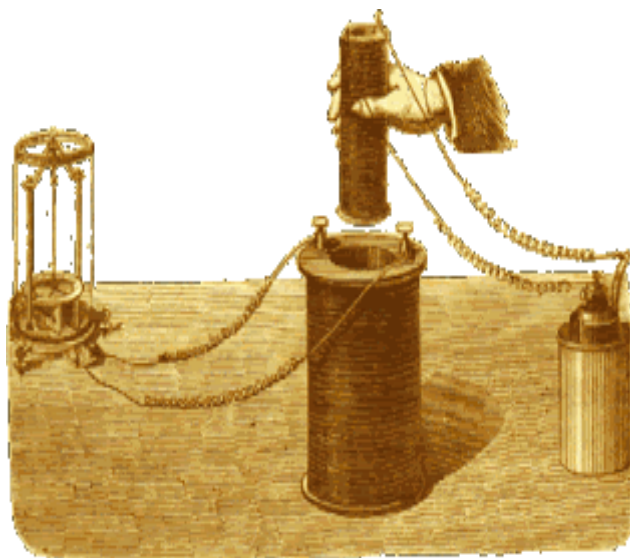


Figura 2. Inducción de corriente. Información tomada de Sciencedirect. Elaborado por el autor.

En un experimento posterior al ya mencionado sentó las bases físicas de lo que es hoy día el principio principal de cómo funcionan los motores eléctricos y dinamos usados a lo largo de todas las industrias, dado que él observó que si se hace pasar un imán a través de una espira de alambre en esta se induce una corriente eléctrica y de igual forma este efecto se manifiesta de manera inversa, ya que si era la espira la cual se movía alrededor del imán se producía la misma corriente eléctrica.

Todas estas observaciones fueron cuantificadas y resumidas en expresiones matemáticas de una manera elegante por un genio físico y matemático James Clerk Maxwell de origen escocés allá por finales del siglo 18, dado a que no había una unificación universal y general de todas estas leyes ya descritas por varios científicos del pasado debido a que muchos de estos fenómenos eléctricos se trataban por separado. El logro enunciar de forma matemática la ecuación que en la actualidad se la conoce como la ley de Faraday-Lenz la cual describe los fenómenos electromagnéticos que se presentan en los circuitos eléctricos en general.

Sugiere Palacio Jhayson la existencia de una fundamentación muy estricta para la realización de las ecuaciones matemáticas pertinentes en la capacidad que tiene un cuerpo de comportarse como un medio magnético y como este dibujara líneas de fuerza abstractas (Palacio Rangel , 2017). Para lograr conocer de una forma general se describirá de manera breve la ley ya mencionada debido a que en efectos prácticos no es tan significativo tener una explicación matemática de este efecto ya mencionado.

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Esta ley describe que si un campo magnético $-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ cambia en función del tiempo esto influenciara al campo eléctrico de una manera en particular el cual se ira cerrando.

Puntualmente esta ecuación describe que si un campo magnético aumenta su magnitud el campo eléctrico se orienta al sentido de giro de un reloj y si este decrece en magnitud el campo eléctrico ira girando en torno anti horario.

Gabàs Masip, J. Menciona que estas ecuaciones demuestran una simetría muy grande demostrando asi que ambos campos tienen una interacción física muy fuerte sobre ellos mismos y en ambas direcciones (Gabàs Masip, 2015). Hoy en día gracias a los avances científicos y experimentales se conoce que ambos campos, el eléctrico y el magnético son dos caras de una misma moneda de la física estructural del universo.

Todo esta fundamentación científica y teórica logra explicar el principio clave de funcionamiento de un motor eléctrico, el cual es la de transformar una energía eléctrica en energía mecánica por lo tanto es una máquina de conversión, logrando gracias a esto revolucionar la forma de trabajo en las industrias de todo el globo de una forma tan impactante que hoy en día es difícil concebir un mundo sin estos equipos, otorgándole de gran importancia y valía a este invento.

En la actualidad se conocen varias clases de motores eléctricos que existen para diversos propósitos y trabajo, sin embargo, se tienen dos tipos fundamentales los cuales son el motor de corriente continua y los motores de corriente alterna, en este documento la aplicación del prototipo ya mencionado con anterioridad se diseña en función a estos últimos, pero de igual manera se dará una breve introducción de las clases de motores que existen dado a que es de gran interés practico.

De esta manera se tendrá un sólido concepto teórico debido a que los motores de corriente continua son los que permiten observar de una manera más simple del funcionamiento de las leyes físicas ya mencionadas.

2.3 Motores de corriente continua.

Un motor de corriente continua funciona en base a lo ya mencionado con anterioridad en el marco teórico de este documento, pero aunado a esto es válido mencionar una fuerza que es de gran importancia y que actúa directamente sobre los bobinados de un motor, la fuerza de Lorentz.

Esta fuerza se presenta al pasar una carga eléctricamente cargada por un espacio donde coexisten un campo eléctrico \mathbf{E} y un campo magnético \mathbf{B} y describe el movimiento que seguirán las partículas responsables de producir la electricidad debido a que esta se sentirá influenciada por la ya llamada fuerza de Lorentz.

$$\mathbf{F} = q\vec{E} + q(v \times \vec{B})$$

García José experto en este tema menciona que este fenómeno se produce dentro de un motor y se puede observar a una escala mucho mayor, debido a que si se induce una corriente eléctrica por un bobinado de cobre esta producirá un campo electromagnético ya que se crea un electroimán el cual generara una repulsión electromagnética y al estar este montado sobre un eje en el interior del motor se encarga de hacer girar al rotor (García Álvarez, 2015). Esto se produce debido al estar cerca de los polos de un imán permanente dado a que gracias a su naturaleza física este presenta dos lados: uno positivo y otro negativo, de modo que al coincidir el polo positivo del electroimán auto inducido con el polo positivo del imán permanente se genera un rechazo que produce la acción ya mencionada, en consecuencia, a esta estimulación generada por este campo se producirá un movimiento angular contante en el interior del motor. (Véase la figura 3)

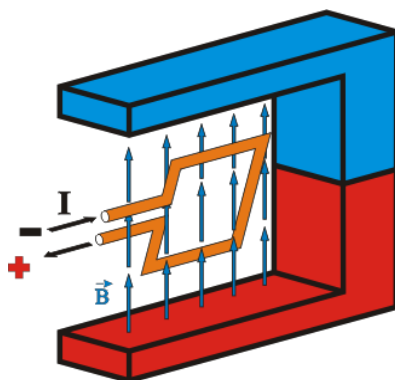


Figura 3. Ley de Faraday. Información tomada de Junta de Andalucía. Elaborado por el autor.

Existen varios tipos de motores de corriente continua entre los más importantes de tienen los siguientes:

- Motor de imán permanente
- Motor de excitación independiente

- Motor shunt o en derivación
- Motor en serie
- Motor de excitación compuesta o compound

2.3.1 Motor de imán permanente.

En los motores de imán permanente la corriente eléctrica suministrada presenta una eventualidad bien marcada, la cual es que esta misma puede variar con respecto a su amplitud, esto será exhibido dentro del equipo en función al tiempo en que la corriente este transitando por los devanados, sin embargo, el campo magnético se mantendrá fijo e inamovible. Este motor es de un precio relativamente asequible por lo tanto el área de aplicación es muy amplio ya que abarca tanto como para fines recreativos como técnicos. (Véase la figura 4)

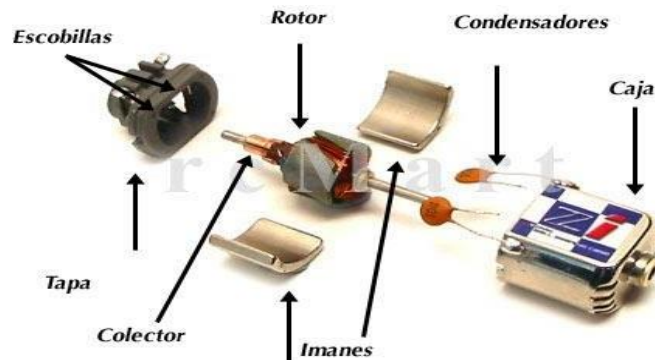


Figura 4. Motor de corriente directa. Información tomada de la universidad de Ingeniería de San Carlos en Guatemala. Elaborado por el autor.

2.3.2 Motor de excitación independiente.

La característica más importante de estos motores es que presenta la existencia de un electroimán y la corriente que se le suministra es una corriente aislada que la que se le entrega al rotor. (Véase la figura 5)

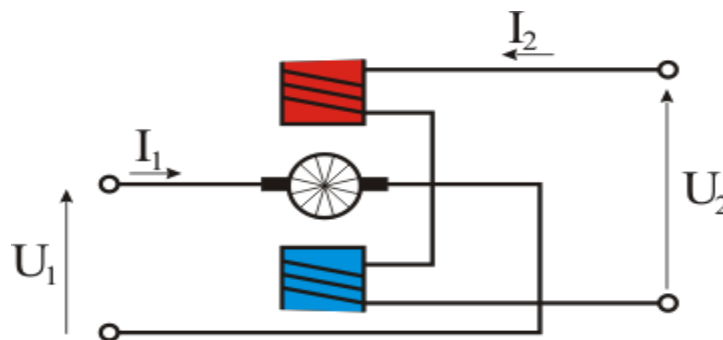


Figura 5. Motor de excitación independiente. Información tomada de Junta de Andalucía. Elaborado por el autor.

2.3.3 Motor shunt o en derivación.

En este motor la corriente suministrada será la misma y estará en paralelo con ambos elementos internos tanto para el rotor como para el electroimán, otorgándole una gran practicidad a este diseño debido a que no se necesitan dos fuerzas electromotrices para producir el giro angular. (Véase la figura 6)

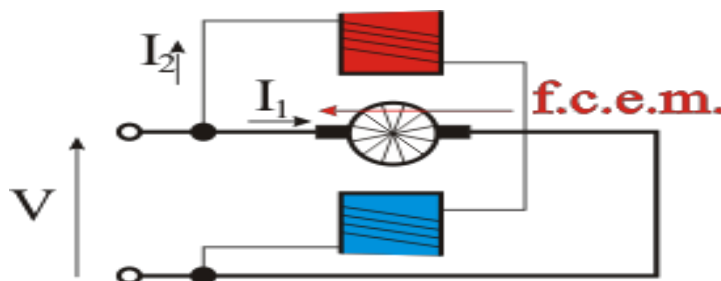


Figura 6. Motor en shunt o en derivación. Información tomada de Junta de Andalucía. Elaborado por el autor.

2.3.4 Motor en serie

En este diseño la corriente otorgada tendrá un trayecto en serie, esto debe entenderse tal cual debido a que tanto como los devanados, como el imán permanente usado dentro de este motor estarán situados de manera continua e inmediata y debido a esto su conexión será considerada como un circuito en serie. (Véase la figura 7)

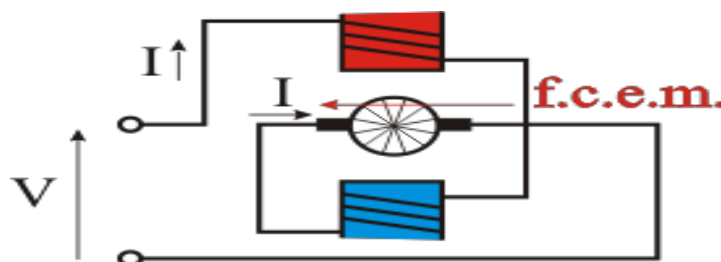


Figura 7. Motor en serie. Información tomada de Junta de Andalucía. Elaborado por el autor.

2.3.5 Motor de excitación compuesta o compound

En este caso será la conjugación de los motores en serie y en derivación para así aprovechar al máximo las especificaciones de estos mismos de esta manera se requerirán dos juegos de bobina para así producir el giro. (Véase la figura 8)

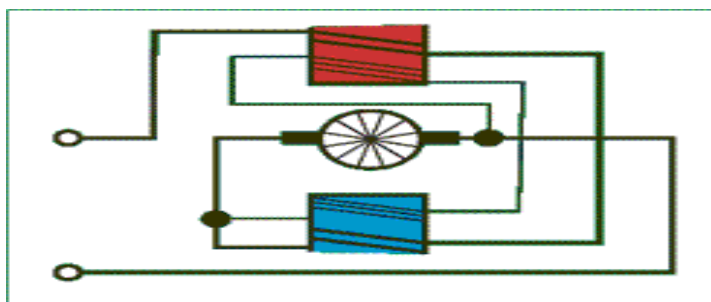


Figura 8. Motor de excitación compuesta. Información tomada de Junta de Andalucía. Elaborado por el autor.

2.4 Motores de corriente alterna.

Dentro de este grupo se puede diferenciar tres clases de motores los cuales son usados según su eficiencia proporcionada la cual depende del lugar en donde se los requiera implementar para efectos prácticos se estudiará y se profundizará en su análisis a los motores de corriente alterna trifásicos, pero de igual forma se proporciona una breve mención a los otros tipos de motores de corriente alterna que existen.

Los motores monofásicos para empezar a trabajar solo requieren de una fuente de alimentación que suministre al equipo de 120 voltios AC por una fase y para cierre del circuito una línea de neutro, sin olvidar su toma de tierra que tiene la labor de proteger al equipo en el caso de presentarse una sobrecarga eléctrica.

Para el estudio correcto de los motores a corriente alterna resulta necesario hacer mención de que es el par de arranque que requieren estos para empezar a funcionar, este aspecto parte de una variable física que sufre todo cuerpo presente en el espacio, esta es el coeficiente rozamiento la cual se opone al movimiento y se niega a abandonar su momento de inercia. Aquí el par de arranque se entiende como la fuerza que se requiere para que el motor empiece su trabajo normal y tenga su funcionamiento normal, al momento de arranque el motor necesita un par de arranque que debe ser 2 a 4 veces superior al par de arranque nominal.

Muchos de estos motores tienen un pequeño tamaño en consecuencia a ello se los emplean en diversos artefactos de uso doméstico, dado a esto se los considera en muchas aplicaciones rutinarias y tienen una gran demanda en el mercado, sin embargo, esta característica no es impedimento para que este tipo de equipos no brinden u otorguen un eficiente desempeño tanto mecánico como eléctrico, pese a que cuenten con un par de arranque de pequeña magnitud. Una característica que se tiene en cuenta en estos motores es que se suscita la necesidad de implementar un capacitor que tiene la función de complementar la fuerza del par arranque requerida, ya que proporciona un desfase de 90 grados entre la tensión del bobinado principal con respecto a la bobina de arranque.

De esta manera se puede denominar que se “engaña” al equipo para simular que se tienen 2 fases y de esta manera obtener dos campos magnéticos que actuaran de una manera repulsiva entre ellos según la teoría ya mencionada.

Es válido recalcar que en consecuencia a la implementación de este capacitor se obtiene una corrección del factor de potencia próximo al 100% ($\cos \phi = 1$) ya que esta compensa la reactancia inductiva que se obtiene de los bobinados a través de la reactancia capacitiva otorgada por este.

Los motores lineales de igual forma trabajan con corriente alterna, cuenta con un rotor y estator que se encuentran de una manera distribuida dado que se genera un par de arranque que no rota sobre sí mismo sino más bien se manifiesta de una forma lineal en el sentido de su longitud.

Estos motores encuentran una gran aplicación en los transportes urbanos tales como los trenes eléctricos de alta velocidad.

Los motores trifásicos como su palabra mismo lo dice constan de tres fases que suministran la corriente alterna necesaria como se visualiza en la figura 9 con la nomenclatura de R,S,T, pero esta se encuentra desfasada una con la otra y se induce a los respectivos bobinados que lo conforman internamente, Según Espada Sergio de esta manera se genera el campo magnético necesario para poder entrar en funcionamiento dado a que al suscitarse este fenómeno al rotor se le confiere cierta permisividad en la resistenciarotórica presentada en el equipo (Espada Moya, 2015). En esta ubicación es donde concentra la mayor temperatura presentada en el equipo debido a la conjugación de corrientes inducidas ya que estas generan calor.

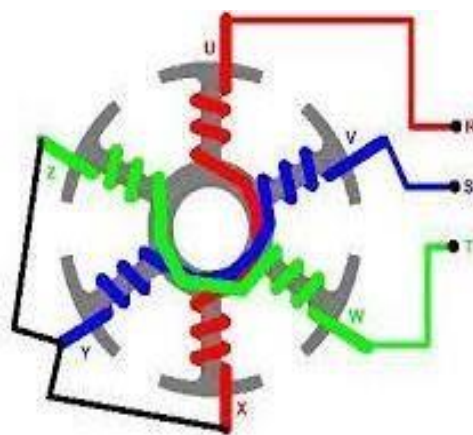


Figura 9. Motor trifásico de corriente alterna. Información tomada de automatismos uets. Elaborado por el autor.

Es interesante notar que la potencia proporcionada por estos motores es muy superior a los brindados por un motor monofásico dado a que es de hasta un 150% mayor.

Observándose aquí él porque se lo utiliza tanto en el área industrial, debido a que puede mover grandes cargas y suministra una gran velocidad con un costo eléctrico idóneo y eficiente.

Entre los tipos que se pueden resaltar se tienen a los motores trifásicos síncronos y asíncronos y entre estos la gran diferencia radica en su campo magnético, el cual en los síncronos el campo que se crea en el estator gira a la misma velocidad del campo creado por la corriente inducida en el rotor.

2.5 Principios radioeléctricos.

La palabra radio proviene del latín radius la cual describe la distancia que se da de un punto a otro al trazar esta una circunferencia con respecto a su centro. Las ondas radiales son perturbaciones del campo electromagnético sé que encuentra presente en todo el espacio, estas mismas pueden ser moduladas mediante instrumentos electrónicos y así poderlas manipular a conveniencia y de esta manera transmitir información.

Una onda de radio se produce cuando un elemento con propiedades oscilatorias empieza a vibrar en determinada frecuencia, perturbando de determinada manera el campo electromagnético presente.

Algo a tener en consideración para esta investigación, es que cuando una onda radioeléctrica transita por un medio guiado pudiendo ser este un conductor de cobre produce una inducción eléctrica dando a lugar una diferencia de tensión en este mismo en consecuencia por el movimiento de cargas presentes en el, estas mismas ondas producen señales que pueden ser captada por otro equipo que tenga la función de intérprete de las variaciones de voltaje que se están presentado en el medio ya descrito.

Las fundamentaciones teóricas detrás de este fenómeno se remontan en el tiempo cerca de los años 1861 a 1865, cuando un genio matemático llamado James Clerk Maxwell enuncio de forma elegante las ecuaciones que describían y predecían el comportamiento físico de estas ondas.

Estas expresiones matemáticas quedaron demostradas de una vez por todas cuando Henry Hertz manipulo de forma exitosa las señales de radio validando de una vez por todas la teoría electromagnética enuncias por Michael Faraday y plasmada por James Maxwell.

Según Cachón Vladimir un experto en este tema se puede asegurar que la teoría electromagnética de la luz fue un enorme logro intelectual y constituye, probablemente, la teoría unificadora de la física más importante hasta la creación del modelo estándar que se estructuro mucho después.

Maxwell logró esta hazaña creativa a partir de un conglomerado de aptitudes y cualidades, Entre las circunstancias que propiciaron destacan, los experimentos e hipótesis de Michael Faraday. (Cachón Guillén, 2013)

Las ondas de radio son solo una pequeña porción de energía del espectro electromagnético que permea todo el espacio completamente sin excepción alguna, estas ondas resultan de gran beneficio para la humanidad con diversos fines y utilidades que se puede aplicar en varios aspectos, ya que estas al no necesitar un medio guiado para su transmisión viajan de forma efectiva y eficiente a través del vacío.

En el espectro electromagnético están situadas en el rango de frecuencia de 3KHz a 300 GHz, inmerso en todo este conglomerado de radiofrecuencias se puede subdividir las clases de ondas radioeléctricas según su porción de oscilación. (Véase la figura 10)

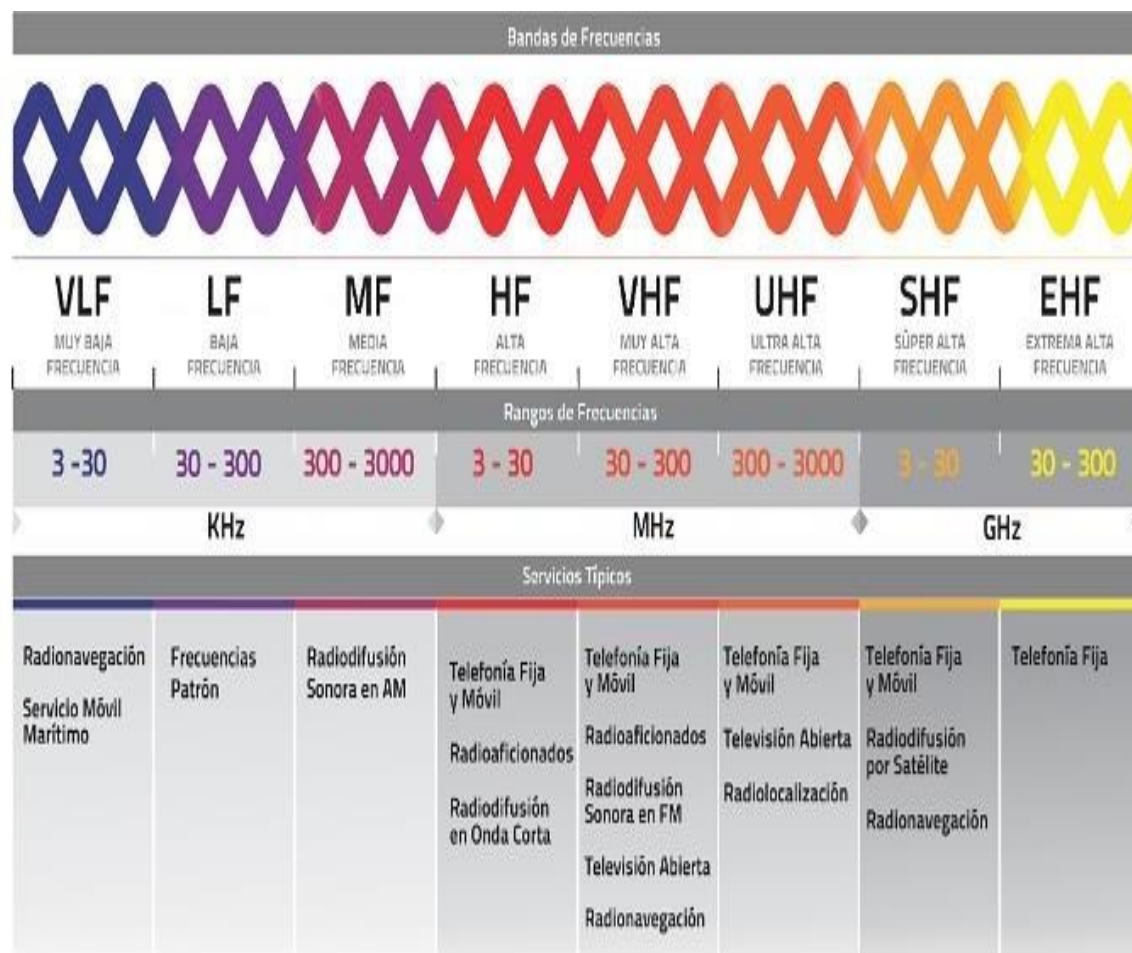


Figura 10. Banda de radiofrecuencias. Información tomada del Conatel. Elaborado por el autor.

Las ondas electromagnéticas al ser emitidas al espacio necesitan una gran cantidad de potencia ya que al tener que transitar una distancia mayor que otros medios de transmisión en su propagación para llegar a su destino, su energía se va disipando paulatinamente y esta energía de irradiación se da por perdida.

Para efectos prácticos se puede imaginar una onda electromagnética como la onda física que se produce al tirar una piedra en una masa acuosa como un río, lago o estanque, esta onda tendrá su mayor amplitud y fuerza de irradiación cerca de su punto de origen es decir donde cayó la piedra, pero al irse alejando de este punto poco a poco se ira desvaneciendo la silueta ondulatoria hasta perderse por completo.

De igual manera se puede notar este efecto con las ondas de sonido, al estar cerca de la fuente que las emite se pueden captar con mayor claridad y precisión lo que se está

difundiendo, al estar muy lejos de la fuente se genera un contraste de gran diferencia dado a que solo se podrá captar pequeños trozos de la información emitida y el resto se habrá disipado en el espacio.

El fenómeno que se presenta se lo puede entender y expresar con la ecuación de transmisión en el espacio libre la cual especifica que, para ondas electromagnéticas, la intensidad de la señal ira disminuyendo en función a la distancia que se quiera abarcar concretamente será inverso de forma proporcional al cuadrado de su distancia.

De esta manera según Mariño Freire Néstor se observa que cuando se requiera captar la señal en el doble de la distancia de donde esta fue transmitida se necesitara que este viaje con 4 veces la energía inicial de emisión para que así de esta forma no se haya perdido en su trayectoria de transmisión (Mariño Freire , 2015) aquello se podrá observar en la figura 11.

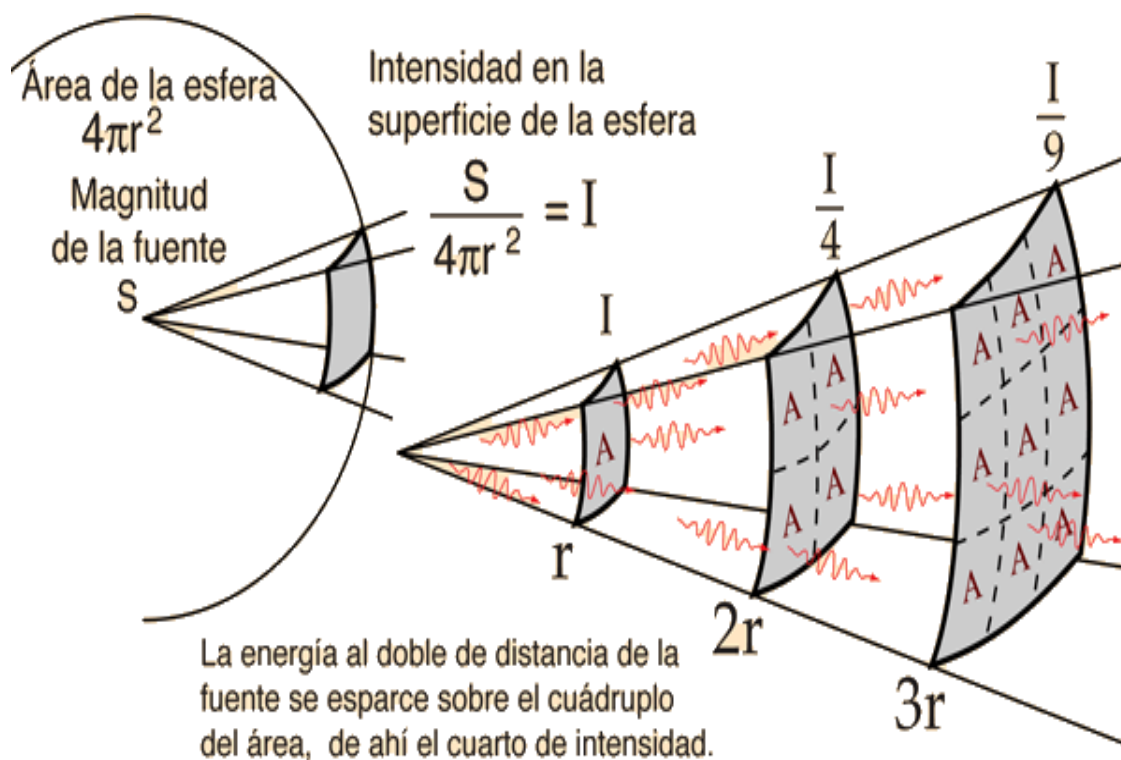


Figura 11. Ley del cuadrado inverso. Información tomada de hyperphysics. Elaborado por el autor.

En consecuencia, con lo observado se presenta que para mantener una señal de manera óptima y sin pérdida de información se deberán colocar radio bases para así ir la amplificando según cierta distancia, y de hecho algo interesante es que de esta manera trabajan los dispositivos de radio Xbee que son impulsado por el protocolo Zigbee, ya que estos al ser integrados en una red de topología en malla irán retransmitiendo una señal que lleve información a través del espacio con un bajo consumo energético de una manera exitosa.

2.6 Redes MAN.

Una red de manera sencilla explicada es un conjunto de elementos que interactúan entre sí compartiendo recursos, información y servicios que permitan mantener la arquitectura aplicada de una manera óptima.

Para poder analizar su funcionamiento y propósito las redes se subdividen en categorías en función a su tamaño y a otros aspectos que para efecto práctico no se mencionaran en esta investigación ya que todo el interés recae en la aplicación de las redes MAN.

Una red MAN hace mención a una red de área muy extensa y como sus palabras mismo lo indican es una red de área metropolitana esto quiere decir que puede ser aplicada con el fin de cubrir una vasta porción de terreno y que se permita a través de ella compartir diferentes tipos de archivos como texto e información varia.

Según Federico Reina Toranzo y Juan Antonio Ruiz Rivas se puede decir que una red MAN es una evolución de una red LAN debido a que puede contener varias de estas y cubrir una mayor superficie de cobertura pudiendo ser esta de acceso público o privado ya sea cómo lo requiera el caso, ya que implementan el envío de datos de manera unidireccional a través de dos canales de transmisión o buses de datos que le permiten el envío de paquetes con una alta tasa de fiabilidad de entrega (Reina & Juan, 2017).

Se puede lograr la interconexión de dos lugares que estén relativamente lejanos ya pudiendo ser esta una misma organización que requieren una vía en común para poder establecer el envío de información entre un establecimiento y otro de la misma índole perteneciente a la misma organización, y aquí radica su principal atractivo el cual es otorgar una versatilidad y flexibilidad que otras redes no poseen al momento de compartir información de interés entre dos puntos ubicados a una distancia considerable.

Una red de Área Metropolitano está conformada por varios enrutadores que les otorga de dirección y sentido a los paquetes de envío y recepción de datos realizando la labor de conmutadores a lo largo de toda la red.

Las razones de instalación de una red MAN suelen ser que otorga un mayor ancho de banda en comparación a otras redes de menor denominación a esta.

Posibilita la implementación de hasta 500 nodos que permitirán el acceso de ingreso y uso, el área de cobertura es de gran tamaño al estar cerca de su rango limite alrededor de los 50 kilómetros, permite la implementación de servicios síncronos que son necesarios para el envío de datos en aplicaciones en tiempo real, presencia de métodos en recuperación de la red en caso de darse algún fallo o suceso que atente contra la disponibilidad de esta, permitiendo la recuperación operacional de manera exitosa ya que cualquier novedad es

detectada prontamente con una rapidez elevada y aislada para así resolverla velozmente además posee una fiabilidad muy elevada ya que la tasa de error presente en esta red es muy pequeña, pudiendo ser implementada en sistema de control aéreo con total tranquilidad debido a esta característica.

En función a lo ya descrito se puede observar que la implementación de este tipo de red reportará de grandes beneficios a la organización que decida adoptarla como su infraestructura de red principal y al ser estas más seguras que una WAN de carácter público le otorga un plus que le confiere un gran atractivo. (Véase la figura 11)

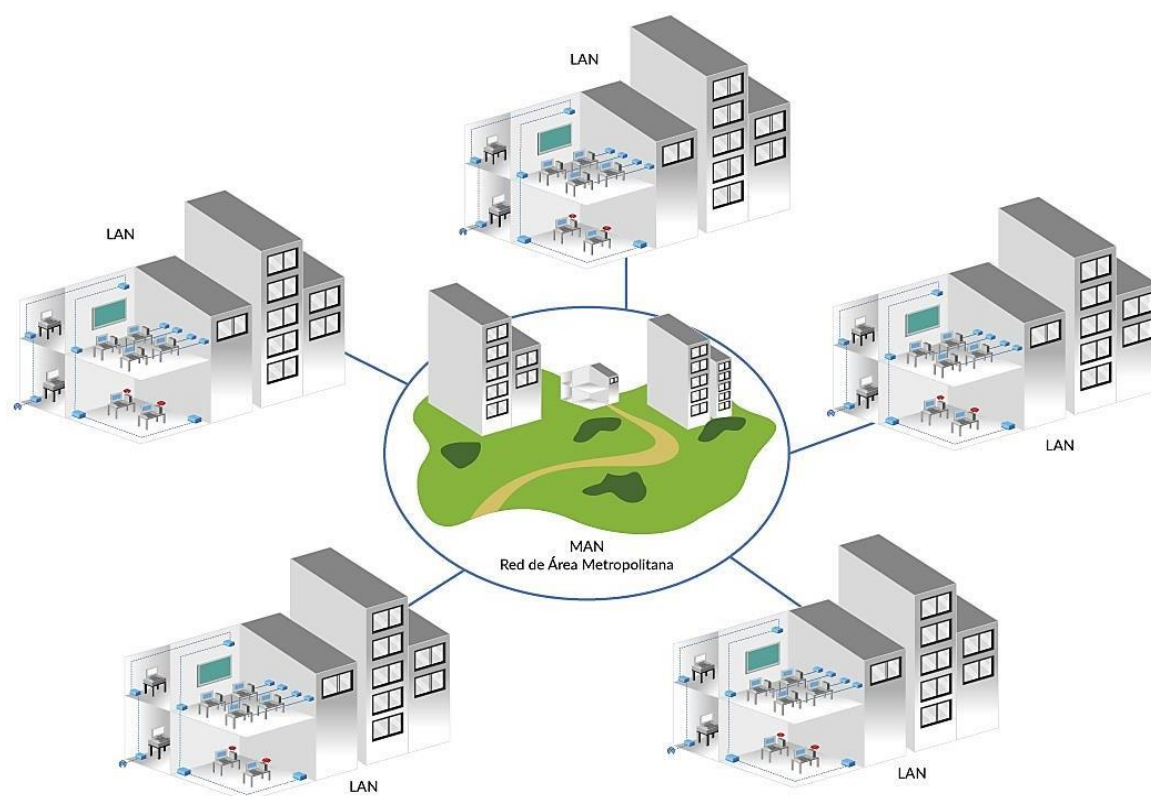


Figura 12. Red MAN. Información tomada de contenidos sucermans. Elaborado por el autor.

2.7 La tecnología Zigbee.

Zigbee es un conjunto de protocolo de redes inalámbricas que brinda grandes ventajas en su implementación y uso, dado a su mínimo consumo energético y su sencilla instalación.

Su nombre es una referencia al baile o patrón que presentan las abejas al volar en grupo en el momento de la recolección de polen, debido a que ellas en ese proceso muestran una total organización como si estuvieran siendo coreografiadas por un ente externo, demostrando un diseño de la madre naturaleza de gran eficiencia.

Zigbee está orientado en su mayoría a la domótica, la cual es la automatización de todos los aparatos de uso doméstico presentes en un hogar. Por citar un ejemplo se puede

implementar esta tecnología en una refrigeradora que notifique a su dueño que víveres tiene en existencia y cuales se están agotando para así poder adquirir prontamente estos.

Zigbee parte de la necesidad de contar con una tecnología que dote de fiabilidad a los enlaces inalámbricos de corta distancia debido a esto se concreta en 1998 la unión de múltiples tecnologías que estaban siendo usadas por varias empresas, para así lograr desarrollar un conjunto de protocolos de comunicación que complementara al wifi y que tenga ventaja en cuanto a simplicidad tecnológica con el bluetooth, debido a que tenía que poder contar con una alta tasa de transferencia de paquetes de datos. Aquello fue un éxito y se publicó en el IEEE en mayo de 2003.

Desde un ángulo objetivo se observa que Zigbee cuenta con un hardware destinado al uso reducido y optimizado de energía, con un mínimo coste a gran escala en comparación con otras tecnologías existentes en el mercado.

Contando con limitadas partes analógicas y manifestando mayor importancia al uso de los circuitos digitales.

Si se analiza a esta tecnología desde el punto de vista técnico se observa que Zigbee usa para sus operaciones la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) la cual es una banda del espectro electromagnético sin propósitos comerciales reservado para las áreas industriales, científicas y médicas de una manera local. Zigbee se implanta en dispositivos que trabajan entre 868 MHz, 915 MHz y generalmente adoptando los 2,4GHz.

Para su transmisión de datos utiliza la tecnología DSSS su traducción al español sería espectro ensanchado por secuencia directa, que logra alcanzar un máximo en su transferencia de 250Kbit/s debido a que es una técnica que crea un patrón de bits redundantes que se le asignan de manera individual respectivamente a cada bit que forma parte de la señal emitida.

Cuando el número de bits para asignación aumente de igual forma aumentara la resistencia de la señal original al ruido. Algo que es válido acotar es que al momento de receptar la señal emitida se deberá realizar el proceso inverso para así poder obtener la señal original.

Por lo cual se puede resumir de manera pedagógica las características técnicas más importantes serían las siguientes:

- 1) Tiene como base el protocolo IEEE 802.15.4 que regula este tipo de redes y dicta las especificaciones técnicas a seguir. El cual es un protocolo que acoge a todas las WSN's ya mencionadas con anterioridad documento debido a que mediante este transmiten sus datos, fue un diseño que abarque redes en la cuales se necesite

un bajo consumo de energía para así poder permitir que los nodos respectivos de la red sean alimentados mediante baterías y logren trabajar así amplios periodos de tiempo.

- 2) Bajo costo en su instalación debido a su practicidad.
- 3) Con un gran respaldo y soporte industrial.
- 4) Bajo consumo energético.
- 5) Instalación relativamente sencilla si se tiene los conocimientos afines al tema de redes inalámbricas y resultando económica en muchos casos.
- 6) Redes escalables y de gran flexibilidad siendo este un aspecto técnico de gran atractivo para su implementación.

Para su análisis más detallado a continuación se deberá observar la tabla 4 en la cual se compara ciertos aspectos técnicos de esta tecnología en comparación con otras presentes en el mercado comercial.

Tabla 4. Comparación entre las tecnologías similares a la implementar.

	Zigbee	Bluetooth	Wifi
Número de nodos	255/65535	8	32
Velocidad	<250 Kbps	1 Mbps	<50 Mbps
Duración batería	Años	Días	Horas
Consumo de transmisión	30mA	40mA	400mA
Consumo en reposo	30uA	0.2mA	20mA
Configuración	Sencilla	Compleja	Compleja
Precio	Económico	Medio	Costoso
Lugar de aplicación	Domótica y monitoreo	Móviles e informática	Internet

Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Las frecuencias de trabajo en las que opera Zigbee son tres bandas de frecuencias distintas como ya se mencionó con anterioridad, las cuales son:

- 868-868.6 MHz en la banda general de los 868 MHz
- 902-928 MHz en la banda general de los 915 MHz
- 2400-2483.5 MHz en la banda general de los 2.4 GHz

La banda 2,4 GHz es usada comúnmente como canal de envío de datos en todo el mundo a diferencia de las bandas de 868 MHz y 902 MHz se usan particularmente en Europa y cierta parte de América del norte esto brinda la posibilidad de que al momento de la implementación de este tipo de tecnología se pueda escoger según la mejor conveniencia de instalación.

Ya es bien sabido que el canal que opera sobre los 2,4 GHz otorgan un mayor ancho de banda esto se traduce en una mayor fluidez en el envío de los paquetes sobre la red y por lo tanto las aplicaciones modeladas para este ambiente funcionaran de una manera más rápida y eficiente. Sin embargo, de igual manera se debe tener en cuenta que otras tecnologías como lo son el bluetooth y el Wi-fi deberán en muchos casos de una forma obligatoria coexistir de una manera cercana, sin embargo, esto no deberá repercutir en la posterior implementación de un sistema basado en WSN. Dado que cada una de esta tecnología tienen su rango de operaciones bien definido y marcado para que así no exista un solapamiento el cual perjudicaría los enlaces existentes.

Zigbee cuenta con tres tipos de dispositivos que pueden encargarse de tareas y de una funcionalidad específica, para lograr esto deberán ser configurados de la forma que se requiera ya sea estas pudiendo ser:

Zigbee Coordinador, este dispositivo como su mismo nombre lo indica realizara la función de llevar el control de ruteo y administrativo de la Red.

Zigbee Router, la función concreta de este equipo será la de direccionar y enrutar los paquetes mediante técnicas de encaminamiento de datos.

Zigbee End Device, es el elemento que requiere menor capacidad de procesamiento y se lo denomina como un dispositivo pasivo, debido a que no transmitirá datos de manera autónoma no necesitará un gran espacio de memoria y solo responderá a peticiones que le exijan dispositivos de mayor jerarquía como lo son el coordinador o router resultando ser más el elemento más económico aunado a su función brinda un gasto energético muy bajo en consecuencia su batería logra durar años debido a que la mayor parte del tiempo estará “dormido”.

Zigbee permite crear tres tipos de redes las cuales tendrán una topología determinada como se muestra en la figura 13 en la cual se visualizan las configuraciones que se pueden desplegar con esta tecnología.

Para este tipo de topología es la más básica y sencilla debido a que solo cuenta con dos elementos, siendo el coordinador el de mayor jerarquía y el siguiente puede ser un router o funcionar como un End Device.

Star, aquí el elemento que ira en el centro dándole sentido a toda la red será el coordinador el cual realizará las funciones de enrutador a la ves debido a que los End Device se irán colocando en torno a este y no podrán comunicarse entre ellos.

Mesh, este tipo de red resulta ser el que mayores posibilidades otorga, debido a que se trata de un tipo de red no jerárquica, resultando que cada elemento se pueda comunicar entre si y si por cualquier motivo un tramo de red llega a fallar este daño no echara abajo el funcionamiento todo el sistema garantizando una mayor fiabilidad.

Cluster Tree, este tipo de red no se lo considera una topología ya que realmente llega a ser una variación de la topología en malla debido a que los dispositivos que realizan la función de router se irán agrupando juntos con los dispositivos de End Device de una forma que lleva a imaginar la forma de una columna vertebral debido a su similitud. (Cuji Coque & Pazmiño Moreno, 2015)

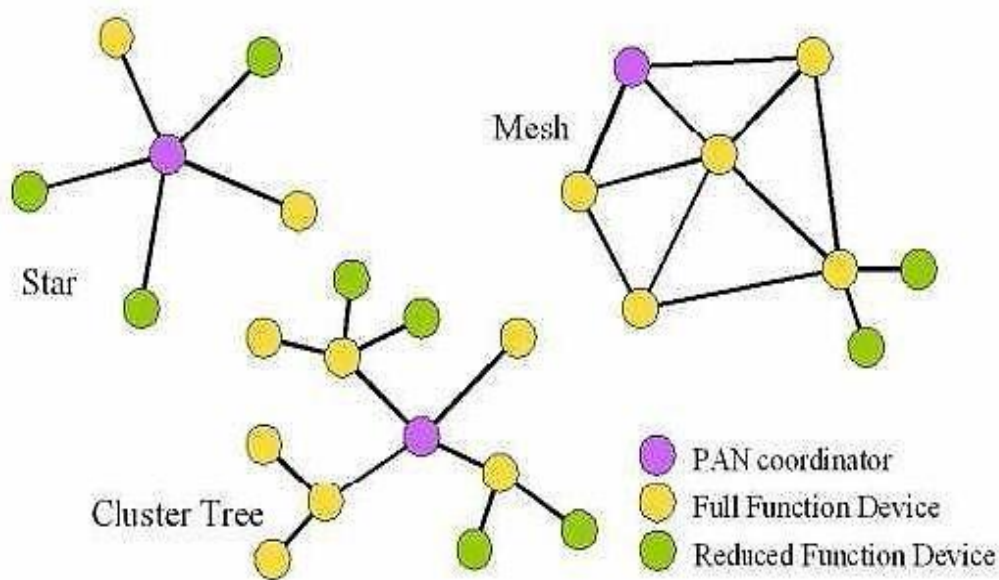


Figura 13. Clases de Topologías. Información tomada de EcuRed. Elaborado por el autor.

2.7.1 Capas del protocolo Zigbee.

Las capas del modelo Zigbee están desarrolladas en base al modelo de Sistemas Abiertos de Interconexión OSI sin embargo pese a que este último implementa 7 capas para su aplicación Zigbee solo utiliza para su funcionamiento solo 3. Esto le da la ventaja de que si un protocolo fallase sería más fácil de cambiarlo que de cambiar toda una capa completa.

Las capas del protocolo Zigbee serán solamente a diferencia del modelo que está basado la capa de red, aplicación, seguridad y añade dos capas secundarias que adopto del protocolo IEEE 802.15.4 que son las capas PHY y MAC, de esta manera se complementa y se refuerza todo el modelo.

La capa PHY es aquella que se encuentra más próxima a la parte física del hardware que integra el protocolo Zigbee de ahí proviene su nombre en inglés el cual es Physical Layer y es donde se lleva el control y comunicación del transceptor, y de igual manera es aquella que selecciona la frecuencia de transmisión y garantiza que esta no esté siendo usada por otro elemento presente en la red.

La capa MAC sus siglas al inglés son Media Access Control que significa Control de Acceso al Medio y tiene como propósito el de suministrar servicios a las capas que se encuentran superiores para que así estas tengan como labor el control de los datos otorgados por una red WSN.

Estos servicios pueden ser:

- Mac Data Service
- Mac Management Service

La siguiente capa que toma parte dentro de este modelo es la capa NWK (Network – Red) la cual ofrece una interfaz que sirve de pasarela entre la capa superior APL y la capa MAC que se encuentra inferior a esta en este modelo. Esta es la que gestionara la administración de la red y es responsable del routing. (Véase la tabla 5)

Tabla 5. *Información adaptada de Protocolos para redes inalámbricas de sensores.*

Capas	Descripción de las capas
Capas superiores	Aplicaciones residentes en la red, procesamiento, agregación de base de datos externa.
Capa 4	Transporte, incluyendo diseminación y acumulación de datos, cache.
Capa 3	Red, administración dinámica de la topología y encaminamiento.
Capa 2	Enlace, administración del canal compartido, competencia por el canal, y acceso al medio.
Capa 1	Física, canal de comunicación, procesamiento de señales.

Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

El routing es la acción de encaminar los paquetes de datos enviados de una manera óptima y eficaz y que estos lleguen a su destino sin pérdida alguna, en esta capa se otorgan los medios que garanticen este proceso y se garantiza su fiabilidad y entrega al destinatario final.

Esto se aplica en los dispositivos que trabajaran con Zigbee Coordinador o Zigbee Router en estos se asigna la dirección a los elementos de la red.

La capa APL es la capa de aplicación y es la superior a todas las anteriores ya mencionadas esta tiene como labor la de guardar los objetos de la aplicación. Los creadores la tecnología Zigbee fabricaron esta capa para poder configurar de varias maneras un mismo dispositivo en consecuencia esto les otorga a los dispositivos que integren el protocolo Zigbee de una gran versatilidad ya que pueden existir hasta 240 objetos de aplicación en un solo dispositivo.

En consonancia con lo ya descrito existe una Zigbee Alliance y esa define ciertos perfiles que se le pueden otorgar a los dispositivos y así poderlos configurar de la manera en que el usuario final así lo desee los cuales se muestran en la figura 14.



Figura 14. Perfiles de configuración de un dispositivo Zigbee. Información tomada de Implementación y caracterización de una red de sensores inalámbricos para el control distribuido de la iluminación en edificaciones. Elaborado por el autor.

Además de estos se encuentra la existencia de otros perfiles que pueden estar de manera privada, ya que un determinado fabricante lo puede diseñar así, se tiene porejemplo el caso del perfil Smart Energy el cual tiene como función el maximizar el consumo de energía en una red los cuales pueden ser un servicio de pantallas integradas.

Una vez ya estudiado todos estos aspectos solo queda un aspecto que es de gran importancia a nivel corporativo, el cual es la seguridad de la red que se puede aplicar en estos sistemas ya que esta es una inquietud normal al momento de implementarse una red WSN basada en protocolo Zigbee.

Se puede dividir este apartado en dos aspectos:

- La confidencialidad de los datos enviados
- La fiabilidad de la autenticación de datos recibidos

Este problema es solventado por la misma norma regulatoria o estándar IEEE 802.15.4 ya que permite el uso del sistema AES el cual es el Sistema de Encriptación Avanzado (siglas traducidas del inglés) y este permite codificar los paquetes enviados a través de la red, es un algoritmo de cifrado que codifica el mensaje a enviar mediante una cadena de bits que se asigna como la llave de seguridad logrando así que solo el destinatario pueda receptar el mensaje original

2.7.2 Convivencia con otras redes.

Hoy en día en un mismo espacio coexisten diversos tipos de redes inalámbricas, pero las más utilizadas a un nivel corporativo son: Bluetooth, Wi-Fi y en la actualidad se está incorporando recientemente dispositivos que trabajan bajo el protocolo Zigbee.

Todas estas tecnologías realizan sus operaciones bajo la banda de 2,4 GHz, por lo tanto, es de gran importancia que todo dispositivo sin importar la tecnología que este use, pueda coexistir sin representar alguna colisión o fallo dentro de la red en la cual este opere, y que se permita a cada usuario realizar sus actividades de manera normal y eficiente.

De esta manera se puede optar por la implementación de una red WSN conociendo las características técnicas con las que trabaja y así lograr un enlace fiable. A continuación, se realizará un análisis de las tecnologías ya mencionadas y cuál es su modo de coexistencia debido a que estas tecnologías llegan a solaparse cuando se encuentran en funcionamiento debido a que el estándar IEEE 802.15.4 fracciona la banda de 2.4 GHz en 16 canales cada uno de 2 MHz de ancho y 4 MHz de separación tal como se mostrara en la figura 15.

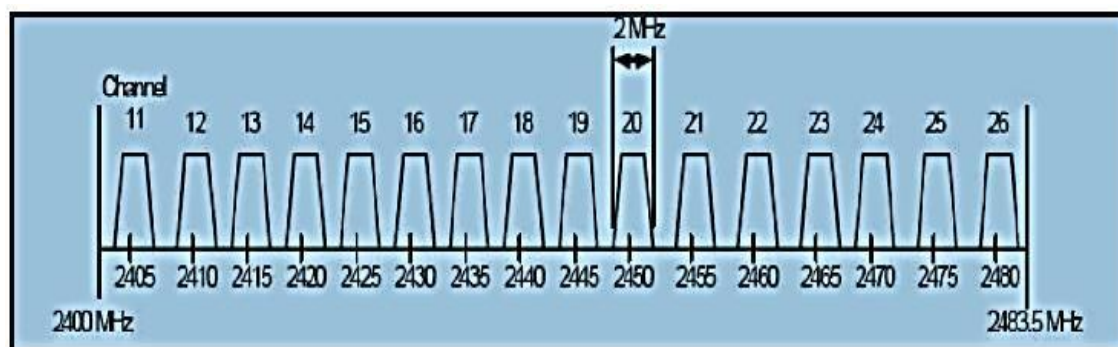


Figura 15. Banda de operación del estándar IEEE 802.15.4. Información tomada de Desarrollo de una red de sensores Zigbee. Elaborado por el autor.

A continuación, se observará de manera gráfica la coexistencia de las tres tecnologías en la figura 16 y como se presenta un solapamiento del canal 2,4 GHz que usan aquellas, debido a esto para que la implementación de la tecnología Zigbee se realice de una manera exitosa se tiene que escoger canales que no presenten un solapamiento entre ellos con la tecnología wifi debido a que es con esta que se presenta mayormente la acción ya descrita.

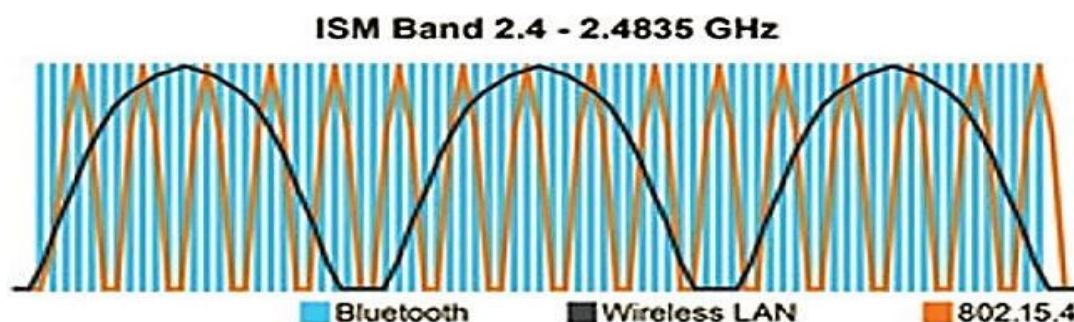


Figura 16. Convivencia del estándar IEEE con otras redes. Información tomada de Er-soft. Elaborado por el autor.

Para el estándar IEEE 802.15.4 se especifica precisamente que los canales 15, 16, 21 y 22 no se sobreponen a los canales 1, 7 y 13 del estándar 802.11b, debido a que este es el estándar con el que la tecnología Wi-Fi lleva a cabo sus operaciones, dado a que por lo general son mayormente usados en las oficinas de producción y gerencia en general. De esta manera realizando esta configuración se llevará una coexistencia de ambas tecnologías de una manera correcta y óptima.

2.8 Arduino.

Arduino es un ecosistema completo de hardware y software sustentado en varias soluciones electrónicas y lo más atractivo de sus prestaciones es que es enteramente un sistema abierto, esto quiere decir que cualquier persona puede modificarlo o configurarlo ya sea física o abstractamente como mejor le convenga, de esta manera despliega una gran gama de beneficios que se aplican directamente sobre este proyecto de tesis.

Esta plataforma permite implementar varios tipos de elementos electrónicos en la placa base ya que al ser un sistema libre el usuario final puede integrar la electrónica correspondiente que mejor le parezca, pudiendo inclusive intercambiar el chip que funciona como microcontrolador por otro de la misma gama, pero con mejor rendimiento.

Arduino integra un sistema de software de código abierto y por lo tanto puede ser modificado y utilizado sin mayores complicaciones, este sistema es Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) este permite crear cualquier código que luego se puede cargar directamente a la placa mediante un cable USB conectado a esta.

El proyecto de creación de este multifacético dispositivo nace en 2003 con el fin de facilitar a los estudiantes un acercamiento más práctico e interactivo al mundo de la electrónica y sus demás aplicaciones, todo ello debido a que no existía una plataforma que permita el fácil acceso a los estudiantes de esos días y que sea por sobre todo una solución económica.

Arduino es una placa que integra sobre sí misma varios sockets de conexión que permiten el acceso a los pines de entrada/salida de su microcontrolador, y de esta manera se facilita su uso ya que este puede ser programado en cualquier sistema operativo como por ejemplos Windows o macOS y por lo tanto incentiva el concepto del aprendizaje aplicado.

Al integrar sobre sí mismo un chip de marca ATMEL el cual es un circuito integrado reprogramable que permite configurar sobre estos varios tipos de ordenes e instrucciones que resulten ser necesarias para el proyecto que se desee implementar, todo ello con ayuda del IDE ya descrito con anterioridad, este chip posee una interfaz de entrada la cual es la funciona de interprete ya que esta es la capa que procesa los datos obtenidos de los distintos dispositivos que se pueden integrar sobre la placa, estos dispositivos pueden ser periféricos de entrada de datos, por ejemplo: sensores de varios propósitos, cámaras o teclados.

De igual manera integra una interfaz de salida que es la que tiene como función la transmisión de los datos ya procesados a diferentes puntos que serán los encargados de ejecutar las ordenes ya pre programados por el usuario sobre otros periféricos de salida conectados a la placa o inclusive a otro microcontrolador conectado de forma paralela.

Arduino consta de varias shields que permiten integrar otros dispositivos sobre la placa, esto le otorga un sin número de aplicaciones, ya que crea una compatibilidad y flexibilidad a otro nivel que resulta en una gran satisfacción para el usuario final, debido a que no se desperdicia pines de entrada/salida. (Véase la figura 17)

En el proyecto presente se hace uso de una shield Xbee pro que permite montar sobre la placa Arduino un chip de radio control que integra y realiza sus funciones a través del

protocolo Zigbee de esta manera se reduce el espacio de operaciones y el número de entradas/salidas de la placa Arduino no se ve sobresaturado permitiendo su acceso de manera más limpia y eficiente.



Figura 17. Shield para anexas un chip Xbee a una placa Arduino. Información tomada de Digikey. Elaborado por el autor.

De la misma forma se implementa todo este proyecto a través de la placa Arduino UNO la cual es de fácil adquisición debido a su bajo coste en el mercado siendo este el más sencillo de toda la gama Arduino (Véase la figura 18).

A continuación, se enunciarán las características principales con las que cuenta una placa base de Arduino Uno:

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje Operativo: 5v
- Voltaje de Entrada: 9 v
- Entradas/Salidas Digital: 14
- Entradas Análogas: 6
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328)
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del Reloj: 16 MHZ.

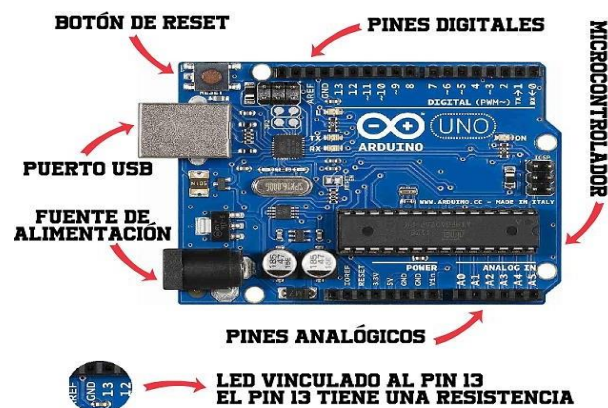


Figura 18. Configuración física del Arduino Uno. Información tomada de Ingmecafenix. Elaborado por el autor.

2.9 Xbee.

Los Xbee son pequeños chips que logran establecer una comunicación inalámbrica de manera remota con otro chip de su misma tecnología a través de señales de radio, permitiendo prescindir de una conexión a través de cables en lugares en los cuales la implementación de estos no sea posible o se dificulte en gran manera y se requiera de un sistema más limpio que brinde menos saturación de espacio. (Véase la figura 19)



Figura 19. Módulo de radio Xbee S2C. Información tomada de Xbee. Elaborado por el autor.

Los chips Xbee son propiedad de la empresa Digi los cuales funcionan como soluciones integradas que realizan sus operaciones a través del estándar ZigBee, específicamente sobre el protocolo 802.15.4, el cual es que faculta las comunicaciones inalámbricas de este nivel, ya que este es un sistema que regula las redes MESH que otorgan un bajo consumo energético siendo estos muy usados en los tipos de redes peer to peer. A la vez permite el envío de datos con una baja latencia por lo tanto resulta en una práctica implementación que reporta grandes beneficios.

En el presente proyecto se utiliza el chip Xbee S2C, el cual trabaja con una frecuencia de reloj de 2,4 GHz esta permite desplegar redes tipos malla, broadcast y multipunto de una manera sencilla, de igual manera incorpora el sistema de comunicación SPI (Interfaz periférico serial) que brinda una alta velocidad en lo que respecta al intercambio de datos y de esta manera se logra realizar una integración eficiente con otros microcontroladores que interactúen con el chip.

Este modelo posee un alcance de operación de 60 metros en un espacio cerrado y en lugar abierto ofrece un rango de trabajo de hasta 1200 metros siendo este alcanzado solo si cumple con las mejores condiciones de conexión inalámbrica ya mencionadas con anterioridad en este documento. Este rango de alcance lo convierte en un dispositivo idóneo para el propósito que se lo empleara en el presente proyecto.

A la vez cuenta con 15 pines de entrada y salida siendo solo 4 los que se pueden configurar como entradas analógicas que operen a 10-bit, toda esta configuración física los faculta para poder trabajar en varios modos de operación que serán descritos a continuación. (Véase la figura 20).

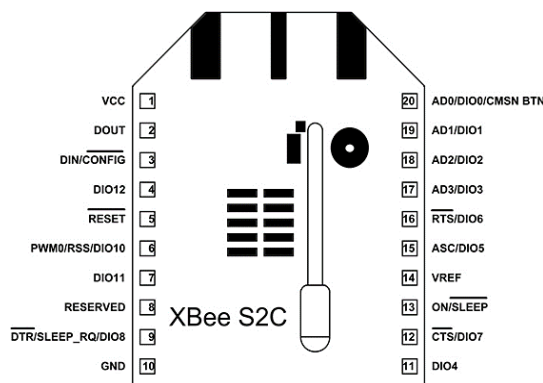


Figura 20. Disposición física de los pines del módulo Xbee. Información tomada de Digi. Elaborado por el autor.

2.9.1 Modos de operación.

Los chips Xbee pueden trabajar en 5 modos estos presentan una amplia variación en lo que se refiere a la transmisión y entrega de datos dentro de la red.

2.9.1.1 Modo recibir/transmitir.

Esta modalidad permite al chip trabajar de una manera sencilla sin muchas complicaciones ya que da paso libre a que el modulo reciba un paquete RF a través de la antena incorporada en su estructura física, y de igual forma se aplica al momento de querer enviar datos de manera serial al pin 3 para luego esta ser transmitida. Este modo se recomienda cuando se desee operar un canal de datos de modo sencillo entre diferentes nodos de la red.

En este modo la información transmitida puede ser directa o indirecta debido a que en la modalidad directa esta es automáticamente enviada al receptor o dirección de destino, a su vez en la modalidad indirecta la información es contenida durante un breve momento para luego ser enviada solo si el receptor así lo demande.

2.9.1.2 Modo Sleep.

Esta modalidad otorga un bajo consumo energético debido a que el chip entrará en estado de reposo o sueño al no transmitir ni enviar datos dentro de la red, esto solo se dará si cumple con las siguientes condiciones.

El pin 9 (Sleep-RQ) se encuentra en un estado alto y se configuro activa la opción SM ya sea 1,2 o 5.

El chip se encuentra en un estado de reposo durante el instante de tiempo configurado por el parámetro ST (Time Before Sleep), ST solo se encontrará activado solo si se cumple que SM se encuentra en el estado 4 o 5. Por defecto este modo viene deshabilitado esto debe entenderse como que el chip se encontrara siempre en un estado de reposo receptivo esta modalidad ya dependerá su activación por parte del usuario final si este la desee configurar.

2.9.1.3 Modo de comandos.

Esta modalidad otorga el ingreso de comandos AT al chip Xbee, con el objetivo de que el usuario configure o modifique los parámetros como la dirección de destino o la propia del módulo y de igual forma el ajuste de la modalidad de operación de este mismo.

Para lograr el ingreso de este modo se debe contar con un software especializado siendo por ejemplo el programa X-CTU desarrollado por Digi o por la terminal de Windows, algo que es de interés acotar es que el chip lleva configurado por defecto una velocidad de 9600 bps.

2.9.1.4 Modo Transparente.

En esta modalidad todos los datos que sean receptados por el pin 3 que es Data in se irán guardando dentro del buffer de entrada para su posterior transmisión, y todo dato paquete RF que sea ingresado será retenido dentro del buffer de salida y después a esto será enviado por Data out el cual se encuentra en el pin 2 de la tarjeta.

Este modo viene configurado por defecto en cada chip Xbee y su principal objetivo es la comunicación punto a punto en la cual no se requiera ningún tipo de control, o en su defecto se necesite reemplazar una conexión serial realizada por un cable ya que su configuración se realiza de una manera básica.

2.9.1.5 Modo API.

Esta modalidad es la más compleja debido a que permite el envío de tramas, con el fin de garantizar la entrega de los paquetes enviados con una gran similitud al protocolo TCP.

Este modo permite una alta interacción con la capacidad de red que ofrece el chip Xbee. una vez que este configurado este modo dentro del chip, la información es empaquetada en tramas completamente y esta puede hacer referencia a operaciones o eventos dentro del chip siendo esta dependiente del tipo de trama enviada.

Puntualmente la trama de envío de paquetes que es información recibida por el pin 3 contendrá lo siguiente.

- Trama de datos RF receptados.
- Trama de comandos (Comando AT)

A su vez la trama de recepción de datos contiene:

- Trama de datos RF captada.
- Comando de respuesta.
- Etiquetas de control tales como Reset, Associate, Disassociate.

Por lo tanto, la modalidad API ofrece otras opciones para lograr configurar el chip Xbee y de igual manera el enrutamiento de la información que se desee enviar, a través de la capa de aplicación diseñada para el cliente. En consecuencia, la trama enviada por el cliente contendrá información de interés referente al chip Xbee y esta ira situada en la cabecera de los datos transmitidos.

Se cuentan con muchas alternativas que ofrece la modalidad API las cuales son:

- Lograr enviar la información deseada a varios receptores sin tener que recurrir al uso de la modalidad de comandos.
- Receptar el estado de si un paquete es enviado con éxito o si fallo en su transmitido.
- Conocer con seguridad la dirección de origen de la cual es enviado el mensaje.
- Poder gestionar remotamente la configuración de los chips Xbee.

2.9.2 Modalidad IDLE.

Cuando el chip Xbee no se encuentre realizando ninguna operación y no este configurado en ninguna de las otras modalidades ya mencionada se puede identificar que se encuentra en este modo en el cual de igual forma no se realiza un ahorro de energía.

2.10 Software XCTU.

Este es un software desarrollado por DIGI, es de licencia abierta es decir que es de libre uso y acceso y de igual forma es gratuito, su aplicación se debe realizar al momento que se desea configurar los módulos de radioenlace ya citados en este documento. Provee una interfaz gráfica de fácil acceso, totalmente amigable con el usuario, dado que contiene herramientas que facilitan la configuración de los módulos Xbee. (Véase la figura 21)

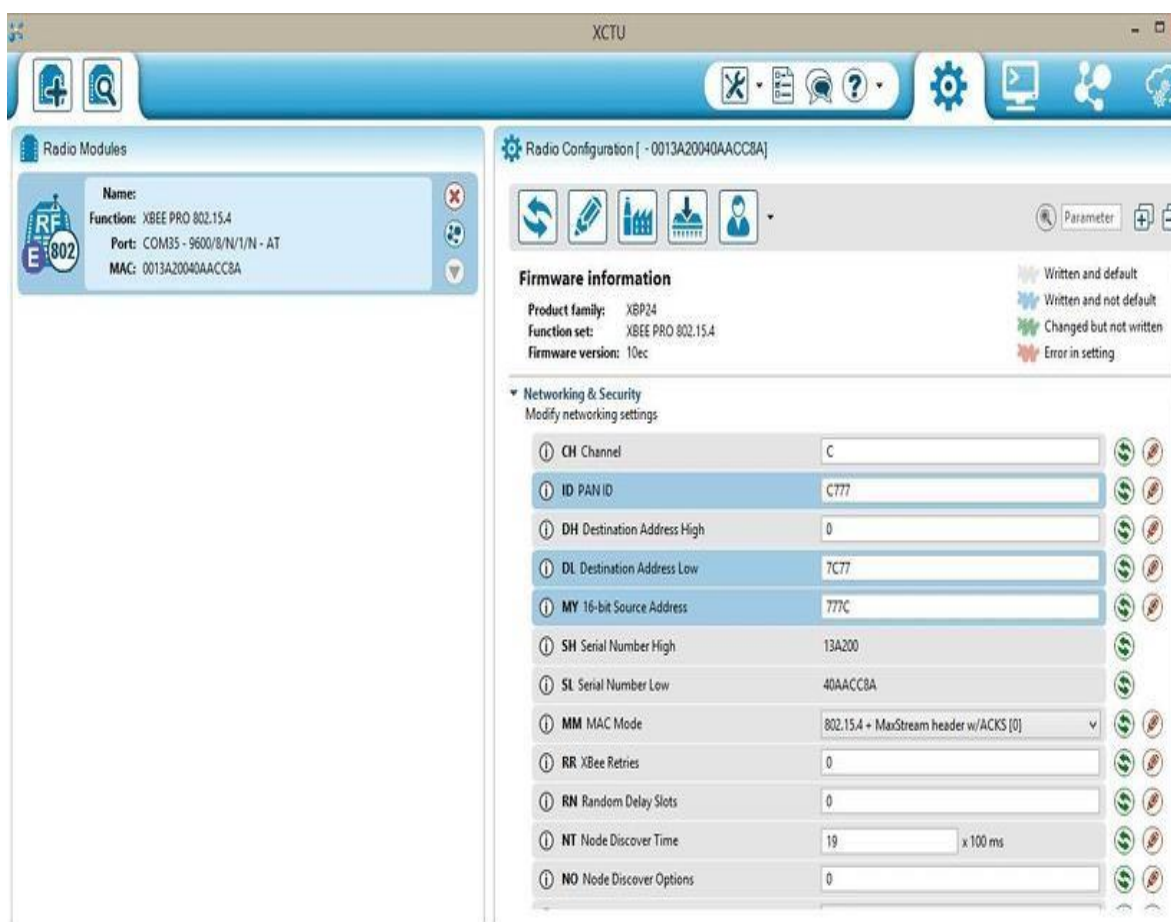


Figura 21. Software XCTU. Información tomada de Digi. Elaborado por el autor.

A continuación, se proporciona las características básicas que ofrece este versátil software desarrollado por DIGI.

- 1) Permite gestionar la configuración de muchos dispositivos Xbee y si así se desea y amerita la situación la configuración se puede realizar de manera remota (over-the-air) siempre y cuando se tenga activado la modalidad API en los dispositivos en los que se va a ejecutar esta acción.
- 2) Permite la actualización del firmware que esté operando sobre el modulo a configurar de una manera rápida y eficiente.
- 3) Permite salvar las sesiones de consola que se estén ejecutando sobre un módulo y lograr correrlas en un XCTU diferente.
- 4) Crea de manera rápida cualquier trama a usar y crea un marco API y de forma guardar su valor.
- 5) Permite observar códigos de un marco que se encuentre en un estado activo y obtener sus valores de trama puntuales.
- 6) Ofrece la recuperación exitosa de módulos que se encuentren en un estado en el cual el firmware corriendo sobre ellos se halla averiado.

- 7) Permite la carga de una sesión que se encuentre existente dentro de un chip ya configurado.
- 8) Permite crear una prueba en la cual se pueda observar el correcto funcionamiento de dos chips existente dentro de la misma red.
- 9) Explore firmware: esta característica permite navegar de manera sencilla dentro de su entorno.

2.11 Xbee Explorer Dongle.

Para la configuración de los módulos Xbee se torna necesario de un dispositivo que permita la conexión mediante un puerto USB entre el ordenador que este ejecutando el software XCTU y el modulo. Para este propósito se creó el Xbee Explorer Dongle (Véase la figura 22)

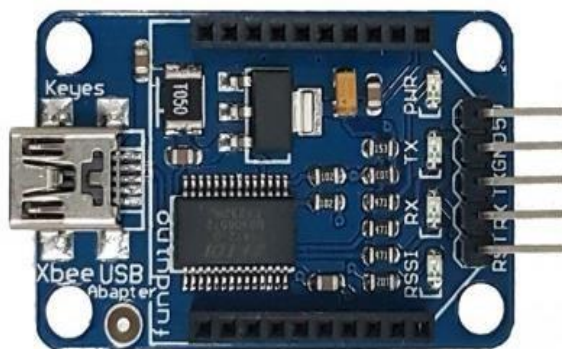


Figura 22. Xbee explorer dongle. Información tomada de Xbee. Elaborado por el autor.

Gracias a este dispositivo el software XCTU logra configurar con éxito los módulos gestionando los apartados siguientes:

- Dirección origen
- Dirección destino
- Canal de trabajo
- PAN ID

Este dispositivo permite acceder a los pines que tienen las funciones de transmisión y recepción de información (Tx/Rx) y mediante este se podrá poner en funcionamiento el módulo de radio enlace.

Lo interesante de este dispositivo es que es compatible con todas las series de Xbee que existen otorgándole una gran versatilidad, convirtiéndolo en hardware imprescindible al momento de querer armar y poner en funcionamiento una red que tenga como corazón los dispositivos de radio enlace Xbee.

2.12 Sensores.

Un sensor es un instrumento que otorga una entrada lógica a un sistema, ya que este está diseñado con el propósito de poder medir o censar un estímulo externo en el medio físico que esté ocurriendo a su alrededor o en su entorno general.

Este dispositivo es el responsable de medir las magnitudes físicas y a su vez convertirlas en señales eléctricas ya sea en pulsos digitales o entradas analógicas, de esta forma son interpretadas por un microcontrolador que es el dispositivo de mayor capacidad de procesamiento dentro de una placa debido a que él puede dar el tratamiento adecuado en la detección de magnitudes tanto físicas como químicas.

Con un sensor se puede tener información de cuan alta es la temperatura de un sistema, como se encuentra la presión atmosférica de un ecosistema, el pulso cardíaco presente en un ser humano y conocer la geolocalización exacta de un punto de interés.

Por lo tanto, se necesita la implementación dentro del proyecto presentado de un sensor que tenga la tarea de proporcionar en tiempo real el estado de temperatura presente dentro de un motor trifásico para su posterior control.

2.12.1 Sensor de temperatura DS18B20.

Para que el proyecto planteado en este documento se requiere usar un sensor de temperatura compatible con la tarjeta Arduino y el sensor escogido es el sensor de temperatura DS18B20 dado a que este dispositivo cuenta con una gran versatilidad para su implementación y es de fácil adquisición en el mercado debido a su costo relativamente económico.

Este sensor ofrece un modo de fácil de instalación ya que es idóneo en los ambientes donde se desee medir la temperatura tanto en lugares húmedos o inclusive este mismo se puede colocar hasta dentro del agua, dado a que se encuentra constituido por una estructura termo retráctil que lo protege de cualquier filtración de líquido que se pueda suscitar y de esta manera comprometer la integridad física del elemento.

Para la integración dentro de la plataforma Arduino será necesario trabajar con una librería externa que lleva por nombre One-Wire, este protocolo no es usado regularmente, pero brinda altas prestaciones al momento de su aplicación, resulta de gran sencillez la aplicación de este mismo, ya que solo basta con escribir su nombre en el motor de búsqueda respectivo del IDE presente en Arduino para proceder a su instalación.

Este instrumento cuenta con un integrado que realiza la función específica de censo dentro de su estructura, por lo tanto, se debe de tener muy en cuenta la configuración física,

dado a que existen tres tipos de encapsulados los cuales son: **TO-92**, **SO** y **μSOP** y de esta manera tras el análisis del diseño sugerido se logra notar que el T0_92 cumple con todas las especificaciones necesarias y suplirá su propósito correctamente, esto en consecuencia a que es relativamente sencillo su conexión.

La única diferencia es estructural ya que todos cumplen bien su función para la cual fueron construidos, la configuración física es igual en cada una de las versiones de los tres tipos de sensores ya mencionados dado a que cuentan con tres conductores que desempeñaran una función específica. (Véase la figura 23)

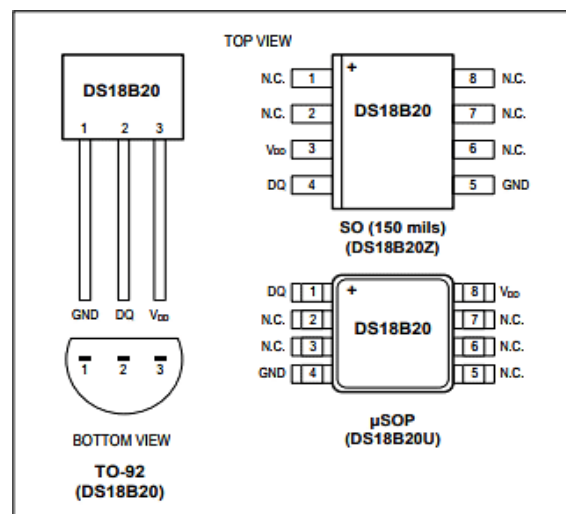


Figura 23. Configuración física del sensor DS18B20. Información tomada de Multicopter. Elaborado por el autor

VDD, este conductor es aquel que tiene como función ser la guía por donde ingresara la tensión de alimentación, esta misma no deberá sobrepasar los 5,5 voltios ni decaer por debajo de los 3 voltios debido a que si esto llegase a darse se podría producir un daño interno que no garantice el correcto funcionamiento del dispositivo.

GND, este cumplirá con la función de otorgarle al integrado una referencia a tierra y por lo tanto deberá ir situado en el pin de GND que ofrece la placa de Arduino Uno.

DQ, este será aquel que entregue la señal final captada por el integrado de esta manera realizara la labor de ser el pin de datos y por lo cual por este mismo se enviaran todos los datos obtenidos para que de esta forma el protocolo One-Wire interprete la información y provea un resultado.

2.12.2 Rango de Temperatura del DS18B20.

Este sensor ofrece un rango de temperatura aceptable dentro de los márgenes ya determinados y expuestos con anterioridad dado que El DS18B20 logra operar con

eficiencia en el rango de temperatura que existe entre -55°C y 125°C . Gracias a ello se puede implementar dentro del diseño propuesto debido a que es un rango de operación idóneo, sin embargo, existirá un margen de error que se debe tomar en cuenta para su exitosa aplicación.

De todas maneras, este margen de error es deducible y por lo tanto no complica ni dificulta de gran forma la implementación del sensor dentro de la plataforma Arduino, dado a que los errores se pueden cuantificar y expresar claramente su valor en magnitudes físicas que facilitan su comprensión de esta manera queda expresado que para temperaturas que oscilen entre los 10°C y 85°C se obtendrá más menos $0,5^{\circ}\text{C}$. y consecuentemente para el siguiente rango de temperaturas este se encontrará ubicado entre los -55°C y 125°C y su margen de error será entre los más menos 2°C (Véase la figura 24).

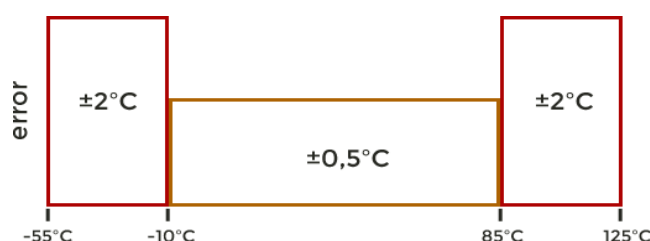


Figura 24. Margen de error del sensor DS18B20. Información tomada de ProgramarFacil. Elaborado por el autor.

Esto se debe de entender que si el sensor se encuentra midiendo una temperatura de 23°C el valor concreto entregado se encontrará situado entre los $22,5^{\circ}\text{C}$ y $23,5^{\circ}\text{C}$ y claro está que existe su contraparte, dado a que si este dispositivo entrega un valor de 90°C realmente la temperatura se encontrará situada entre 88°C y 92°C .

Un plus añadido a este sensor es que posee internamente una memoria de 64 bit esto quiere decir que se cuenta con una cantidad de 8 bytes, y dentro de esta se almacena la dirección única que identificara al sensor al querer incorporarse dentro de una red.

El byte inicial tiene como función identificarla la clase de componente, debido que se deberá llevar un registro lógico del número de sensores interactuando dentro de la misma red por mencionar un ejemplo en el caso del sensor DS18B20 el número de identificación será el 28 y será entregado en un formato hexadecimal, esta es una dirección exclusiva y es preciso contar con esta dentro del bus 1-Wire dado este tiene el trabajo de identificador para cada uno de los sensores DS18B20 que se encuentren conectados al mismo bus de comunicación.

En consecuencia, debido a que incorpora esta clase de comunicación, se obtiene una fuerte y fiable transmisión de paquetes debido a que opera con datos digitales, a los cuales

el ruido no genera un gran impacto a diferencia de las señales analógicas que les afecta en gran manera.

2.13 Muestra de datos.

Hoy en día se puede hacer uso de varias tecnologías que permiten mostrar magnitudes de manera gráfica mediante una pantalla, esto reporta grandes beneficios en los lugares donde se ha llevado a cabo su aplicación, dado a que siempre sirve de ayuda y mejora comprensión de una situación si se cuenta con un medio gráfico.

Una pantalla LCD está constituida internamente por cristal líquido y de ahí proviene su nombre dado a esto presentan una delgadez notable y una portabilidad que no es desaprovechada en múltiples proyectos planteados ya sea por instituciones u organizaciones con fines de lucro. Está formada por varios pixeles que se van situando delante de un haz de luz y en consecuencia no necesitan un gran consumo eléctrico por lo tanto pueden ser implementadas en dispositivos móviles siendo alimentadas por baterías o pilas.

En su mayoría estas pantallas vienen adheridas a una placa de circuito impreso y de esta manera el acceso a los pines que realizan la función de entrada y salida de datos resulta sencillo, de esta manera se puede implementar este tipo de tecnología dentro de la plataforma. Para este propósito se debe incluir la librería LiquidCrystal que viene incluida por defecto dentro del entorno de programación del IDE de Arduino y de esta manera se establece un canal de intercambio de datos entre la pantalla y el microcontrolador. Para este proyecto se incorpora al hardware requerido una pantalla LCD de dimensiones 16x2 esto hace referencia al número de columnas de las que se puede disponer y las filas que brinda este dispositivo para el muestreo de datos (Véase la figura 25).

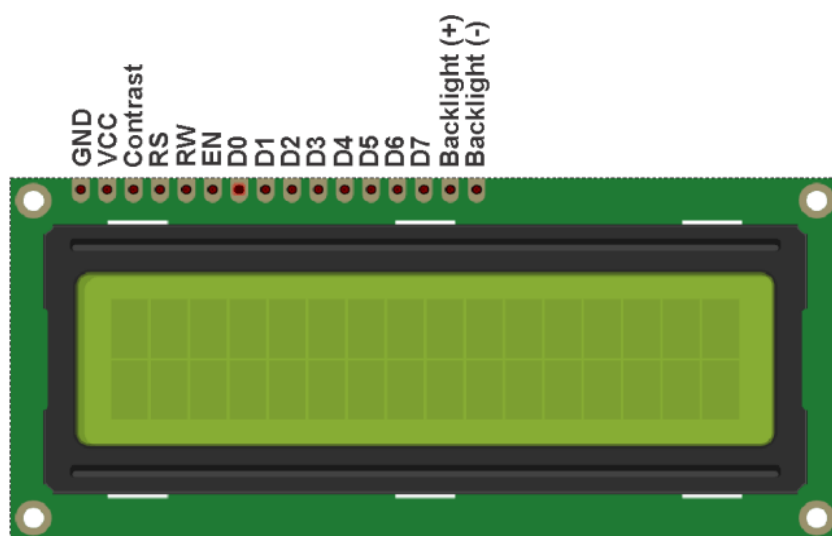


Figura 25. Pantalla LCD 16x2. Información tomada de Geekfactory. Elaborado por el autor.

2.14 Marco Legal.

Puntualmente el Art. 261, concretamente en el numeral 10 de la Constitución de la República del Ecuador expresa que el Estado será el encargado de legislar y tomar las decisiones que este considere pertinente con respecto al espectro electromagnético, y dentro de este se contemplara las debidas obligaciones y responsabilidades que deberán cumplir y acatar los organismos que deseen manipular este mismo, para que de esta manera se eviten sanciones ya sean de carácter monetario o amonestador.

Este artículo se toma en consideración al momento de querer implementar una red que tenga como base un enlace a través de ondas radiales ya que al desplegar este tipo de tecnología se debe acatar y seguir las normas ya estipuladas por la constitución y de esta manera no provocar un solapamiento o alguna interferencia en una banda radial.

El Art. 313, enuncia que la Estado será el único con derecho a la administración, la regulación, el control y la gestión estratégica del espectro radioeléctrico, velando con imparcialidad que no se provoque un daño ambiental y con mayor ahínco tratar de no perjudicar la eficiencia de otras tecnologías respetando el bien común.

La propuesta de prototipo planteada en este documento respeta totalmente este artículo, ya que al ser una tecnología de poco consumo energético no provoca un daño ambiental que deba considerarse con respecto a otras soluciones similares que existen en el mercado, debido a que muchos de los dispositivos que se usan para este tipo de enlaces tienen que ser ubicados en zonas amplias en las cuales se realiza una contaminación ambiental al momento de su instalación.

El Art.16 enuncia claramente todo lo relacionado en materia de derecho y obligaciones con los que una persona cuenta ya sea de manera individual o colectiva con respecto a la ley de comunicación, expresamente dentro del numeral 3 se aclara el margen legal al momento de la creación de algún medio de comunicación y se reafirma la igualdad de acceso al uso de las radiofrecuencias contenidas en el espectro radioeléctrico tanto como para la gestión de una base radial o una estación de televisión pública, y a bandas libres para el despliegue de redes inalámbricas.

El último apartado ampara la creación del prototipo planteado ya que este opera dentro de los límites de bandas libres y gracias a esta es que se puede desplegar con total libertad la red propuesta debido a que esta ópera mediante un enlace de radio, de esta forma no se quebranta ni vulnera ningún ámbito de la ley.

Cada uno de los artículos ya mencionados se podrán observar en el anexo numero 1 al final de este documento.

Capítulo III

Metodología

3.1 Marco Metodológico.

El Marco Metodológico es el apartado dentro de una investigación científica que se encarga de proporcionar los detalles y pormenores que fueron de uso al momento de realizar la investigación por ello se debe de tener un riguroso cuidado al momento de su elaboración.

Ya que este es el que ofrece el contexto dentro del cual se desarrolla el estudio y es un indicativo de la calidad de este mismo.

Dentro de este se irán describiendo los pasos que se toman con el fin de dar solución al problema planteado al inicio de este documento. En consecuencia, se detalla cómo se alcanzan los datos necesarios para la investigación y su análisis.

Para este proyecto de tesis se aplicarán dos tipos de metodología claves las cuales serán cualitativa, cuantitativa e investigativa otorgando al documento seriedad y exactitud a lo largo de su desarrollo de esta manera se obtendrán resultados confiables que refuerzan el valor del documento.

Se irán desarrollando los respectivos métodos indicados a continuación:

- Bibliográfico
- Campo
- Experimental
- Inductivo
- Deductivo
- Científico

El método bibliográfico se implementa con el fin de obtener información valida y veraz del entorno donde se aplicará el proyecto y así poder constatar su factibilidad junto con la aplicación del método deductivo para la toma de decisiones que se deberán seguir a partir del desarrollo del proyecto. Será de gran ayuda la aplicación del método de campo a través del instrumento de entrevista, debido a que esta es la herramienta que facilita el proceso de recolectar la información y de esta manera establecer los requerimientos prácticos y necesarios del prototipo, a través de conversar con un interlocutor que sea especialista en el tema propuesto en este documento. La entrevista se realizará de una manera amena y cuenta con un carácter participativo de ambas partes involucradas ya que posee una gran similitud a una conversación cotidiana entre dos personas a lo cual permite obtener los resultados deseados en un ambiente favorable.

En consecuencia, se logrará con éxito la implementación descrita en este proyecto, ya que al ser una solución fundamentada en el ámbito tecnológico se debe de tener gran cuidado al momento de elegir los componentes que la conformarán, a la par de una constante y minuciosa observación de cada uno de los procesos que son importantes para poder culminar y alcanzar con éxito cada uno de los objetivos específicos planteados en el proyecto ya descrito.

3.2 Método experimental.

El método experimental es aquel que observa cual es el comportamiento de la situación e indaga si la hipótesis se orienta al problema planteado en conjunto a una continua experimentación.

Para el desarrollo de la experimentación se realizará la acción de manipular las variables planteadas y someterlas a un proceso de control para que de esta manera se pueda recabar con la información fidedigna que no se preste para ambigüedades acerca del problema ya descrito.

Ya que en función a la manipulación de las variables independientes se espera observar un cambio puntual sobre las variables dependientes y de esta manera acertar de manera concreta en los pasos idóneos de diseño del prototipo.

Una vez analizado esto procede al diseño de la red en base a la información ya proporcionada ya que se corrobora que la elección del hardware y software es la correcta y cumplirá con lo esperado por parte del diseñador.

3.3 Metodología Investigativa.

Para el desarrollo de este documento se tomó en cuenta los siguientes métodos investigativos con el fin de recopilar la información de interés que ayude a revelar los puntos críticos que afectan directamente sobre el prototipo planteado.

3.4 Método científico.

Se inicia desde el planteamiento inicial el cual es el problema de estudio ya mencionado con el fin de realizar el análisis junto a su respectiva interpretación.

3.5 Método inductivo.

Este se lo pone en uso al momento de analizar cada una de las partes que toman parte dentro del problema mencionado, ya que este otorga los puntos necesarios para dar con la

con la conclusión puntual en un margen general y de esta forma realizar el trato adecuado que esta requiere. A su vez ayuda a realizar un esquema detallado de las partes necesarias y fundamentales de la red a plantear gracias al estudio realizado previamente.

Todo ello requiere una continua observación ya que al ser un proceso critico necesita de un registro y clasificación de datos.

3.6 Método deductivo.

Este método permite identificar el marco circunstancial donde ocurren los hechos que afectan directamente al proyecto, en consecuencia, permite el análisis puntual de cada uno de los componentes que conforman la red propuesta con el fin de estudiar su relación y de esta forma realizar un correcto despliegue de esta misma.

Dentro de este proyecto se requiere alcanzar un punto en el cual se pueda interrelacionar los objetivos descritos el ambiente en el cual se desplegará el prototipo y comprobar si es factible el alcance propuesto.

Una vez obtenido los datos y actividades que afectan directamente sobre el proyecto se procede a responder las interrogantes que son necesarias las cuales son ¿Qué es lo que se desea resolver? ¿Dónde está ubicado el problema? ¿Qué conforma el problema?

De esta forma se obtendrá un acercamiento al problema de manera eficiente y de esta manera encontrar la relación entre las causas y los efectos que atañen al problema, por lo tanto, se podrá enunciar correctamente la solución previamente a la obtención del conocimiento que resulta pertinente y de interés acerca de la situación que está presentando, cumpliendo a cabalidad el desarrollo del método deductivo.

3.7 Método de Campo.

Dentro de este método un paso importante antes de realizar las acciones necesarias ya planificadas con anterioridad, se deberá efectuar una observación concisa, ya que esta será una técnica clave para el diseño de la entrevista en la cual se deberán colocar los puntos que se consideran como factores críticos que deberán ser tomados como primordiales para el prototipo, de esta forma analizar si la observación que se realizo acerca de la situación fue la correcta debido a que los campos que se tomaron a consideración deberán coincidir con la opinión ofrecida.

Por ello se someterá a 4 expertos en el tema cada uno con años de experiencia que acredita su opinión a 10 preguntas puntuales, dentro de las cuales ellos ofrecerán su punto de vista técnico las cuales servirán de lineamientos con respecto al diseño.

1) ¿Cuál considera usted que es el número idóneo de motores dentro de una cadena producción?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

De acuerdo a su experiencia existen líneas de producción pequeñas, medianas y grandes siendo estas las más complejas, por lo que él ha podido observar estas pueden llegar a tener un número desde 40, 50 o más motores y no considera que exista un número idóneo si no que más bien depende de la necesidad de lo que se requiera producir, dado a que antes que nada deben de existir los recursos económicos debido a que es una fuerte inversión la que se realiza al momento de implementar una cadena de producción grande.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

De acuerdo a la experiencia de este experto menciona un ejemplo puntual ya que se refiere específicamente a una empresa de panificación, estas cuentan con cadenas de producción de gran tamaño e integran un número de 40 motores por línea o en muchos casos este número suele sobrepasar los 50, debido a que el número de bandas transportadoras del producto final son muy necesarias dentro de este proceso ya que prescinde en gran manera de la mano de obra humana.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

Basado en la experiencia de este experto que presta servicios de mantenimiento eléctrico y de refrigeración a nivel industrial en empresas de gran tamaño como la Bimbo o Coca Cola Company menciona este que las cadenas de producción de estas empresas el número de motores que ellas integran dentro de sus instalaciones suele ser de 30 a 40 motores por línea, los cuales suelen ser de una potencia de 30 a 50 caballos de fuerza debido a que tienen la función de realizar grandes trabajos mecánicos, de la misma forma existen motores pequeños los cuales tienen su instalación dentro de harineras o bombas de succión que tienen una potencia de medio caballo de fuerza.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

Experto gracias su experiencia menciona que este número varía y depende mucho del tamaño de la cadena de producción ya que si esta es pequeña el número de motores integrados en esta misma de todas formas será de menor tamaño que una de gran magnitud, pero resalto que el número se incrementa cuando se desea prescindir de la mano de obra humana.

Esto hoy en día es algo que se está llevando acabo recalco ya que los procesos se buscan automatizar en su gran mayoría y se integran Motores, servomotores y moto reductores y de esta manera la carga que recae en la parte humana se disminuye.

Análisis

Esta pregunta tuvo una convergencia puntual, debido a que los 4 expertos coincidieron en gran medida que existe una dependencia directa que viene dada por el tamaño de la cadena de producción, aquello conlleva que el número de motores sea variable dentro de esta misma.

A su vez en esta misma pregunta se logra observa que la aplicación de los motores en la industria se incrementa, debido a que con el paso del tiempo se busca automatizar más los procesos y así prescindir de la mano de obra humana.

Los expertos enuncian un promedio de 30 a 40 motores dentro de una cadena de producción, ya que estos asumen una función específica pudiendo ser esta de transmisión mecánica en una transportadora de producto o de múltiples actividades tales como actuar en el mecanismo dentro de una zaranda de harina o inclusive en enclaves mecánicos tales como frenos o ascensores.

Debido a su aplicación variada los motores se pueden instalar prácticamente en cualquier lugar en el que requiera prescindir de la mano de obra humana para un trabajo específico, esta sentencia otorgada gracias a la pregunta número uno de la entrevista reafirma el objetivo del documento debido a que es de gran importancia desarrollar un prototipo que vele por la seguridad física de estos equipos.

2) ¿Qué capacidad de motor con respecto a caballos de potencia considera usted que es predominante dentro de una industria?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

En consecuencia, a la experiencia de este experto la cual viene otorgada de sus múltiples trabajos realizados a lo largo de su carrera profesional dentro de las empresas de alimentos menciono que observa un alto número de motores de $\frac{1}{2}$ caballo de fuerza dentro de estas industrias, debido a que estos mismos se usan dentro de las bandas transportadoras ya que cumplen con la función puntual de transportar diversos elementos sobre estas, por ejemplo, la del transporte de un lugar a otro de la materia prima dentro de la misma industria o de igual forma al momento que se requiera ingresar a un determinado producto por un horno industrial.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

El experto menciona que en los años de experiencia con los que cuenta ha podido observar que en específicamente en las líneas de producción de una empresa de panificación se usan transportadores de 1 y hasta 2 metros de largo, en estos se integran motores de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y 2 caballos de fuerza debido a que tendrán como función la de hacer circular una banda transportadora sobre estos, los motores con esta potencia cumplen correcta y eficientemente su trabajo ya que no se requiere un gran esfuerzo mecánico.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

En función a la experiencia adquirida a los años de trabajo de este experto menciona que regularmente dentro de una industria la capacidad de los motores que regularmente se observa son de $\frac{1}{2}$ caballo de fuerza debido a que son lo que más se usan en transportadores cortos dentro de una cadena de producción.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

Este experto menciona que él ha podido observar que existe una media o un promedio en la capacidad de potencia de los motores que se encuentran presentes dentro de una cadena de producción ya que estos podrían ser de $\frac{1}{2}$ a 2 caballos de fuerza.

En consecuencia, a la existencia de transportadores que se usan para el traslado de múltiples productos dentro de la misma industria ya que estos son los elementos más comunes en una línea de producción.

Análisis

Con respecto a esta pregunta los expertos coincidieron que no necesariamente un motor de determinada potencia se podría considerar predominante, ya que en una industria se aplica cualquier motor independiente de su caballaje debido a que más bien aquello viene dictado a la función que este cumplirá. Existen motores de 40, 50 HP, y así sucesivamente inclusive algunos sobrepasan con creces esta potencia ya que son necesarios para maquinarias gigantescas con intrincados mecanismos que requieren un torque de gran magnitud.

Es válido recalcar que los expertos coinciden que aun pese a ello se puede realizar un promedio, en el cual para trabajos específicos los motores que mayor aplicación tienen o que se puede denominar como predominantes son aquellos que van de $\frac{1}{2}$ hp hasta 2 hp ya que para pequeños o medianos trabajos estos cumplen eficientemente la labor para lo cual fueron elegidos.

Para la aplicación dentro de este documento se escogerá el motor de ½ HP ya que este fue expresado como uno de los motores que tiene una mayor aplicación dentro de la industria.

Puntualmente el experto número uno expresa que los motores de ½ hp son aquellos que tiene una mayor aplicación dentro de la mediana industria tales como negocios familiares ya que estos no requieren un costoso medio de instalación debido a que su tamaño no es de grandes proporciones y tiene una alta eficiencia para lo que fue diseñado.

3) ¿Qué opina usted al respecto de los continuos fallos y problemas que se dan en una cadena de producción?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

Aquí el experto menciona que al momento de suscitarse continuos fallos dentro de la cadena de producción estos pueden deberse en gran medida a la falta de mantenimiento preventivo y a su vez a la deficiencia de un mantenimiento predictivo y correctivo.

Muchas veces en ciertas ocasiones cuando se presenta un problema este no es solucionado de la forma idónea, debido a la falta de tiempo o en su caso muchas veces sencillamente no se corrigió de la manera correcta aquel inconveniente dentro de la cadena de producción y de esta manera en un futuro se requiera atender nuevamente el problema presentado.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

Menciona específicamente el experto con respecto a esta pregunta que muchos fallos dentro de una cadena de producción pueden suscitarse debido a la temperatura ya que esta puede hacer fallar diversos equipos e inclusive se puede presentar continuamente.

Demostrando así que es prioritario la aplicación de un mantenimiento regular dentro de una industria.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

En palabras de este experto los fallos que se dan en una cadena de producción pueden tener diversas causas o raíces, pero particularmente esto se presenta por una falta de mantenimiento. Hoy en día existen diversos tipos de mantenimientos que se pueden aplicar teniendo por un caso el mantenimiento predictivo siendo este de gran ayuda dentro de la línea de producción ya que predice en un futuro cual podría ser un inconveniente que podría afectar a un determinado elemento o inclusive a toda la cadena, un método de aplicación de este puede darse al momento de desarmar una máquina para prever a futuro algún problema.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

Este experto opino que existen muchos factores que pueden desencadenar múltiples fallos dentro de una cadena de producción, esto es debido a que se puede atribuir a un continuo desgaste de piezas mecánicas que no han tenido su debida lubricación o engrasamiento respectivo.

De igual forma en el ámbito eléctrico es bien sabido que siempre un motor necesita una protección eléctrica para que de esta manera se minimice los posibles fallos que podrían ocurrir sin embargo en su experiencia existen muchas empresas que no implementan estos sistemas.

Se genera una falla latente que puede detener completamente la cadena de producción en marcha repercutiendo económicamente.

Análisis

Los expertos respondieron a esta pregunta de una manera similar dado a que ellos mencionan que al suscitarse un fallo dentro de la cadena de producción el daño colateral que representa es demasiado costoso para una empresa debido a que gran parte de la materia prima se echa a perder debido a que se debe detener por completo las actividades dentro de esta misma hasta que se logre solucionar el problema suscitado y siendo en muchos casos crítico.

Los 4 resaltaron que mayormente un daño se produce por falta de mantenimiento y gran parte de los problemas se da en los motores ya que estos a por falta de mantenimiento comienzan a presentar sobrecalentamiento térmico debido a la alta temperatura dentro del entorno en el que operan y fallos continuos.

En una cadena de producción intervienen varios equipos, pero el que mayor incide en su estructura son los motores ya que si uno de ellos falla se paralizara por completo debido a que este es el encargado de la parte motora y móvil dentro de esta misma.

Los precios de reparación dentro de una cadena de producción coinciden que pueden sobrepasar los miles de dólares y es imperativo evitar llegar a esto.

Dos expertos mencionaron la existencia del mantenimiento predictivo el cual cumple con la función de presentar herramientas que puedan socavar en gran medida la pérdida o el paro de un equipo dentro de una línea ya que este ayuda a predecir los posibles fallos a futuro que se pueden presentar.

Esto sumado al mantenimiento preventivo puede disminuir en un gran porcentaje los gasto incurridos por parte de la organización o industria.

4) ¿Considera usted basado en su experiencia que la temperatura es un factor importante que afecta directamente a un motor o a cualquier maquinaria eléctrica?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

La temperatura es un factor muy importante dentro de las industrias ya que los equipos o maquinarias suelen recalentarse dado a que existen condiciones donde la temperatura no es la normal o la que uno está acostumbrado a percibir en el día a día, sino más bien son temperaturas superiores o inclusive se presenta que en otras ocasiones los motores se sobrecalientan ellos mismos debido a la carga mecánica desbalanceada que tienen repercutiendo directamente sobre ellos mismo.

Cuando un motor se sobrecalienta demasiado se dañan las bobinas o devanados de cobre debido a la alta carga que son sometidos y de esta manera consumirá más corriente eléctrica empeorando la situación e inclusive la temperatura afecta a otros elementos eléctricos presentes en la industria por ejemplo como los Plc's u otras tarjetas electrónicas y opino que es muy importante monitorear la temperatura presente dentro de la industria específicamente dentro de los motores.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

Este experto acoto que la temperatura presente en el ambiente de operación de un motor es un factor clave y crítico que debe monitorearse debido a que esta puede averiar un motor. Menciono que la temperatura presente aquí en la Republica de Ecuador de por si es medianamente alta y esto sumado a la temperatura presente en los espacios confinados donde se tienen las cadenas de producción contribuye enormemente a presentar fallos en los transportadores presentes.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

Este experto opino que la temperatura afecta en gran manera debido a que los tableros eléctricos hoy en día implementan mucha tecnología dentro de las empresas, menciono que las industrias en las que el presta servicios cuentan con tableros refrigerado debido a que la temperatura es un aspecto critico a tener muy en cuenta.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

El experto al respecto de esta pregunta considera que es muy importante tener en cuenta la temperatura dentro de los motores ya que esto genera recalentamiento sobre las bobinas y afectar así el desempeño de estos equipos, de igual forma puede quemar alguna tarjeta

electrónica presente en la circuitería de un tablero eléctrico y es válido resaltar que el cambio de una tarjeta de esta índole es muy costoso ya que por lo general es una tecnología muy compleja. Menciono que la temperatura es la responsable de averiar el arrancador de un motor el cual viene conformado por un contactor que no es otra cosa que un solenoide activado por una corriente alterna que costa de contactos normalmente cerrados y abiertos según ya sea su función.

Análisis

Los expertos mencionan que obviamente la temperatura es un factor de gran importancia debido a que esta es la responsable de que muchos equipos sufran una avería parcial o completa y a la vez se presentan fallas dentro de la circuitería electrónica presente.

Mencionaron que la temperatura es un factor clave a monitorear dentro de una industria debido a que los contactores son proclives a presentar fallos y se debe hacer mención al mecanismo de arranque de un motor el cual es un contactor, esta pieza funge como el mecanismo que permite encender un motor mediante un botón.

La temperatura es la responsable de un gran gasto económico en el que incurren las empresas esto reafirma el propósito del proyecto.

5) ¿Considera usted que el mantenimiento preventivo es suficiente para evitar posibles fallas en los equipos usados dentro de una industria?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

La opinión de este experto menciona la eficiencia de este mantenimiento, pero que a la vez existen otras formas de amortiguar los problemas y fallos que se puedan presentar, ya que además de existir el mantenimiento preventivo existe de la misma forma el predictivo y que este se realiza con tecnologías o programas especializados.

Por mencionar un ejemplo, hablo acerca de la existencia de un software que predice cuantas barras rotas puede tener por dentro un motor y si por darse el caso de que ya existan significara que el motor está a punto de averiarse, al unir los dos se evitara ciertas fallas en la cadena de producción.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

Opino que el mantenimiento preventivo es punto principal dentro de una cadena de producción, pero no se debe descuidar otros aspectos a q tener en consideración tales como el continuo cuidado de las maquinarias y elementos presentes.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

El experto numero 3 opino que es muy importante el mantenimiento preventivo ya que al llevarse correctamente se ayuda a mitigar los atrasos en las líneas de producción y esto garantiza la entrega de cualquier producto final a tiempo.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

El experto numero 4 opino el mantenimiento preventivo es suficiente para minimizar fallas en los equipos, pero si solo se implementa esta herramienta se tendrá una gran deficiencia a un nivel general dentro de la industria. Menciono un claro ejemplo presente dentro de muchas estas, ya que suele existir muchas bajas y sobre voltajes presentes en la red eléctrica la cual provee de energía a la organización, esto puede dañar a un equipo eléctrico si no se tiene la debida consideración al momento de implementar tecnología dentro de la empresa.

Análisis

Gracias a la opinión de los expertos se puede sacar a relucir que muchas veces un mantenimiento preventivo no es lo suficiente para amortiguar o mitigar posibles fallas que a futuro pueda llegar a sufrir una industria.

Se logra observar que se dispone de diversas herramientas que al sumarlas al régimen de cuidado y mantenimiento que tiene la empresa pueden ayudar a en un gran porcentaje a solucionar cualquier problema que pueda acontecer dentro de esta misma.

Reforzando así estas opiniones la implementación y desarrollo del prototipo propuesto en este documento ya que puede conjugarse dentro del mantenimiento predictivo y preventivo.

6) ¿Estaría de acuerdo con la fabricación de un prototipo que se encargue de tareas como la de monitorear y controlar la temperatura dentro de un motor?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

La opinión de este experto fue de que estaría totalmente de acuerdo, ya que el menciona que es muy importante monitorear la temperatura dado a que es un factor que se debe de tener muy en cuenta por la organización.

Menciono que en muchas empresas en las cuales el brindado sus servicios como contratista ha notado que esto no se lleva a cabo sino más bien simplemente perciben que el motor está presentando una temperatura elevada tocándolo directamente con la mano y ya

en ese punto este estaría próximo a averiarse, opino que sería de gran ayuda que el operador tenga acceso mediante algún medio a la temperatura presente en el motor.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

Este experto está totalmente de acuerdo y menciona que sería indispensable contar con un sistema que realice estas funciones y que en su experiencia el sí ha tratado con sistemas parecidos que realizan funciones similares.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

Menciono en su experiencia él tuvo que colaborar dentro de un proyecto de mejora en la empresa Bimbo, debido a que se requería censar la temperatura y otros aspectos que se debían tener en cuenta con respecto a los motores que intervenían en una cadena de producción, de igual forma se necesitaba que estos notifiquen si existía alguna falla. Todo ello través de un medio inalámbrico, sin embargo, esto tardo en implementarse debido a que la tecnología que permitía realizar aquello es extranjera y su adquisición es muy costosa.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

Su opinión fue que está muy de acuerdo con este proyecto, ya que considera necesario que exista un censor que monitoree la temperatura dentro de los equipos, pero para ello también debe tenerse en cuenta los costos de adquisición e implementación ya que esto siempre es un freno al momento de acoger una nueva tecnología dentro de una organización.

Análisis

Gracias a la opinión de los expertos se puede sacar a relucir que se cuenta con una gran aceptación al momento de desarrollar un prototipo que vele por la seguridad física de los motores presentes dentro de una cadena de producción, pero que se debe tener muy en cuenta los costos de implementación.

7) ¿Qué dispositivos conoce que pueden solventar la necesidad de monitoreo y control de temperatura?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

En su respuesta menciona que existen varios tipos de dispositivos, sin embargo, el conoce los básicos como los sensores de temperatura como RTD y termocuplas estos pueden ir conectados directamente a un Plc's o un controlador según como se requiera.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

En su experiencia conoce que existen sensores que miden niveles de aceite, vibraciones y temperatura, pero solo conoce los dispositivos básicos.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

Menciona que solo tiene conocimiento de los dispositivos básicos que se usan dentro de una industria tales como las RTD y termocuplas que cumplen la función de medir la temperatura presente dentro de un sistema.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

Este experto menciona que existen muchos dispositivos presentes en el mercado y que en estos varía el modelo y varían los costos, tiene el conocimiento esencial de cómo funcionan y operan.

Análisis

En consecuencia, a las opiniones de los expertos se logra observar que si se tiene un conocimiento de cómo actúan los dispositivos que tienen como misión la de censar un estímulo presente en el ambiente de esta manera se puede tener la seguridad de que adoptar un prototipo como el descrito en este documento no resultará complicada en el área industrial, por lo tanto, este tendrá una buena acogida.

8) ¿Considera usted que el precio de instalación es un factor importante al momento de implementar un sistema de control y monitoreo?**Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera**

La opinión de este experto expresa que esto es un punto clave uno de los más importantes al momento de implementar cualquier sistema debido a que toda organización debe establecer una relación de costo beneficio y ver si esta le resulta favorable. Siempre es importante manejar un precio justo y de esta manera cualquier innovación tecnología tendrá una buena acogida dentro de la industria, describió.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

Considera que es muy importante dado a que muchos de los sistemas son muy caros hoy en día al momento de su implementación y que ofrecen la ventaja de que ahora se puede transmitir estos datos de manera inalámbrica.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

El experto numero 3 considera que este aspecto es muy importante al momento de querer implementar esta tecnología, ya que si esta es muy sofisticada puede llegar a ser de difícil adquisición.

En el caso de los sensores por la experiencia con la que él cuenta comento que resulta ser muy costosa por ello el análisis que debe realizar la organización tiene que ser bien estudiado, de igual manera considera que si el precio es asequible los más seguro es que se trate de adquirir y de esta forma implementar dentro de la industria.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

Este experto considera que esto es un aspecto primordial al momento de implementar una nueva tecnología debido a que las empresas deben analizar si su costo representa el máximo beneficio a percibir y una vez observado esto proceder con su implementación

Análisis

En función a la opinión brindada por los expertos se puede establecer que el precio de una nueva tecnología es un aspecto sumamente importante al momento de querer adoptar esta misma dentro de la industria.

Gracias a la opinión de esto se observa que las empresas realizarán un análisis en el cual se analizara la relación que existe entre el costo y el beneficio a ofrecer de la nueva tecnología que se desea adquirir y de esta manera sopesar si se puede incurrir en el gasto.

En consecuencia, las opiniones receptadas reafirman el desarrollo de proyecto propuesto, ya que es una tecnología que resulta asequible debido a que muchos de los elementos que la componen son económicos pero efectivos en sus funciones.

9) ¿Tiene algún conocimiento acerca de las redes inalámbricas de sensores?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

El experto respondió que no posee ningún conocimiento de este tipo de tecnología pero que estaría gustoso de incorporar esta tecnología a las soluciones ofrecidas por su empresa.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

Opino que tiene un conocimiento somero respecto a las redes inalámbricas de sensores ya que gracias en su carrera profesional ha tenido la oportunidad de trabajar con estas y estaría deseoso de continuar aprendiendo acerca de ellas.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

De igual manera este experto conoce levemente el funcionamiento de las redes inalámbricas de sensores ya que en su experiencia él ha tenido que instalar este tipo de tecnología debido a que las empresas en las que brinda servicio le demandan este tipo de soluciones.

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

Menciono que no tiene ningún conocimiento acerca de este tipo de tecnología.

Análisis

Por las opiniones recibidas de los expertos se logra percibir que este tipo de tecnología tendrá una gran acogida dentro de las industrias que se preocupan por hallar una solución permanente del problema ya mencionado dentro de este documento.

La mitad de los entrevistados dijo conocer acerca del funcionamiento de las redes inalámbricas de sensores debido a que existe la demanda por parte de las organizaciones.

10) ¿Cuál considera usted en función a su experiencia que sería el medio más idóneo para el muestreo de la temperatura presente en un equipo?

Experto número 1: Ingeniero eléctrico José Rivera

Menciona que el medio más eficaz sería un medio gráfico tal como una pantalla en la cual se pueda representar este estímulo externo como lo es temperatura, de igual forma dijo que lo idóneo sería colocarla sobre el motor o equipo y de esta forma ir monitoreando continuamente la temperatura y así evitar posibles fallas a futuro.

Experto número 2: Ingeniero eléctrico Gustavo Chamaidan

El experto menciona que para él lo más idóneo sería presentarla a mano del operador mediante un equipo digital donde se muestre la temperatura, algo parecido a una especie de reloj menciono, para que de esta manera este disponga de una manera más rápida esta magnitud y así tomar los correctivos necesarios.

Experto número 3: Ingeniero Leonardo Ocampos

Este experto opino que para la mejor forma sería observar la temperatura mediante un medio gráfico tal como una pantalla para obtener los datos necesarios de una manera más precisa y explícita

Experto número 4: Ingeniero Manuel Martínez

El Ingeniero opino que existen algunas formas, pero para él lo mejor sería un sistema en donde se pueda realizar una bitácora o registro mediante una base de datos para su posterior análisis y así evitar un problema a futuro

Análisis general

Gracias a las opiniones se puede confirmar que la idea inicial en la cual mostrar la temperatura a través de un medio grafico tal como una pantalla, está bien encaminada a la necesidad palpable, debido a que continuamente el operador de la máquina en muchos casos no posee estos datos y no puede notificar alguna anomalía que se esté presentando en la cadena de producción y así se genera un riesgo latente.

El desarrollo e implementación del prototipo propuesto en este proyecto suple esta necesidad de una manera eficaz y de esta manera se observa que este mismo ofrece el atractivo de ser asequible económicamente.

Se observó la necesidad de un prototipo que solviente la problemática que aqueja a varios de los equipos presentes en la industria, pero puntualmente el diseño esta implementado directamente sobre los motores eléctricos trifásicos, no sin antes haber realizado un estudio previo para el desarrollo de este diseño y una vez realizado este se tomó la decisión de que tecnología usar y los pasos para lograr la implementación exitosa, de esta forma cumplir a cabalidad con los objetivos propuestos.

En el estudio realizado se observa que es notorio el costo económico de adquisición es un factor importante al momento de querer implementar una nueva tecnología sobre un problema que presenta mucha trascendencia sobre el tiempo, ya que tiene que ser innovador y más que nada accesible para que de esta forma obtenga el impacto deseado.

Con esta finalidad se realiza el desarrollo del prototipo propuesto con el propósito de resolver el sobrecalentamiento térmico que ocurre en los motores trifásicos industriales usados con gran frecuencia dentro de la industria de la república del Ecuador, no obstante, previo al diseño de este se debe indagar acerca de cuáles son los requerimientos de operación para que un motor trifásico desempeñe sus funciones de una manera correcta y así cumplir con los objetivos planteados al inicio del documento.

Para esto previamente se explicó que era el par de arranque de un motor y como este afecta su funcionamiento en función al caballaje con el que este cuente, dado que este par de arranque es el esfuerzo que el motor realiza para lograr girar su eje y de esta forma entrar en operación.

Para efectos visuales servirá la figura 26 en la cual se ejemplifica el principio de este efecto que ocurre en los motores.

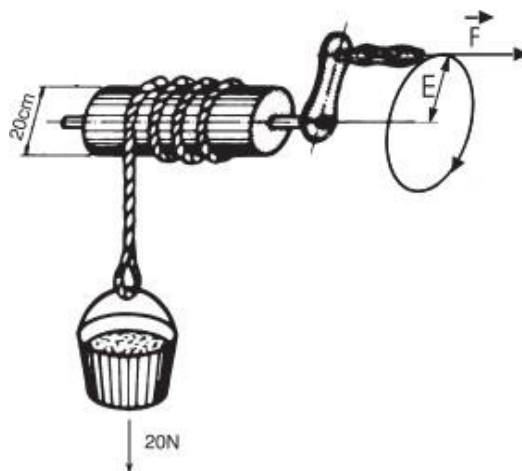


Figura 26.Principio de funcionamiento de un motor trifásico. Información tomada de WEG. Elaborado por el autor.

Por lo que se puede observar en base a la ilustración es que la fuerza que resulta necesaria ejercer sobre la manivela dependerá de la longitud de esta misma. Por lo tanto, si la manivela fuese mucho más grande, menor será la fuerza que se tendría que ejercer hipotéticamente sobre esta ya que el peso de ella contribuirá sobre el giro de su eje.

Si se multiplica por dos el tamaño de esta, la fuerza que se necesitará será puntualmente la mitad, para efectos prácticos considérese que el balde ejerce una fuerza hacia al suelo de 20 Newton ya que este es el peso respectivamente de este mismo y que el diámetro del rotor o tambor en el cual se ira embobinando la cuerda que lo mantiene sujeto al sistema consta de 20 centímetros.

Por lo tanto, la cuerda ejercerá una fuerza de 20 sobre la superficie del rotor en otras palabras esta fuerza estará ubicada a 0.10 metros del eje interior. En consecuencia, se deberá compensar este desbalance ejerciendo una fuerza sobre la manivela de 10 newton puntualmente ya que la manivela consta con 0.20 metros de largo.

Gracias a este pequeño ejercicio se puede percibir que no solo es suficiente definir la fuerza con la que se debe girar el eje si no que de igual manera se deberá definir a que distancia se encuentra ubicado el centro de este en el cual se aplicará esta fuerza de rotación.

El esfuerzo realizado en estos momentos toma el nombre de par de arranque el cual es el producto que se obtiene al multiplicar la fuerza de torsión por la distancia del eje.

$$C = 20N \times 0.10m = 2.0Nm$$

En la cual C será el par de arranque, 20 newton la fuerza que ejerce el peso del balde sobre la superficie del rotor, y 0.10m la distancia de esta fuerza sobre el centro del eje de torsión, y se obtiene que el par de arranque deberá 2.0 newton por metro.

Voltajes y Corriente de Operación

Dentro de una industria por lo regular el voltaje suministrado por la red de alimentación suele ser trifásica, esto debe entenderse que se tendrán tres fases que proveerán de un voltaje nominal a toda la organización junto con una frecuencia en toda la red de 60 Hertz.

Los voltajes que se tienen dentro de una industria por lo general son lo que se mencionan a continuación:

- Bajo voltaje: 220 V, 380 V, 440V
- Alto voltaje: 2300V, 4160V, 6600V

Es válido resaltar que los voltajes empleados en una red de baja tensión están conformados por las tres fases ya mencionadas, más un conductor que será llamado neutro.

Este conductor es aquel que cierra el esquema de estrella dentro de toda la red según como se puede visualizar en la figura 27.

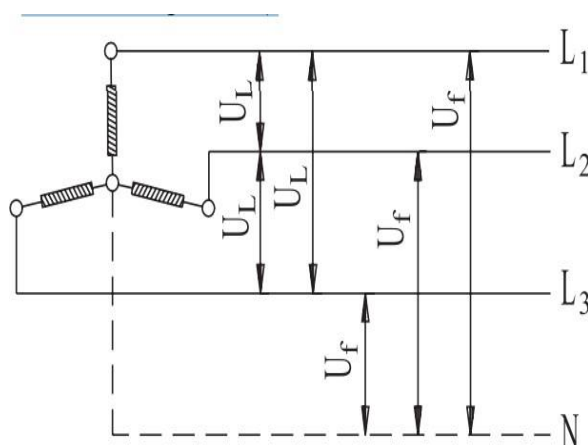


Figura 27. Voltaje dentro de una red trifásica. Información tomada de WEG. Elaborado por el autor.

Un motor trifásico es diseñado para soportar una tensión nominal variable esto quiere decir que puede operar a distintos voltajes según como se realice el esquema de conexión interno dentro de sus bobinas.

Estos tipos de conexión se los conoce como:

- Conexión en estrella
- Conexión en triángulo o delta

El propósito de estas conexiones será proporcionarle la mayor eficiencia al momento de arranque al motor trifásico, ya que en esta situación un motor industrial llega a consumir

entre 6 a 8 veces la corriente nominal indicada en la placa de este mismo, por ello se necesita realizar un arreglo de este tipo. (Véase la figura 28)

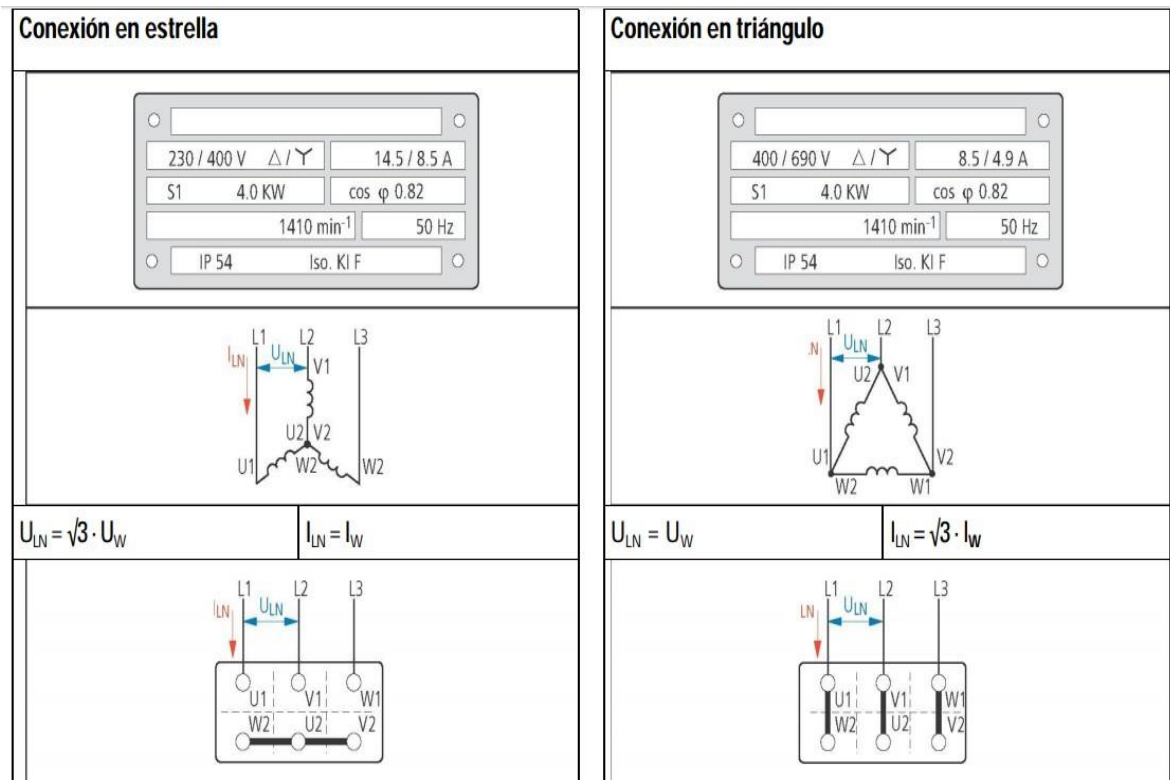


Figura 28. Voltaje y corriente nominal usada por un motor trifásico. Información tomada de WEG. Elaborado por el autor

Energía y Potencia mecánica

La potencia es la magnitud que medirá la velocidad con la que la energía es consumida dentro del sistema. Aplicando el mismo marco en el cual se ejemplifico anteriormente, si la distancia de la cuerda en función de donde se encuentra ubicado el balde con respecto a la superficie del rotor es de 24,5 metros de largo el trabajo que se deberá efectuar para atraer este balde será siempre la misma si se realiza bajo estas condiciones, la cual será la siguiente:

$$W = F \times d = 20N \times 24,5m = 490 Nm$$

No se deberá confundir estas unidades con el par de arranque, aunque podría darse debido a su similitud sin embargo es necesario mencionar que un Newton metro equivale a un joule el cual también puede ser descrito como watts por segundo según la conversión que resulte conveniente para efectos prácticos del ejercicio.

Una vez realizado todos estos cálculos teóricos si se intercambia la manivela con un motor eléctrico y que esta pueda ser lo suficientemente fuerte como para efectuar el trabajo ya descrito en un lapso de tiempo que dure 2 segundos, la potencia que será necesaria para que este pueda empezar a realizar esta acción será de:

$$P_{mec} = \frac{F \times d}{t} = \frac{490}{2.0} = 245 \text{ Watts}$$

Pero si se desease el caso de que se requiere realizar el mismo trabajo, pero en menos tiempo la potencia mecánica necesaria que deberá otorgar este motor deberá ser mayor la cual será:

$$P_{mec} = \frac{490}{1.3} = 377 \text{ Watts}$$

En este ejemplo se definió que el tiempo debería ser de 1.3 segundos y en consecuencia la potencia necesaria se incrementó a 377 Watts lo cual es ½ caballo de fuerza o medio Hp lo cual es de notable interés ya que el prototipo realizara sus funciones sobre un motor de estas características el cual fungirá como el motor de prueba.

Entre las características técnicas de operación se deben tomar en cuantos tres apartados muy importantes los cuales son la Potencia Aparente, Potencia Activa y Potencia Reactiva,

Potencia Aparente

Esta es aquella que se produce al multiplicar el voltaje de operación por la corriente nominal y es puntualmente la potencia que se obtendría si no existiese un desfase de la corriente con respecto al voltaje si esta potencia no se desvía o aumenta según lo indicado por el fabricante el motor estará ejerciendo un trabajo eficiente fuera de un peligro de daño potencial. El cálculo de esta potencia se obtendrá mediante la siguiente formula:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \text{ (VA)}$$

Claro está que para las cargas netamente resistivas $\cos \varphi = 1$ y la potencia activa tendera a ser la potencia aparente, la unidad de medición serán los volt-amperios (VA).

Potencia Activa

Esta es puntualmente la potencia aparente consumida al efectuar el trabajo designado o lo que es lo mismo la potencia que se transforma a energía útil. Su fórmula será:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \text{ (W)}$$

Potencia reactiva

Es aquella potencia que no es consumida durante el trabajo a tal punto que se la puede denominar como potencia pasiva ya que es transferida a los elementos que constan dentro del circuito los cuales pueden ser condensadores o inductores.

Su fórmula será:

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Sen}\varphi \text{ (W)}$$

Rendimiento

Este será la eficiencia con que se realiza la conversión de energía eléctrica tomada de la red por parte del motor en energía mecánica suministrada sobre el eje, a esto se le llama potencia útil. La potencia absorbida es aquella que el motor retira de la red, el rendimiento será la división entre las dos, en otras palabras:

$$\eta = \frac{Pu(W)}{Pa(W)}$$

Tipo de aislante

Como ya se mencionó con anterioridad el aislante en el cual esta bañado el devanado es de gran importancia y este viene indicado por clase en referencia a la temperatura que pueden soportar al momento de su operación.

Dentro de un motor de ½ HP por lo regular es utilizado un barniz de clase A, el cual puede resistir hasta 105 grados centígrados sin presentar un deterioro en su estructura interna debido al calor. Por lo tanto, la superficie del motor no deberá sobrepasar los 105 grados centígrados ya que si por darse el caso, el bobinado dentro del equipo comenzaría a derretirse a causa del sobrecalentamiento térmico presentado y de esta manera comenzar a producirse un cortocircuito eléctrico debido a que la corriente circundante dentro de las bobinas fluiría directamente por la carcasa del motor. (Véase la figura 29)

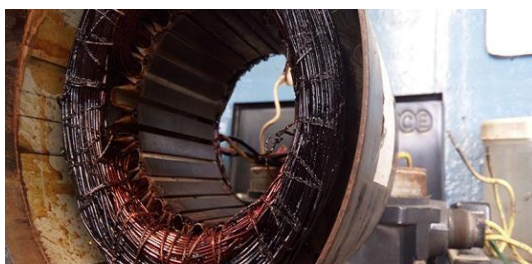


Figura 29 .Daño completo en las bobinas dentro de un motor trifásico . Información tomada de Renamecr. Elaborado por el autor.

Esta situación produciría un daño parcial al motor, dado que deberá ser retirado de sus operaciones para realizar su respectivo rebobinado, debido a que el campo magnético que creaba ya no se lograra inducir por la avería total de las bobinas. Todo aquello podría suscitar un accidente de mayor impacto debido a que esta corriente podría afectar al operador que se encuentre realizando sus funciones dentro de la cadena de producción, esto sucedería si el equipo no se encuentra aterrizado eléctricamente de una manera correcta lo cual en muchas veces ya se ha tenido constancia de que ha sucedido.

Capítulo IV

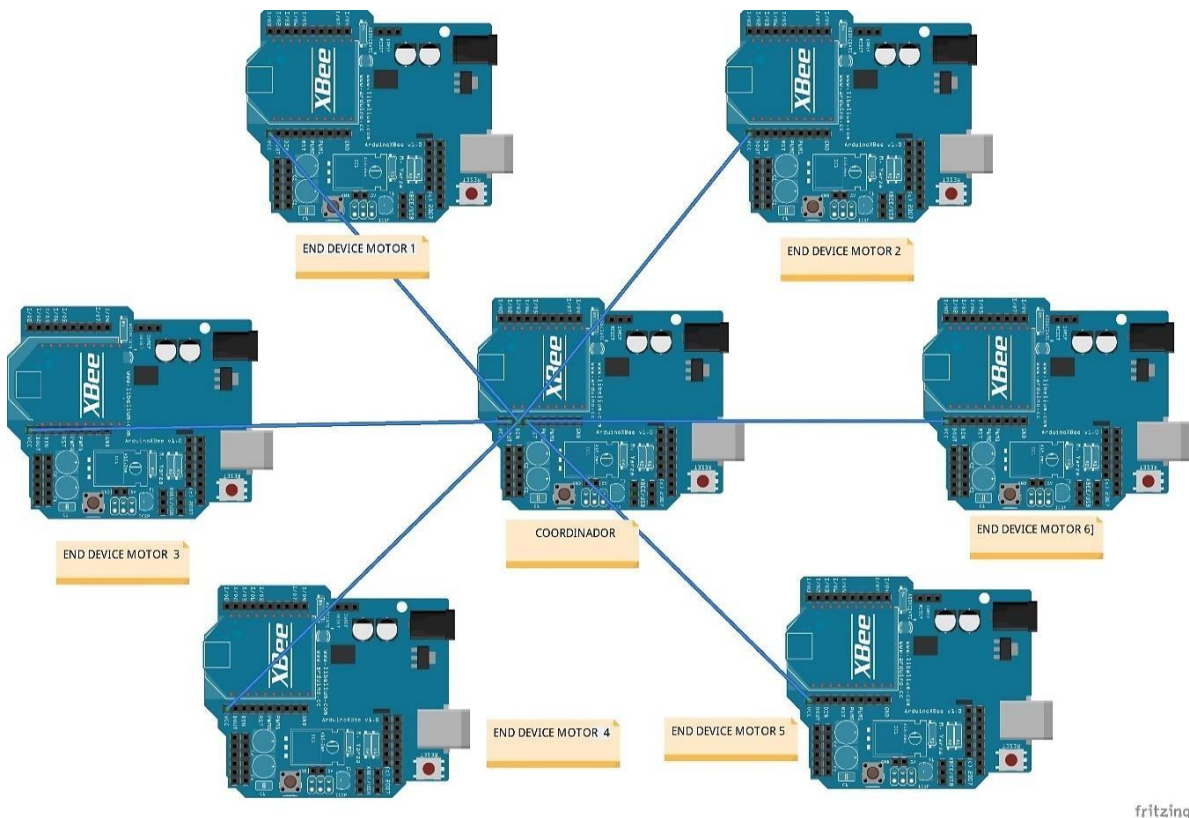
Desarrollo de la propuesta

4.1 Diseño.

Para el diseño de una red que satisfaga todos los aspectos que ya fueron mencionados se realizó el estudio previo ya descrito, de esta manera se establece que la topología que abarca estos apartados de una manera eficiente será una red tipo estrella. (Véase la figura 30)

Esta topología se enfoca en receptar los datos que le proporcionan cada uno de los dispositivos finales enviados a uno en común que se establece con anterioridad como coordinador. todo aquello mediante el protocolo ZigBee ya mencionado.

Los dispositivos que tienen la función de operar como End Devices se trataran como una estación de transmisión y tienen una configuración ya definida, de la misma forma el coordinador la cual se la detallara a continuación en lo que resta de este documento. Se debe de tener muy en cuenta que el diseño de esta red es altamente escalable debido a que este tipo de dispositivos permiten añadir más elementos e inclusive redes anexas que colaboren con el objetivo para el cual fue diseñado de esta manera se puede llegar a abarcar el alcance de una red de área metropolitana si así lo desee la organización que decida implementar esta tecnología.



fritzing

Figura 30. Topología de red tipo estrella. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

4.2 Estación de Transmisión o End Device.

Este elemento es el que cuenta con un mayor número de unidades dentro de la red, debido a que es el que se encarga de la toma de los datos de interés que en este caso será la temperatura presente en un motor trifásico. Aquello lo logra mediante la incorporación de un sensor digital DS18B20 el mediante un tren de pulsos capta la temperatura presente y se la entrega al microcontrolador ATMEGA incorporado en la tarjeta de Arduino UNO, este último tiene como función la procesar e interpretar los datos entregados por el sensor ya mencionado de una manera rápida pero eficiente para su posterior envío inalámbrico a través del dispositivo de radio Xbee S2C, al referirse de manera inalámbrica debe entenderse que el medio que se usa será un medio no guiado, en otras palabras los datos viajarán libres en el espacio para su posterior recepción en el coordinador (Véase la figura 31).

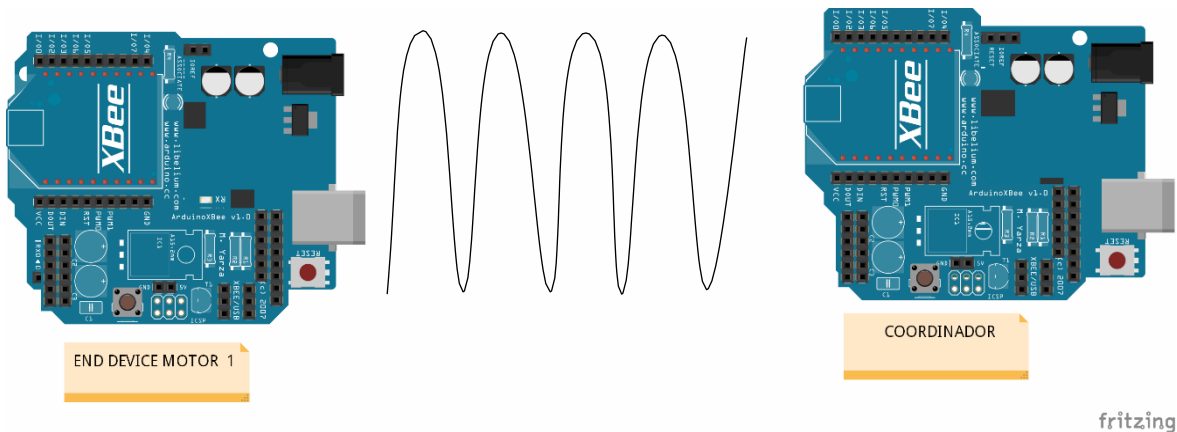


Figura 31. Envío de datos por parte del transmisor al coordinador. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Entre las funciones que cumple el End Device será la de mostrar la temperatura que se capta mediante una pantalla LCD de 16x2 de dimensiones esta ira colocada en su estructura física como un elemento que sirva de ayuda grafica para que el operador a cargo de la cadena de producción visualice esta magnitud ya mencionada. El esquema físico de como ira estructurado la estación de trasmisión por orden de jerarquía será la siguiente no obstante se podrá observar esta sin su contenedor en la figura 32.

- Xbee S2C
- Shield pro Xbee
- Arduino uno
- Sensor de temperatura DS18B20
- Pantalla LCD 16X2
- Protoboard
- Contenedor o caja de acero inoxidable.

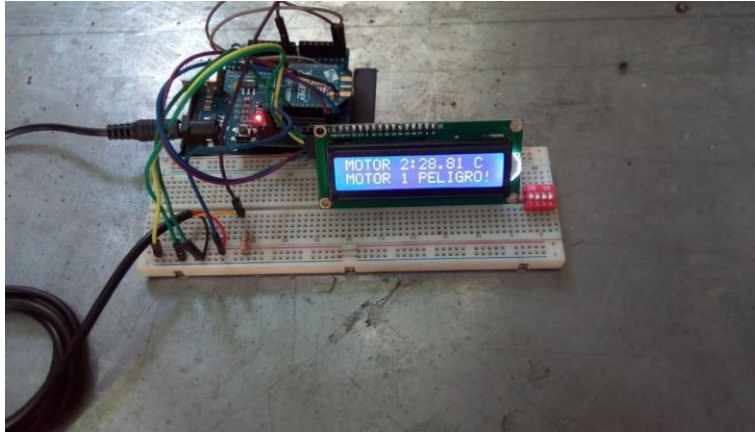


Figura 32. Receptor de la estación de recepción. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

4.3 Configuración del dispositivo transmisor Xbee. A través de XCTU.

Para la configuración del dispositivo Xbee que se encarga de la transmisión de los datos tomados del sensor de temperatura se realizara a través del software desarrollado por Digi el cual permite como usuario definir el rol o un firmware determinado que se desee adaptar al dispositivo, anexo a ello facilita la configuración de los parámetros de radio respectivos, así como su verificación a modo de prueba de la comunicación establecida.

4.4 Discover radio devices.

Al momento de abrir esta herramienta se deberá recurrir a la pestaña que se tiene en la parte superior del software automáticamente se desplegará una ventana en la cual se permite la selección del puerto COM, esta será en la que se efectuará la conexión del dispositivo de radio escogido, de igual manera se podrá visualizar la existencia de todos los dispositivos que se tienen directamente conectados al ordenador (Véase la figura 33).

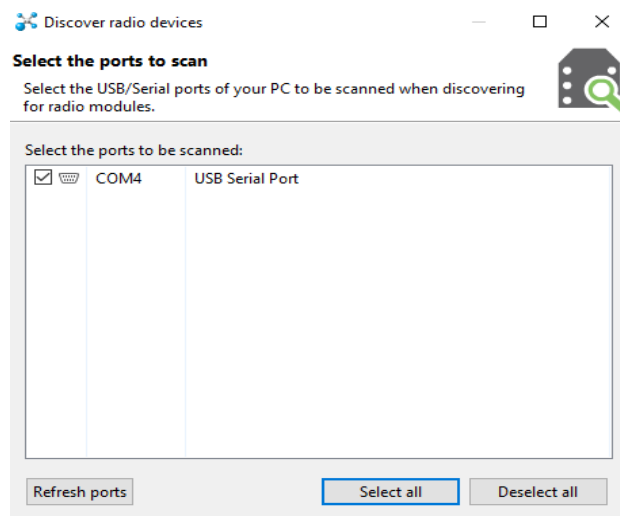


Figura 33. Discover radio devices. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Al abrir esta pestaña se debe elegir los dispositivos deseados para comenzar con la configuración respectiva, pero en este apartado se centrará la atención al dispositivo que tendrá la función de operar como transmisor dentro de la red

Luego de haber realizado la selección del dispositivo que se desea configurar se procede a establecer la configuración de los parámetros de primera instancia los cuales son la velocidad de transmisión y la longitud de la data posible a enviar.

Una vez realizado estos pasos en este dispositivo se comenzará con la configuración de los parámetros que facultarán a este dispositivo como un elemento transmisor, para esta labor se debe tener en claro cuáles serán con un previo análisis de los requerimientos técnicos de la red.

En primer lugar, se empezará definiendo el PAN ID el cual es el identificador de la red en otras palabras es aquel que se establece para hacer referencia que dos dispositivos se encuentran operando bajo una misma red en el caso puntual en el que se desarrolla esta red será el 1009

Una vez ya configurado este punto se tiene que habilitar la verificación de canales con el fin de que no se cree algún tipo de error al momento del envío de los datos (Véase la figura 34).

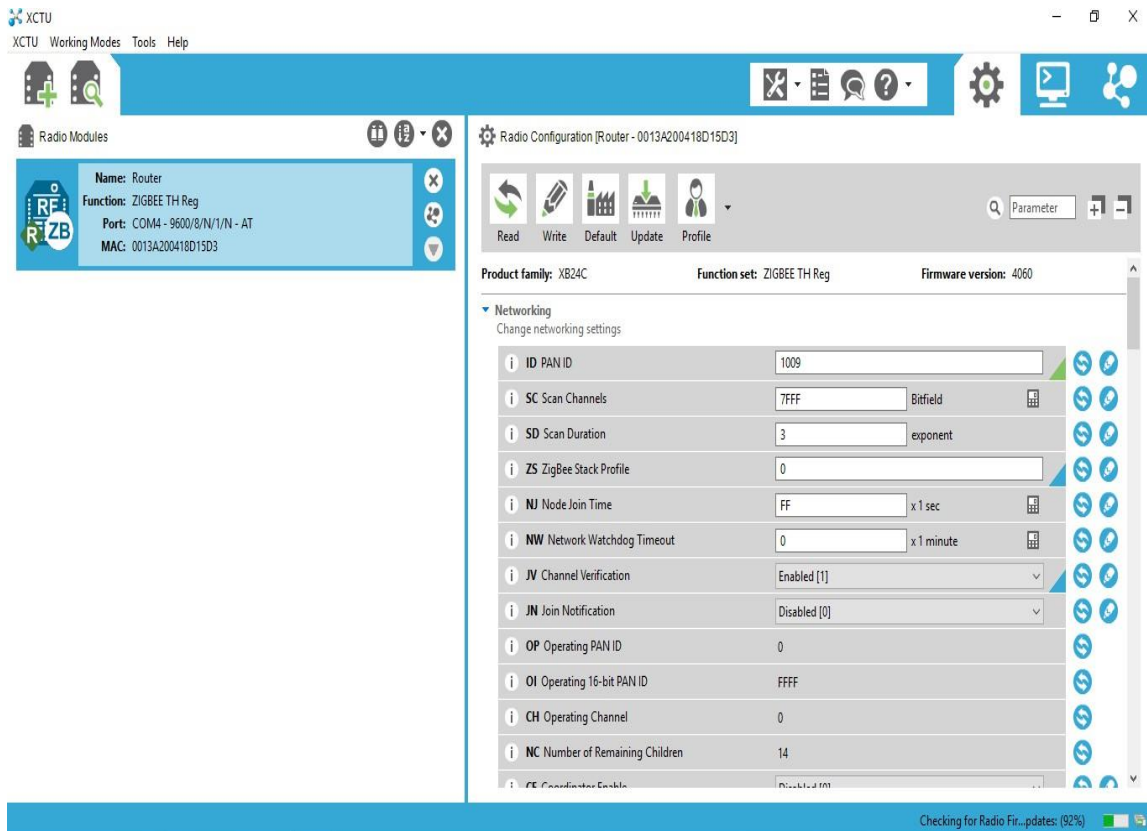


Figura 34. PAN ID de la estación de transmisión. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Una vez realizado estos pasos se debe definir cuál será el rol de este dispositivo dentro de la red ya que al ser el caso de este operara como un dispositivo final el cual enviará un dato digital hacia un dispositivo coordinador, por lo tanto, la pestaña de activación para que sea coordinador deberá quedar sin ser activada.

Es válido resaltar que el programa Digi permite observar cuando un campo ha sido modificado, debido a que automáticamente se creará una viñeta en su costado derecho de color verde esta estará indicando que se ha cambiado de estado este campo y de esta manera permite observar con mayor facilidad la configuración que se valla realizando sobre el módulo Xbee.

El campo SH Y SL vienen por defecto ya que estos son los dígitos que hacen mención a la identificación física que posee cada módulo individualmente como dispositivo resultando ser estos inalterables.

En el caso de querer realizarse un enlace punto a punto estos valores deberán ir configurados dentro de los campos DH Y DL de cada módulo respectivamente, no se ahondará en esta configuración debido a que no es el enlace que se implementara dentro del prototipo.

Acto seguido se debe proceder a establecer el nombre que tendrá el nodo y de esta manera a efectos visuales se facilite la configuración por parte del usuario, puntualmente en este proyecto se definirá para cada uno de los end devices como router, de esta manera este nombre servirá como el identificador grafico que hará referencia a su rol dentro de la red.

Otro campo a configurar será aquel que habilita el modo API este deberá ser establecido como modo transparente para que de esta forma la comunicación con el coordinador se establezca de una manera fluida y ordenada debido a que este enviara los datos captados por el sensor en forma de trama.

Se debe de configurar la entra D0 como una entrada digital ya que el dato importante a enviar será un dato digital, esto quiere decir que puede ser un 1 o un 0 como se explicara más adelante en el funcionamiento del prototipo. Una vez que se haya realizado la configuración de las entradas digitales a usar es de vital importancia que se modifique el tiempo de muestreo debido a que este es el que rige el orden de cuán rápido se toman los datos de la trama dentro de la comunicación.

La configuración se facilita gracias a que el software de configuración provee de una calculadora dado que el número que se requiere colocar en este campo debe estar en un formato hexadecimal, quedo definido que en este caso el tiempo de muestra será de 10 segundos o lo que es lo mismo 2710 en formato hexadecimal (Véase la figura 35).



Figura 35. Configuración del módulo Xbee de la estación de transmisión. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Ya realizado estos pasos se da por terminada la configuración con el software Digi y se continua con la liberación del módulo de una forma correcta para evitar algún fallo. Se procederá a ir detallando la programación implementada dentro de este elemento debido a que solo se ha abarcado la configuración del módulo Xbee S2C que operara como end device dentro de la red.

4.5 Programación de la tarjeta Arduino UNO presente en la estación de transmisión.

Para la programación de este elemento se debe de tener bien en claro que es lo que se desea lograr y que se esperar observar, esto debe definirse claramente debido a que, en función a los datos obtenidos a través de la entrevista, se evidencia que el operador de una cadena de producción debe de estar al tanto del estado presente de la temperatura a la que opera un motor trifásico,

Por ello se establece que en la pantalla LCD presente en la estación transmisora se deberá mostrar los grados centígrados que presenta en su interior el motor.

Al llegar a la temperatura límite de 70 grados centígrados se dará paso a la activación de una sirena que notifique la alerta del peligro latente de sobrecalentamiento térmico dentro del equipo evitando así que continúe esta situación ya descrita y en el peor de los casos funda el devanado interior del motor.

A su vez esta alerta será interpretada por el microcontrolador del Arduino Uno y la enviará a la estación de recepción a través del módulo Xbee presente en cada uno de los elementos, de esta manera la alerta podrá ser visible en la pantalla LCD de la estación de recepción donde se encuentra operando el módulo coordinador, con un claro aviso el cual será MOTOR X PELIGRO, y se procederá a la activación de una alarma de las mismas características ya mencionadas. Se entrará en detalles del funcionamiento de este elemento más adelante conforme se vaya avanzando dentro de este documento.

Ya definido claramente que es lo que se desea observar y notificar se procede a la programación del código.

Para la programación de este mismo debe entenderse a cabalidad la lógica de funcionamiento con la cual debe operar la estación de transmisión dado que si no se entiende esta es proclive a generarse inconsistencias dentro del código o aspectos que no se tomen en consideración al momento de programar

Se utilizará un diagrama de flujo como herramienta ya que es de gran ayuda al momento de empezar a programar el código, ya que estos presentan una idea de inicio que se va estructurando conforme las necesidades que se planteen.

Un ejemplo de cómo empezar el código sería la estructura lógica inicial que se debe manejar dentro del mismo el cual se podrá observar a través de la figura 36.

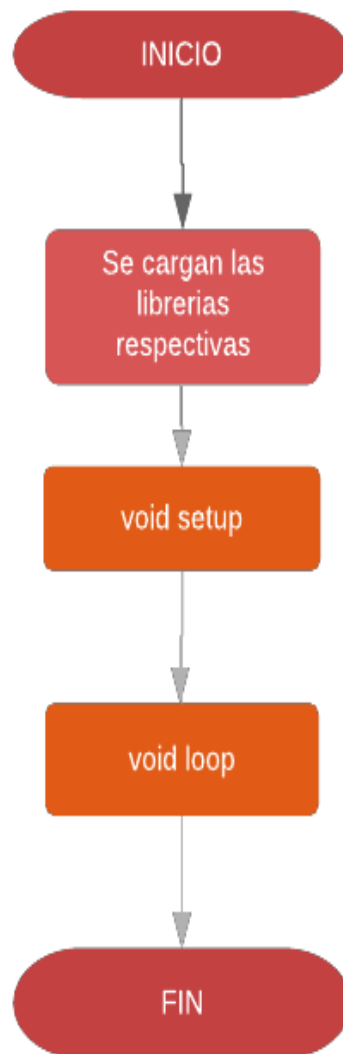


Figura 36. Diagrama de flujo para desarrollo del código general. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

En lo que comprende el inicio se debe de tener claro que se empieza con la idea a desarrollar la cual ya se tiene bien establecida porque de eso pende gran parte el desarrollo de este documento.

Acto seguido se declaran las librerías que permiten que este proceso se lleve a cabo para lo cual serán usadas las librerías que se presentan en la figura 37.

```
#include <SoftwareSerial.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <Wire.h>

#include <DallasTemperature.h>

#include <OneWire.h>
```

Figura 37. Declaración de librerías para el Arduino presente en la estación de transmisión. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Estas cumplirán una función definida ya que de no ser por ellas no se podría trabajar con los funciones necesarias e indispensables a implementar dentro del código propuesto.

Software serial permite que se establezca la comunicación serial entre la tarjeta Arduino UNO con el sensor de temperatura DS18B20 y a su vez con el módulo de radio Xbee S2C. LiquidCrystal_I2C faculta a la tarjeta Arduino el medio para poder transmitir datos de una manera visual a través de la pantalla LCD 16X2.

Wire esta librería permite a la tarjeta Arduino la comunicación con el módulo I2C presente en la pantalla LCD escogida ya que utiliza dentro del prototipo las dos líneas de transmisión involucradas que son SDA (datos serie) y SCL (reloj serie).

DallasTemperature, OneWire trabajan en conjunto y establecen el canal de recepción por el cual se realiza la toma de información provista por los sensores de temperatura y su interpretación presentes dentro de la estación.

Paso seguido se deben definir la variable que intervendrán a lo largo del código cada una de ellas teniendo su peso e importancia correspondiente, estas variables pueden ser de tipo entero, flotante e inclusive variables booleanas (Véase la figura 38).

```
int temperaturaB = 0;
const int pinDatosDQ = 9;
int Emergencia = 2;
float temperatura;
bool rele_activado = false;
int temperatura_limtite = 105;
```

Figura 38. Declaración de las variables para el Arduino presente en la estación de transmisión. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Luego de la declaración respectiva de las variables se debe definir la longitud de la pantalla LCD a usar dentro del prototipo, esto se realizará a través del siguiente comando que se observa en la figura 39.

```
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2);
```

Figura 39. Definición de la longitud de la pantalla LCD. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Una vez realizado este punto se debe declarar una instancia a las clases utilizadas como lo muestra la figura 40.

```
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);  
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
```

Figura 40. Instancia a las clases utilizadas de la estación de transmisión. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Esta última línea hace referencia a que se le está cediendo u otorgando la posición de memoria donde se encuentran almacenado los datos recolectados por los sensores de temperatura, esto se realiza para efectuar la operación de paso por referencia necesaria y de esta forma no exista ningún fallo dentro del código. Acto seguido se procede a definir cuál será la línea lógica que deberá seguir el void setup respectivo debido a que si no se estructura de la manera correcta las funciones que deberían setearse desde un inicio crearían conflicto a lo largo del código programado. (Véase la figura 41).

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  Wire.begin();  
  lcd.begin(16, 2);  
  lcd.clear();  
  lcd.backlight();  
  pinMode ( Emergencia, OUTPUT);  
  
  // Iniciamos el bus 1-Wire  
  sensorDS18B20.begin();  
}
```

Figura 41. Inicialización de las funciones necesarias en la estación de transmisión. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Ya cumpliendo con el inicio de las funciones primordiales que intervienen dentro del código se debe proceder a hilvanar el void loop el cual debe seguir una coherencia lógica ya que si no se estructura esta faceta del código de modo correcto no se lograra obtener los resultados deseados. Para ello se hará uso del siguiente diagrama de flujo presentado en la figura 42.

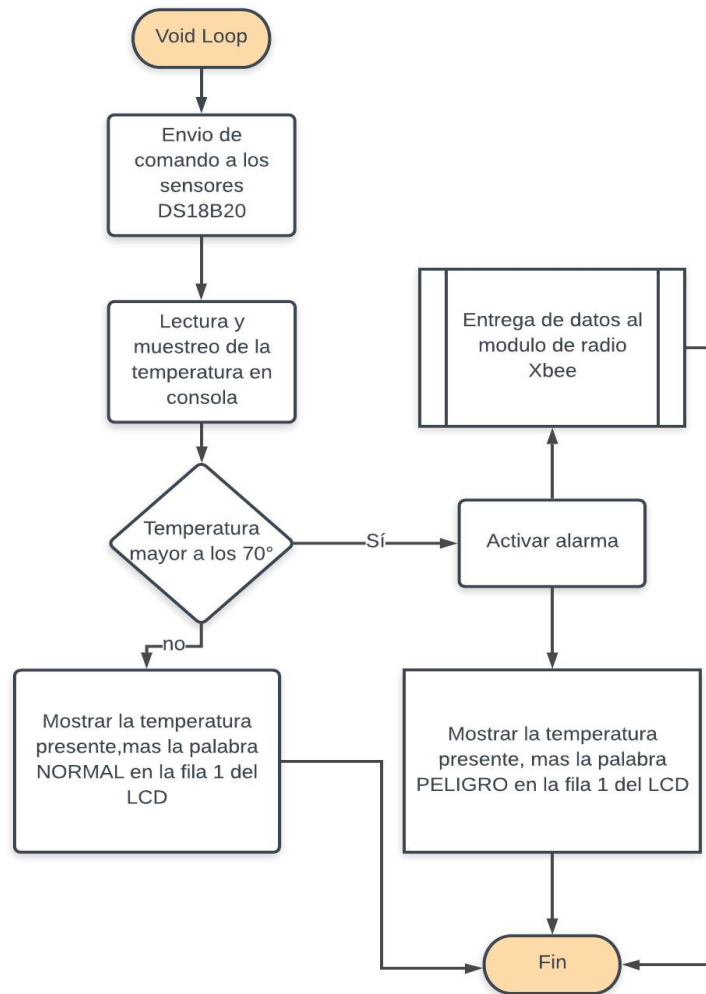


Figura 42. Diagrama de flujo para desarrollo del código de monitoreo y alerta. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Ya definido la estructura lógica a seguir dentro del void loop se procederá a la programación del código el cual se mostrará en el respectivo anexo número 2 contenido dentro de este documento.

4.6 Coordinador.

Este elemento será el que tenga la mayor carga de procesamiento debido a que tendrá como función la de interpretar los datos obtenidos de cada uno de los dispositivos finales.

Sin embargo, de la misma manera este contara con la capacidad de poder transmitir sobre toda la red un mensaje si así se desease.

La configuración física de este elemento es en su totalidad igual al del elemento de transmisión ya que es similar en hardware como se observa en la figura 43 y 44, lo único variante será su programación que como ya se especificó tendrá que atender otros requerimientos.

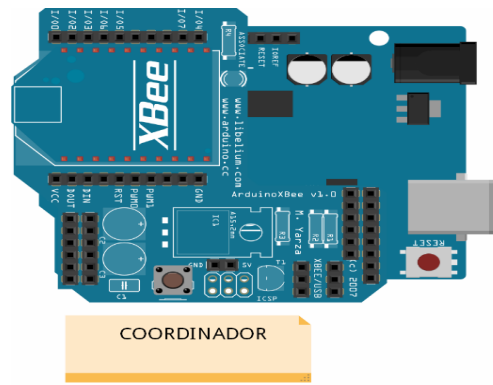


Figura 43. Receptor de la estación de recepción. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

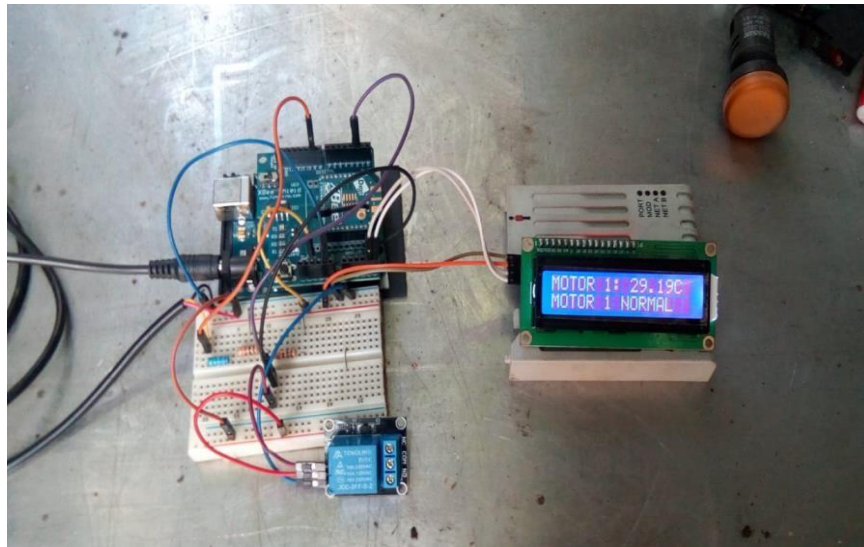


Figura 44. Estación de recepción. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

El coordinador de la misma manera cuenta con un dispositivo de radio Xbee S2C que tiene como tarea la recepción de los datos enviados por los dispositivos finales, pero en este proyecto en específico se define que la tarjeta Arduino implementada también interpreta los datos recibidos de un sensor de temperatura conectado directamente a ella ya que además de ser coordinador también tendrá a cargo el monitoreo y alerta de un motor presente en la cadena de producción. Este proceso no entorpece las tareas que tendrá este elemento en la red.

Cada uno de los dispositivos de radio Xbee deben ser configurados con el software creado por la empresa Digi, si se llegase a prescindir de esta herramienta pueden ser programados mediante otros métodos que no se mencionan dentro de este documento por motivo de no ser el tema de interés a tratar.

Una vez definido el rol que debe ocupar este elemento dentro de la red se procede a realizar los mismos pasos de apertura del software realizados en la estación de transmisión.

Se empezará definiendo el PAN ID el cual será el 1009 ya que los end devices operan bajo este mismo identificador de red y si no se define el mismo no se podrá establecer la comunicación inalámbrica bajo ningún medio.

Una vez ya configurado este punto se tiene que habilitar la verificación de canales con el fin de que no se cree algún tipo de error al momento del envío de los datos, y de la misma manera el Join Notification (unión de notificaciones).

Una vez realizado aquello se debe definir cuál será el rol de este dispositivo dentro de la red como se muestra en la figura 45, en este caso será la estación de recepción de datos, por lo tanto, la pestaña de activación para que este asuma un rol de coordinador deberá ser activada.



Figura 45. Declaración de rol del receptor presente en la estación de recepción. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Acto seguido se debe proceder a establecer el nombre que tendrá el nodo y de esta manera a efectos visuales se facilite la configuración, puntualmente en este proyecto se definirá al módulo de la estación de recepción como coordinador, de esta manera este nombre servirá como el identificador gráfico que hará referencia a su rol dentro de la red.

Otro campo a configurar será aquel que habilita el modo API este deberá ser activado para que se establezca la comunicación con cada una de las estaciones de transmisión debido a que se receptaran los datos en forma de trama (Véase la figura 46).

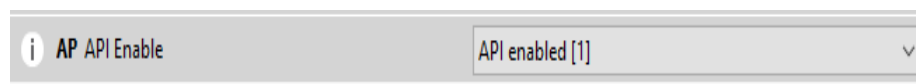


Figura 46. Habitación del modo API del receptor presente en la estación de recepción. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Ya realizado estos pasos se da por terminada la configuración con el software Digi y se continua con la liberación del módulo de una forma correcta para evitar algún fallo.

Se procederá a ir detallando la programación implementada dentro de este elemento debido a que solo se ha abarcado la configuración del módulo Xbee S2C.

4.7 Programación de la tarjeta Arduino UNO presente en la estación de transmisión.

Para la programación de este elemento se debe de tener bien en claro que es lo que se desea lograr, esto debe definirse debido a que, la pantalla LCD presente en la estación de recepción deberá mostrar los grados centígrados a los que se encuentra sometido el motor

que tenga que monitorear más los datos recibidos de cada una de las estaciones de transmisión.

Al llegar a la temperatura límite de 70 grados centígrados se dará paso a la activación de una sirena que notifique la alerta del peligro latente de sobrecalentamiento térmico dentro del motor trifásico.

Se procederá al muestro de la temperatura con el fin de monitorear esta magnitud en tiempo real mediante la pantalla LCD de la estación de recepción donde se encuentra operando el módulo coordinador.

Si se llegase a recibir un estado alto proveniente de una de las estaciones de transmisión se dará paso a un claro aviso a través de la pantalla, el cual será: ¡MOTOR X PELIGRO!

Este mensaje hará una alusión directa del motor que está transmitiendo esta información a través de su estación de transmisión, y se procederá a la activación de una alarma mediante un relé que se incorpora dentro de este elemento.

A su vez por el caso contrario si se recibe un estado bajo se mostrará el siguiente mensaje: MOTOR X NORMAL

De esta manera se realiza un monitoreo exhaustivo y una pronta notificación en caso de que se llegase a necesitar cesar las operaciones del equipo.

Ya definido claramente que es lo que se desea observar y notificar se procede a la programación del código.

Para la programación de este mismo debe entenderse a cabalidad la lógica de funcionamiento con la cual debe operar la estación de recepción ya que su código es mucho más complejo y elaborado que el de las estaciones de transmisión.

En la etapa del void setup comparte la misma instancia y enunciación de variables salvo ciertas excepciones que se señalaran dentro del anexo número 3 respectivos, sin embargo, no se considera necesario mostrar este campo debido a que no aporta con alguna modificación de gran peso dentro de este capítulo.

En consecuencia, a ello se torna necesario establecer un orden al cual respetar y regirse al momento de procesar los datos que se toman de forma local a los datos que se captan de manera inalámbrica debido a que si no se sigue aquello se puede entorpecer todo el arreglo autónomo que ofrece el prototipo.

Una vez ya definido todos estos aspectos y campos se empezará con la estructura del código, pero antes que nada se debe realizar el diagrama de flujo que servirá como guía al momento de establecer el orden ya mencionado y de esta forma hilvanar una estructura lógica y coherente (Véase la figura 47).

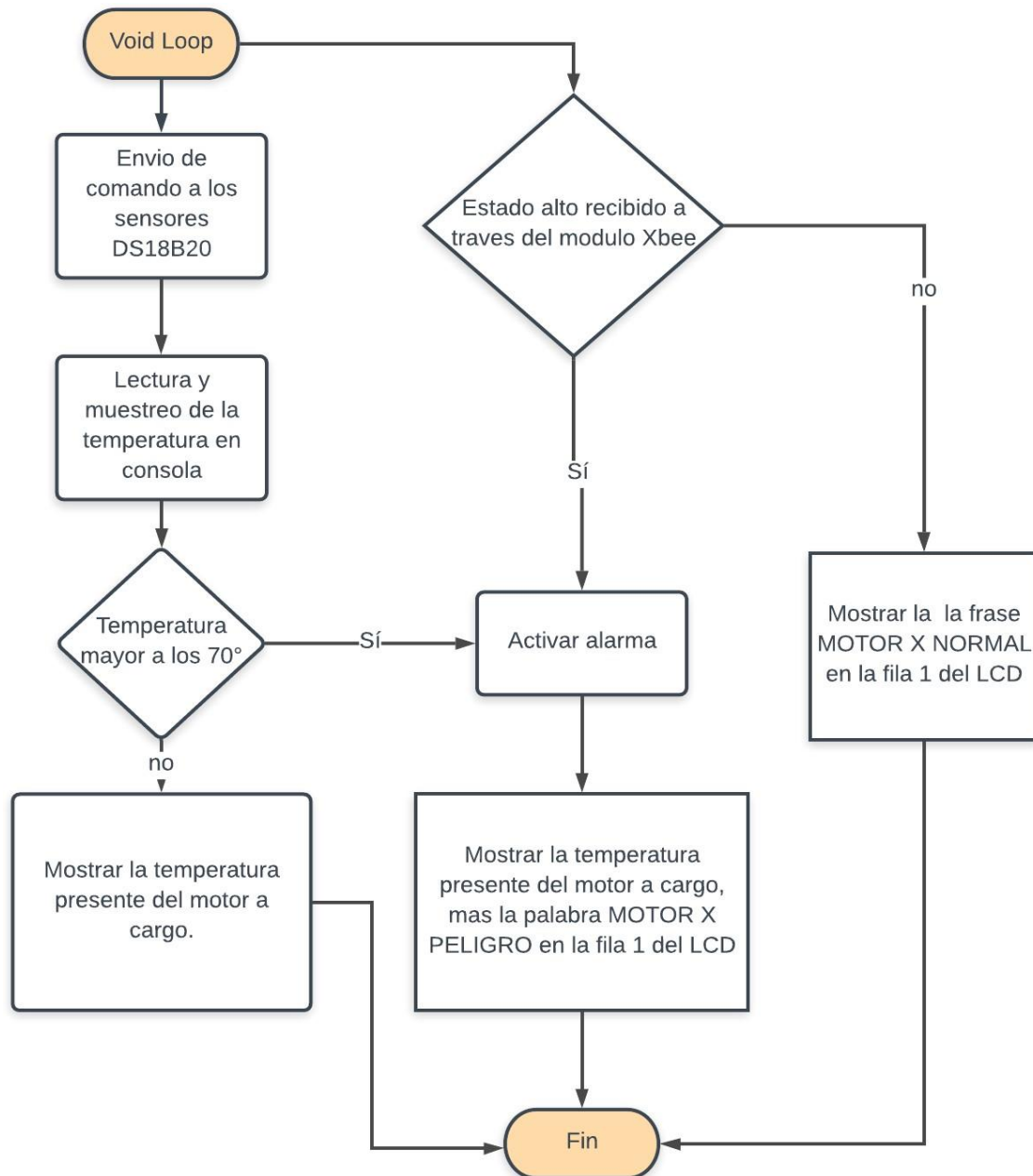


Figura 47. Diagrama de flujo para el desarrollo del código de la estación de Recepción. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Gracias al diagrama de flujo realizado se puede observar cual será el orden lógico a seguir y que proceso tendrá prioridad dentro del procesador, de igual forma se visualiza que se tienen dos procesos que estarán siendo analizados de forma paralela de allí se deduce que el orden establecido debe ser inquebrantable para que así se realicen las operaciones de una manera correcta y eficiente.

La programación pertinente de la estación de recepción se podrá observar en el anexo numero 4 respectivamente, de esta manera se busca no distraer la atención del objetivo principal el cual es el diseño de la red propuesto.

4.8 Medio.

Al ser una tecnología inalámbrica se debe establecer que el medio por el cual se usará de pasarela para el envío de los datos será el espacio, por lo tanto, estos al viajar se transmitirán en forma de ondas de radio para de esta forma llegar al coordinador.

En consecuencia, esta tecnología deberá ser capaz de transmitir la información deseada a través de obstáculos tales como los que suele existir dentro de una industria, por ejemplo: paredes, maquinaria, columnas. Etc.

Por lo tanto, es necesario definir cuál será el deseado y el correcto, ya que se expresa que cada dispositivo de radio posee un alcance de 90m en lugares cerrados y 3400m en lugares abiertos, en consecuencia, a este enunciado se observa que la integración de esta tecnología es la indicada ya que lograra superar todos los obstáculos propuestos dentro de un determinado perímetro.

Este diseño de red al ser en su totalidad compuesta por módulos de radio necesita imperativamente realizar sus funciones a través del protocolo IEEE 802.15.4, dado que este es el que reporta mayor eficiencia al momento de entrar en operación, dentro del capítulo 2 se realizó un análisis de cómo funciona y el modo de operar que tiene esta tecnología, sin embargo, se presenta la oportunidad de observar de manera práctica el funcionamiento de este. En el campo dentro del cual se registrarán los resultados de operación de la red abarcados dentro de este documento se podrá analizar si cumple con lo esperado o si por el contrario representa una pérdida continua del enlace creado y se observará su coexistencia en modo real con las demás redes que están en constante operación dentro de un ambiente industrial sea por el caso: bluetooth y WIFI.

Sin embargo, se tiene la plena seguridad de que al escoger este tipo de redes se creará una comunicación inalámbrica la cual sin duda reporta grandes beneficios al momento de su implementación, al tratarse de una red de sensores que prescinde de cables se puede afirmar con seguridad que es lo más idóneo debido al ambiente donde será adoptado, dado a que el lugar de su implementación tiene una gran afluencia de personas que podrían tropezarse con un arreglo alámbrico.

4.9 Resultados.

En consecuencia, a las pruebas realizadas se constata que el prototipo realizado con el fin de monitorear la temperatura presente dentro de un motor trifásico cumple debidamente con su función designada. A continuación, se observará el funcionamiento de este al momento de realizar las respectivas pruebas

4.9.1 Pruebas respectivas del enlace creado.

Prueba 1 del enlace establecido.

Tabla 6. *Primera prueba del enlace creado.*

Prueba 1	Obstáculos	Distancia del Transmisor al Receptor	Calidad
Satisfactoria	0	0.50m	Excelente

Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian



Figura 48. *Prueba 1 del enlace establecido. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.*

En la primera prueba como se observa en la figura 48 se verifica que el enlace desplegado cumple satisfactoriamente con el nivel de calidad deseado, esto se debe en gran parte debido a que los obstáculos que tenía que atravesar la señal enviada por la estación de transmisión son nulos, por lo tanto, se creó un enlace 100% efectivo.

A su vez se logra observar que al momento de que el sensor de temperatura empleado en la estación de recepción logra captar un sobrecalentamiento térmico inducido, automáticamente envía este estímulo a la estación de recepción y se presenta el mensaje de MOTOR 1 PELIGRO en la respectiva pantalla LCD en la fila número uno.

En consecuencia, se activa la alarma designada para este evento de alerta, anunciando de una manera sonora que existe un sobrecalentamiento térmico presente dentro del motor del cual se está recibiendo esta señal.

Prueba 2 del enlace establecido.**Tabla 7.** Segunda prueba del enlace creado.

Prueba 2	Obstáculos	Distancia del Transmisor al Receptor	Calidad
Satisfactoria	1	3m	Muy buena

Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.



Figura 49. Prueba 2 del enlace establecido. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

En la segunda prueba realizada se logra observar que el enlace creado sigue manteniendo su característica tanto de fiabilidad y calidad. De la misma forma al momento de la señal enviada por la estación de transmisión atraviesa el primer obstáculo el cual es una pared de concreto no representa gran dificultad para esta (Véase la figura 49).

El enlace cumple con el desempeño esperado, dentro del lugar donde se implementa el prototipo el cual es una industria, regularmente estas no tienen demasiadas paredes de concreto debido a que se necesita despejar el espacio para así aumentar la producción y la eficiencia, por lo tanto, este es el ambiente en el cual operara el prototipo.

De la misma forma se indujo un sobrecalentamiento al sensor de la estación de transmisión para verificar así su funcionamiento y respondió de la manera programada, la cual es activar la alarma y mostrar el mensaje de peligro en la pantalla LCD que se encuentra en la estación de recepción.

Prueba 3 del enlace establecido.**Tabla 8.** Tercera prueba del enlace creado.

Prueba 3	Obstáculos	Distancia del Transmisor al Receptor	Calidad
Satisfactoria	4	30m	Muy buena

Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.



Figura 50. Prueba 3 del enlace establecido. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Al realizar la tercera prueba sigue teniendo el mismo desempeño que se evidencio en la prueba 1 y 2 por lo tanto se puede dar por sentado que el desempeño será el correcto dentro del ambiente en el cual se implementará el prototipo (Véase la figura 50).

Prueba 4 del enlace establecido.**Tabla 9.** Cuarta prueba del enlace creado.

Prueba 4	Obstáculos	Distancia del Transmisor al Receptor	Calidad
Satisfactoria	7	50m	Media

Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.



Figura 51. Prueba 4 del enlace establecido. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Dentro de esta prueba se empieza a evidenciar los límites en los cuales operará el enlace, ya que si se empiezan a presentar más obstáculos que estén entre la unidad de recepción y la estación de transmisión comenzarán a presentarse problemas dentro del enlace, estos mismos poseerán una característica puntual la cual es que existirá una pérdida de estados altos estos mismos serán necesarios para realizar el monitoreo y alerta acerca de la temperatura presente dentro de un motor trifásico (Véase la figura 51).

Sin embargo, la distancia no es el inconveniente que dificulte el envío de datos a través del enlace ya que, si la misma prueba se realiza sin obstáculos, pero con la misma distancia el enlace creado se comporta de la manera correcta y programada.

Prueba 5 del enlace establecido.

Tabla 10. Quinta prueba de enlace creado.

Prueba 5	Obstáculos	Distancia del Transmisor al Receptor	Calidad
Satisfactoria	7	100m	Deficiente%

Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.



Figura 52. Prueba 5 del enlace establecido. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Dentro de esta prueba se pierde completamente el enlace debido a que la distancia en la cual se desea establecer sobrepasa los límites de operación de los módulos de radio Xbee, ya que estos en una distancia mayor a los 90m pierden la comunicación esto se evidencia acorde a lo mencionado con anterioridad dentro de este documento debido a que estos dispositivos dentro de un entorno que presente obstáculos no pueden operar a una distancia mayor a la ya mencionada (Véase la figura 52).

Si se desea operar dentro de un entorno de estas características será necesario realizar todo el despliegue de la red ya diseñada, debido a que se necesita un número mayor de dispositivos en los cuales se realicen los requerimientos de monitoreo y alerta de las demás estaciones de transmisión.

Un aspecto que debe ser mencionada es que en cada una de las pruebas la estación de transmisión tarda aproximadamente unos 6 segundos en estabilizarse y mostrar la temperatura que es captada directamente por su sensor de temperatura esto también incluye el mensaje de estado que se recibe de la estación de transmisión respectivamente.



Figura 53. Tiempo de retardo al encender la Estación de recepción. Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Una vez superado este umbral de tiempo, el prototipo opera con total normalidad y el enlace creado comienza a realizar sus funciones respectivamente con un alto grado de eficiencia según sea la situación en la cual esté operando y de esta manera alcanzar el funcionamiento deseado. (Véase la figura 53).

De igual forma si se supera el límite de 125 grados que puede captar el sensor de temperatura automáticamente este dejara de operar para mostrar una lectura errónea o falsa de esta magnitud.

4.10 Comprobación de la hipótesis

El sobrecalentamiento térmico que se presenta en los motores trifásicos usados en el área industrial fue alertado con total efectividad gracias a la alarma presente en la estación de recepción debido a que, a través del monitoreo realizado por el prototipo que se implementó se logró llevar una observación estricta de la temperatura circundante en la carcasa del equipo.

4.11 Conclusiones.

Se logró aprender de una manera exhaustiva el modo de operación de la tecnología Zigbee y los módulos de radio que funcionan bajo el protocolo IEEE 802.15.4 y a su vez se estudió el funcionamiento y entorno de operación dentro del cual las redes inalámbricas MAN realizan su despliegue en el cual se observó que es el tipo de tecnología indicada para la intercomunicación entre dos establecimientos de una misma organización de una manera remota.

Se pudo establecer un criterio sólido a través de la investigación y los métodos utilizados para la captura de información en función a los requerimientos de operación para el funcionamiento correcto de los motores industriales y se concluyó que el número necesario de motores trifásicos utilizados en una cadena de producción dentro de una industria es totalmente variable y oscila dependientemente de la necesidad presentada.

Se concluye que el microcontrolador que integra el Arduino Uno presente dentro de este prototipo, realiza sus funciones dentro de un margen de operación crítico el cual se encuentra cerca del límite de procesamiento de este mismo, de la misma forma se realizó el diseño de la red inalámbrica de sensores con el propósito de monitorear la temperatura presente en los motores trifásicos industriales con éxito, sin embargo es de tener muy en cuenta que los sensores DS18B20 tienen un umbral específico de operación el cual debe ser considerado al momento de su implementación.

Se implemento el prototipo de monitoreo de temperatura de motores industriales a través de módulos Xbee S2C con un alto de grado de efectividad dentro del ambiente en el cual operan este tipo de equipos y se concluyó en función a las 5 pruebas realizadas, que el alcance de operación el cual despliegan los módulos de radio Xbee S2C es el indicado siempre y cuando se integre el numero correcto de estaciones de transmisión dentro de la industria en la cual se realice su instalación, dado a que si se supera la distancia limite ocurrirá una pérdida parcial o completa del enlace creado.

4.12 Recomendaciones.

Para futuras implementaciones de esta misma índole tecnológica se utilice un microcontrolador de mayor procesamiento debido a que este mismo operara con muchos procesos en paralelo.

Este prototipo fue diseñado para suplir la necesidad de monitorear y alertar un posible sobrecalentamiento térmico presente en un motor eléctrico trifásico, sin embargo, este mismo puede utilizarse para medir cualquier otro estímulo dentro de una industria realizando las respectivas modificaciones dentro de sus componentes.

Al realizar este tipo de proyectos se deben de contar con los debidos conocimientos que faciliten esta labor tales como programación y diseño de redes de comunicación.

Definir claramente el tiempo de muestreo en el que se realizaran la toma de datos proveniente del coordinador ya que esto dependerá enteramente de la necesidad que presente la red inalámbrica de sensores a desplegar.

Establecer con antelación el número de obstáculos que deberá superar la red inalámbrica de sensores.

ANEXOS

Anexo 1**Artículos De la Constitución del Ecuador**

Art. 261.- El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre:

- 1) La defensa nacional, protección interna y orden público.
- 2) Las relaciones internacionales.
- 3) El registro de personas, nacionalización de extranjeros y control migratorio.
- 4) La planificación nacional.
- 5) Las políticas económica, tributaria, aduanera, arancelaria; fiscal y monetaria; comercio exterior y endeudamiento.
- 6) Las políticas de educación, salud, seguridad social, vivienda.
- 7) Las áreas naturales protegidas y los recursos naturales.
- 8) El manejo de desastres naturales.
- 9) Las que le corresponda aplicar como resultado de tratados internacionales.
- 10) El espectro radioeléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones; puertos y aeropuertos.
- 11) Los recursos energéticos; minerales, hidrocarburos, hídricos, biodiversidad y recursos forestales.
- 12) El control y administración de las empresas públicas nacionales.

Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

Art. 16.- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a: 1. Una comunicación libre, intercultural, incluyente, diversa y participativa, en todos los ámbitos de la interacción social, por cualquier medio y forma, en su propia lengua y con sus propios símbolos. 2. El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación. 3. La

creación de medios de comunicación social, y al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas. 4. El acceso y uso de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad. 5. Integrar los espacios de participación previstos en la Constitución en el campo de la comunicación.

Anexo 2**Programación de la estación de transmisión (END DEVICE)**

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>

int temperaturaB = 0;
const int pinDatosDQ = 9;
int Emergencia = 2;
float temperatura;
bool rele_activado = false;
int temperatura_limite = 105;
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16,2);

// Instancia a las clases OneWire y DallasTemperature
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  lcd.begin(16,2);
  lcd.clear();
  lcd.backlight();
  pinMode (Emergencia, OUTPUT);

  // Iniciamos el bus 1-Wire
  sensorDS18B20.begin();
}

void loop()
{
```

```

// Mandamos comandos para toma de temperatura a los sensores
Serial.println("Mandando comandos a los sensores");
sensorDS18B20.requestTemperatures();

// Leemos y mostramos los datos de los sensores DS18B20
Serial.print("Temperatura MOTOR 1: ");
temperatura = sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(0));
Serial.println(" C");
delay (1000);

//Alarma para el motor 1
if (temperatura > temperatura_limite) {
  digitalWrite(Emergencia,HIGH);
  rele_activado = true;
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("MOTOR 1 PELIGRO! ");
  Serial.println("ALARMA ACTIVA =" + String (temperatura));
}
else {
  digitalWrite(Emergencia,LOW);
  rele_activado = false;
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("MOTOR 1 NORMAL ");
  Serial.println("normal"+ String (temperatura));
}

// Código para la pantalla LCD
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("MOTOR 1: " + String(sensorDS18B20.getTempCByIndex(0)));
lcd.println("C ");
delay (1000);
}

```

Anexo 3**Programación de la estación de Recepción (Coordinador)**

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>
const int pinDatosDQ = 9;
int Ts1=0;
float temperatura;
int Emergencia = 2;
bool rele_activado = false;
int temperatura_limtite = 105;
int SOBRECALENTAMIENTO = 4;
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16,2);
// Instancia a las clases OneWire y DallasTemperature
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);

void setup ()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  lcd.begin(16,2);
  lcd.clear();
  lcd.backlight();
  pinMode (Emergencia, OUTPUT);
  pinMode (SOBRECALENTAMIENTO, OUTPUT);

  // Iniciamos el bus 1-Wire
  sensorDS18B20.begin();
}

void loop()
{
```

```

//Recepcion de datos del nodo remoto
if (Serial.available() >=21) {
  if (Serial.read() == 0x7E) {

    //Saltos de los bytes que no son importantes.
    for (int i =0; i<19; i++) {
      byte skip = Serial.read();
    }
    Ts1 = Serial.read();
    Serial.print("Motor: ");
    if(Ts1 == 0 ){
      digitalWrite(SOBRECALENTAMIENTO, LOW);
      Serial.println(" Temperatura en el motor 1 menor a los 32° ");
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("MOTOR 1 NORMAL ");
    } else if (Ts1 == 1)
    {

      //Alarma de alerta enviada de la estacion de transmisión
      digitalWrite(SOBRECALENTAMIENTO, HIGH);
      Serial.println(" Temperatura en el motor 1 mayor a los 32° " " PELIGRO DE
      SOBRECALENTAMIENTO ");
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("MOTOR 1 PELIGRO!");
    }
    delay (2000);

    // Mandamos comandos para toma de la temperatura a los sensores
    sensorDS18B20.requestTemperatures();
    // Leemos y mostramos los datos de los sensores DS18B20
    Serial.print("Temperatura motor 2: ");
    temperatura = sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
    Serial.print(temperatura );
    Serial.println(" C");
  }
}

```

```

delay(500);

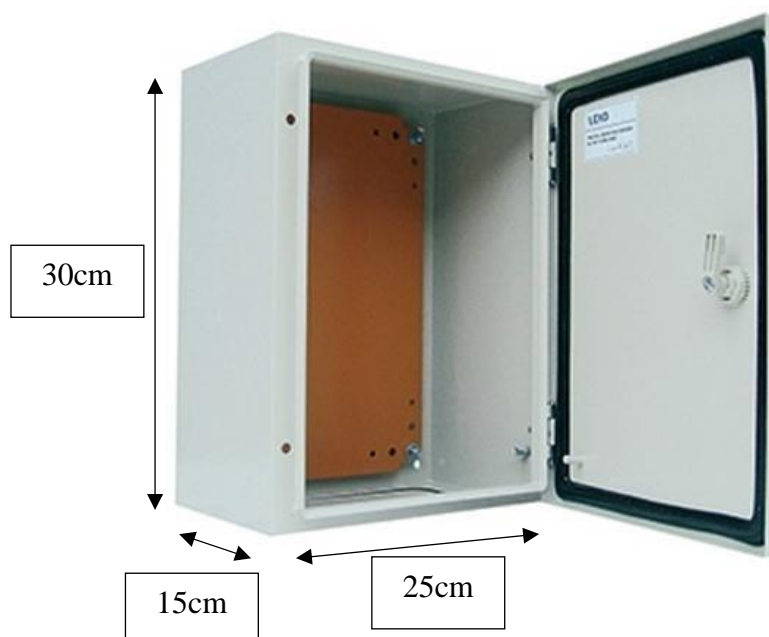
//Alarma para el motor 2
{
  if ( temperatura > temperatura_limite ){
    digitalWrite(Emergencia,HIGH);
    rele_activado = true;
    Serial.println("ALARMA ACTIVA =" + String (temperatura));
    delay(500);
  }
  else{
    digitalWrite(Emergencia,LOW);
    rele_activado = false;
    Serial.println(" Temperatura Normal sin riesgo aparente "+ String (temperatura));
    delay(500);
  }
}

{
  // Código para la pantalla LCD
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("MOTOR 2:"+String (temperatura));
  lcd.println(" C
");
}
}

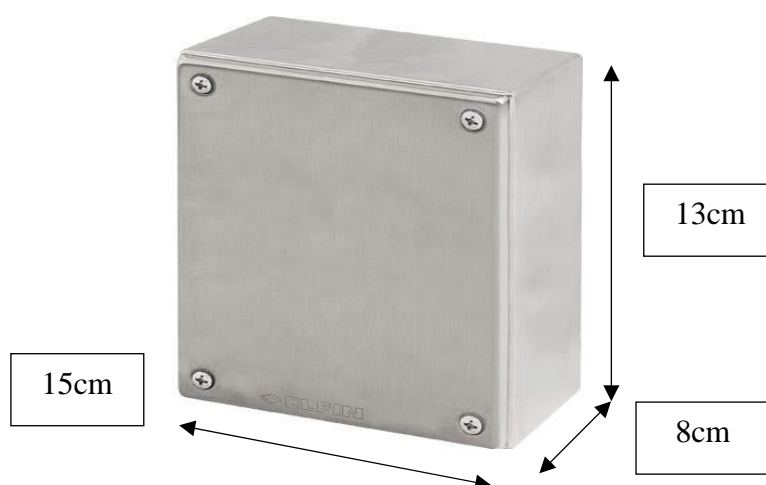
```


Anexo 4

Medidas físicas de la caja contenedora de la estación de recepción y transmisión



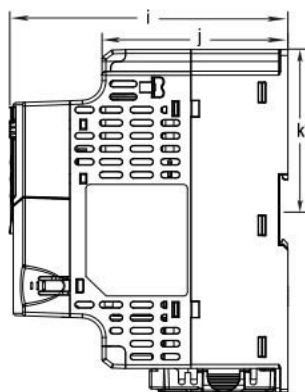
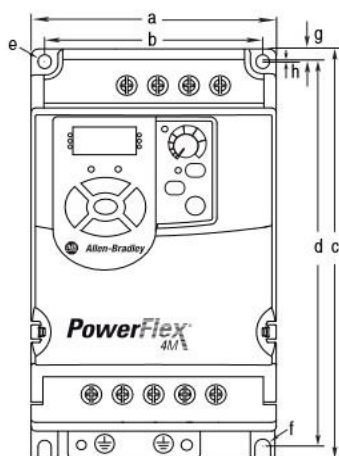
Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.



Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Anexo 5

Características físicas del variador usado para la implementación del arrancador del motor trifásico. (Powerflex 4M)



Note:
DIN rail mounting is not applicable to Frame C.

Frame	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	Shipping Weight
A	72.0 (2.83)	59.0 (2.32)	174.0 (6.85)	151.6 (5.97)	Ø 5.4 (0.21)	Ø 5.4 (0.21)	5.2 (0.20)	—	136.0 (5.35)	90.9 (3.58)	81.3 (3.20)	1.6 (3.5)
B	100 (3.94)	89.0 (3.50)	174.0 (6.85)	163.5 (6.44)	Ø 5.4 (0.21)	Ø 5.4 (0.21)	5.2 (0.20)	0.5 (0.02)	136.0 (5.35)	90.9 (3.58)	81.3 (3.20)	2.1 (4.6)
C	130.0 (5.12)	116.0 (4.57)	260.0 (10.24)	247.5 (9.74)	Ø 5.5 (0.22)	Ø 5.5 (0.22)	6.0 (0.24)	1.0 (0.04)	180.0 (7.09)	128.7 (5.07)	—	4.8 (10.6)

Información obtenida de la investigación directa. Información tomada de Powerflex. Elaborado por el autor

Anexo 6

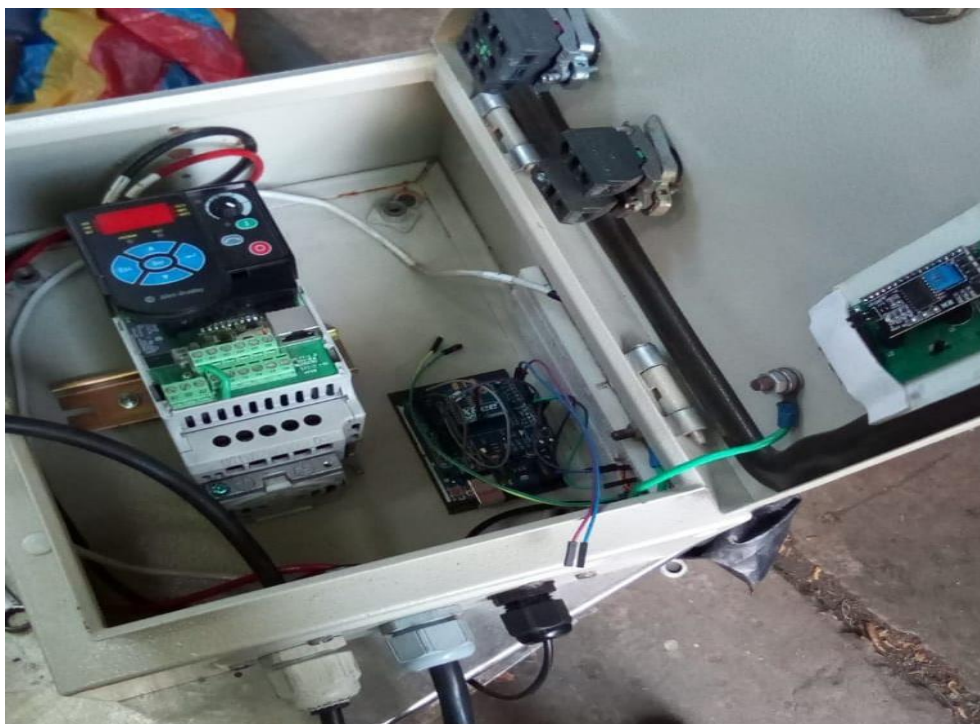
Vista general e interna de las respectivas estaciones



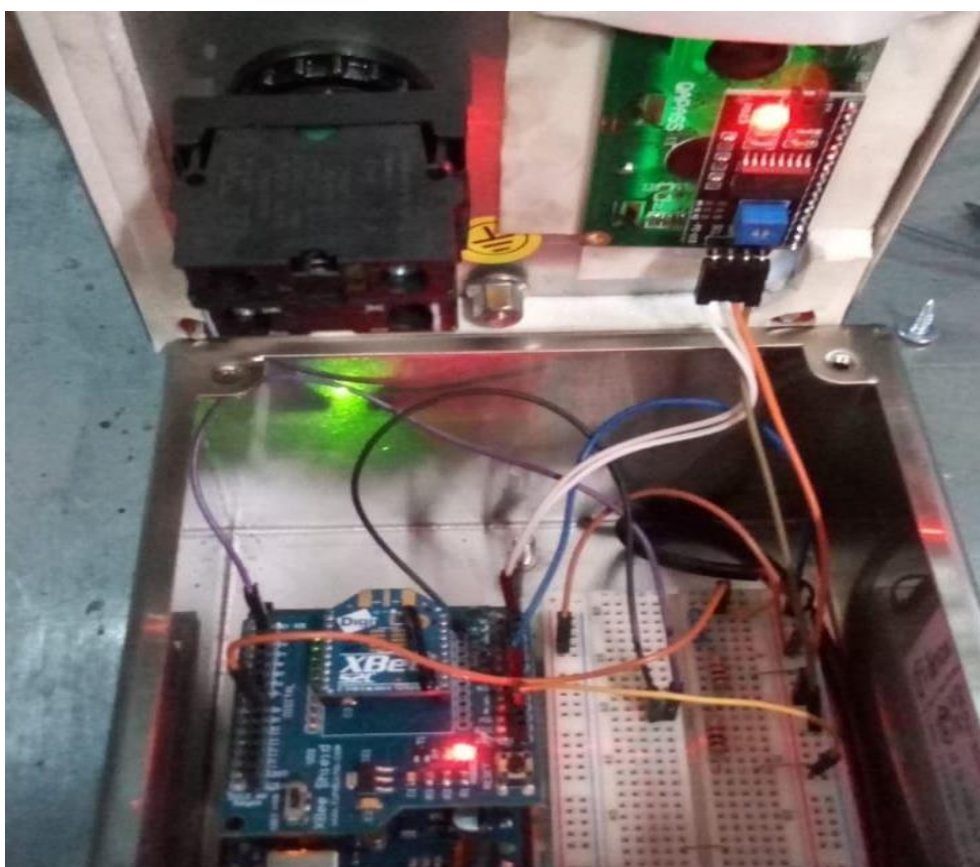
Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.



Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.



Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.



Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Anexo 7

Vista de la cadena de producción donde se realizó la implementación



Información obtenida de la investigación directa. Elaborado por Arreaga Villavicencio Christian.

Bibliografía

- Cachón Guillén, V. (05 de febrero de 2013). Artículo de Scielo. Las analogías en la formulación de la teoría electromagnética de la luz de Maxwell: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-879X2013000200001&script=sci_arttext&tlng=pt. (pág. 4)
- Cama, A., & Piñeres, G. (14 de Marzo de 2016). Artículo de Scielo. Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización. *Ingeniare*, 581-599. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v24n4/art05.pdf>. (pág. 3)
- Cuji Coque, D., & Pazmiño Moreno, D. (Julio de 2015). Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Tesis DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED WSN: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/10067/1/T-ESPEL-ENI-0347.pdf>. (pág. 38)
- Erazo, J., & Hervas, C. (20 de Octubre de 2014). Repositorio de la Universidad de Cuenca Tesis. *Sistema de detección de incendios forestales mediante redes sensoriales*. dspace: http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21330/1/MATCH%2714_01_Erazo%20%26%20Hervas.pdf. (pág. 32)
- Espada Moya, S. (Febrero de 2015). Repositorio de la *Universidad Carlos Tercero de Madrid*. Tesis Motores Eléctricos eficientes para el sector industrial: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23075/TFG_%20Sergio_Espada_Moya_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. (pág. 25)
- Espinosa, J., & Merino, X. (4 de Agosto de 2018). Repositorio de *Universidad Politecnica del Litoral*. Tesis. DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS CON TECNOLOGÍA ZIGBEE PARA MONITOREO DE MINAS ARTESANALES SUBTERRÁNEAS EN ECUADOR <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/44825/D-CD106508.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. (pág. 19)
- Gabàs Masip, J. (06 de Marzo de 2015). Revista Arbor. Maxwell: la teoría electromagnética de la luz: <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/2068/2629>
- García Álvarez, J. (2015). Sitio Web *ASÍ FUNCIONA EL MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA O CONTINUA*. <http://www.asifunciona.com>: http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_motor_cd/af_motor_cd_1.htm

- Gáscon, D. (abril de 2010). Sitio web *Tecnología y Sociedad*. Redes de sensores inalámbricas, la tecnología invisible: <http://www.libelium.com/libelium-downloads/libelium-bit-coit.pdf>
- INEC. (2016). Sitio Web Ecuador en Cifras. EMPRESAS EN EL ECUADOR: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias-INEC/2018/Estructural_Empresarial.pdf
- Jiménez, J., & Acero, A. (2013). Sitio web. Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de alertas tempranas en minas subterráneas: una solución a la problemática de atmósferas explosivas en la minería de carbón en Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*. <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewArticle/4726>
- Mariño Freire, N. (Enero de 2015). Repositorio de la *Universidad Técnica de Ambato*. Tesis Construcción de un prototipo para prácticas de propagación de ondas electromagnéticas: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8598>. (pág. 13).
- NEMA. (2016). Sitio Web *NEMA MG 1-2016*. <https://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/NEMA%20MG%201-2016%20CONTENTS%20and%20FOREWORD.pdf>
- Palacio Rangel, J. (Julio de 2017). Repositorio de la *Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá*. Tesis La relación luz, electricidad, magnetismo y la perspectiva de campos: <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/9921>. (pág. 28)
- Pérez Campo, C. (3 de Julio de 2018). Repositorio Universidad Nacional de Colombia. Tesis Enseñanza de la ley de inducción de Faraday con experimentos sencillos, materiales de bajo costo y de fácil consecución: <http://www.bdigital.unal.edu.co/64741/>. (pág. 15)
- Reina, F., & Juan, R. (2017). Repositorio del *Institute for Human and Machine Cognition*. Tesis. Redes de Area Local: https://skat.ihmc.us/rid=1286294655406_300154635_46831/Ejercicio%20para%20redes.pdf. (pág. 28)