



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA**

TEMA:

**Estudio de la calidad de energía en fábrica de bloques y adoquines**

AUTOR:

**Cedeño Figueroa, Nicacio Sebastián**

Componente práctico del examen complejo previo a la  
obtención del grado de Ingeniero en Eléctrico-Mecánica

REVISOR:

**Ing. Pacheco Bohórquez Héctor Ignacio, M.Sc.**

Guayaquil, 19 de septiembre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

### CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente componente práctico del examen complejo, fue realizado en su totalidad por **Cedeño Figueroa Nicacio Sebastián**, como requerimiento para la obtención de Título de **Ingeniero en Eléctrico-Mecánica**.

REVISOR

---

**ING. PACHECO BOHÓRQUEZ HÉCTOR IGNACIO, M.Sc.**

DIRECTOR DE LA CARRERA

---

**ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.**

Guayaquil, 19 de septiembre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Cedeño Figueroa, Nicacio Sebastián**

**DECLARO QUE:**

El componente práctico del examen complejo: **Estudio de la calidad de energía en fábrica de bloques y adoquines**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecutivamente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 19 de septiembre del 2019

**EL AUTOR**

---

**Cedeño Figueroa, Nicacio Sebastián**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO – MECÁNICA

## AUTORIZACIÓN

Yo, **Cedeño Figueroa Nicacio Sebastián**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del componente práctico del examen complejo: **Estudio de la calidad de energía en fábrica de bloques y adoquines**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 19 de septiembre del 2019

EL AUTOR

---

**Cedeño Figueroa, Nicacio Sebastián**

## REPORTE URKUND

Document: TESIS FINAL - NICASIO CEDENO.docx (056754375)  
Presentado: 2019-09-18 (14:03 (-05:00))  
Presentado por: orlando.philco\_1@hotmail.com  
Recibido: orlando.philco.acsig@analisis.orkund.com  
Mensaje: TESIS FINAL - NICASIO CEDENO\_18Sep. Haz clic en el mensaje completo

3% de estas 27 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.

Categoría	Enlace/Nombre de archivo
0%	La norma IEC 61000-4-30 define la calidad de energía eléctrica como las "característ...
100%	Alto en costos energéticos Sabemos que los gastos energéticos son una parte impo...
100%	Mayor precisión en la factura eléctrica Los propietarios de plantas eléctricas grandes ...

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO - MECÁNICA

TEMA: Estudio de la calidad de energía en fábrica de bloques y adoquines

AUTOR: Cedeño Figueroa, Nicacio Sebastián

Componente práctico del examen complejo previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

REVISOR: Ing. Pacheco Buhiquera Hector Ignacio, M.Sc.

Guayaquil, a los 9 días de Septiembre del año 2019.

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO - MECÁNICA

CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente componente práctico del examen complejo, fue realizado en su totalidad por Cedeño Figueroa Nicacio Sebastián, como requerimiento para la

Reporte Urkund del componente práctico del examen complejo de Ingeniería Eléctrico- Mecánica denominado: **“Estudio de la calidad de energía en fábrica de bloques y adoquines”** realizado por **Cedeño Figueroa, Nicacio Sebastián**, una vez realizado el análisis anti plagio, el resultado indica 3% de coincidencias.

Atentamente.

MSc. Orlando Philco A.

Revisor

## **AGRADECIMIENTO**

Cerrando un ciclo de vida, agradezco a DIOS todo poderoso que con su infinita bendición me ha permitido llegar hasta este día sin el nada es posible. Ya que ha puesto en mi camino a personas valiosas en el momento exacto.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por brindarme la oportunidad de formar parte de la comunidad estudiantil.

A mi tutor en Ing. Héctor Pacheco que ha sabido guiarme a través de este sendero largo pero victorioso gracias a sus consejos y acertadas opiniones he logrado culminar esta tesis.

A mi familia que me ha apoyado en este reto gracias no lo pude haber hecho sin su ayuda y comprensión.

El Autor

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a DIOS por haberme dado la sabiduría, entendiendo y fuerzas necesarias para llegar hasta alcanzar esta meta trazada desde muchos años atrás y que hoy estoy cumpliendo.

A mis padres que con su ferviente amor han sabido guiarme con ejemplo.

El autor



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO - MECÁNICA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**ING.ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.**

**DECANO**

---

**ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.**

**COORDINADOR DE TITULACIÓN**

---

**ING. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO M.SC.**

**OPONENTE**



## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
INDICE DE TABLAS .....	XVI
RESUMEN .....	XVII
ABSTRACT .....	XVIII
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Tipo de investigación.....	3
1.6 Metodología.....	3
CAPÍTULO 2: .....	5
CONCEPTUALIZACIÓN DE ACOMETIDAS EN BAJA TENSIÓN.....	5
2.1 Materiales y dispositivos de protección .....	5
2.2. Tableros Eléctricos .....	6
2.2.1 Tipos de tableros eléctricos .....	7

2.2.1.1 Indicadores y pulsadores: .....	8
2.2.1.2 Botones: .....	8
2.2.1.3 Paros de emergencia: .....	9
2.2.1.4 Selectores: .....	9
2.2.1.5 Luces Pilotos: .....	10
2.2.1.6 Panel HMI: .....	10
2.2.1.7 Guardamotores: .....	11
2.2.1.8 Termistores: .....	13
2.2.1.9 Encapsulados de termistores .....	15
2.2.2.0 Porta fusibles .....	18
2.2.2.1 Tipos de fusibles: .....	19
2.2.3 Relevadores.....	23
2.2.3.1 Tipos de relevadores.....	24
2.2.3.2 Relés electromecánicos .....	24
2.2.3.3 Relés de núcleo móvil .....	25
2.2.3.4 Relé tipo Reed o de lengüeta.....	25
2.2.3.5 Relés polarizados o bi estables.....	25
2.2.3.6 Relés multitensión .....	26
2.2.3.7 Relé de corriente alterna.....	26
2.2.3.8 Relé de láminas.....	27
2.2.4 Convertidores de señal.....	27

2.2.5 Transformadores: .....	28
2.2.5.1 Partes principales de un transformador.....	29
2.3 Métodos de mitigación de los efectos de las armónicas y bajos factores de potencia.....	30
2.3.1 Resonancia.....	30
2.3.2 Cómo evitar la resonancia .....	32
2.3.3 Filtros de protección.....	32
2.3.4 Capacitores reforzados.....	34
2.3.5 Filtros de absorción de armónicos .....	34
2.3.6 Otras formas de mitigar los efectos de las armónicas y bajos factores de potencia.....	35
2.4 síntomas y efectos destructivos de los armónicos eléctricos .....	36
2.4.1 Síntomas y efectos destructivos de armónicos eléctricos en equipos electrónicos .....	37
2.4.2 Síntomas y efectos destructivos de armónicos en motores .....	39
2.4.3 Causa y efectos de armónicos en transformadores.....	40
2.4.4 Causas y efectos de armónicos en alumbrado.....	40
2.5 Consideraciones Generales de las Mediciones.....	41
2.5.1 Parámetros Eléctricos Medidos .....	41
2.5.2 Intervalo de Medición Utilizado .....	43
2.5.3 Puntos de Medición Seleccionados .....	43
2.5.4 Periodo de Medición .....	44

CAPÍTULO 3.....	45
DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE ENERGÍA.....	45
3.1 Razones para realizar un análisis de calidad de energía .....	45
3.1.1 Seguridad .....	45
3.1.2 Ahorro en costos energéticos .....	46
3.1.3 Mayor precisión en la factura eléctrica.....	46
3.1.4 Incentivos financieros .....	47
3.1.5 Solución de problemas .....	47
3.2 Analizador HT PQA924 .....	47
3.3 Problemas de Energía.....	49
CAPÍTULO 4.....	50
ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA .....	50
4.1 Resultados de mediciones de energía .....	50
4.2 Valores promedio de Voltaje .....	51
Conclusiones.....	57
Recomendaciones.....	58
Bibliografía .....	59
ANEXO 1: Mantenimiento a Transformador de Potencia .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2.

Figura 2. 1 Tablero de control .....	8
Figura 2. 2 Indicadores y pulsadores .....	8
Figura 2. 3 Indicadores y pulsadores .....	9
Figura 2. 4 Paros de Emergencias.....	9
Figura 2. 5 Selectores.....	10
Figura 2. 6 Luces pilotos.....	10
Figura 2. 7 HMI (Interface hombre- máquina) .....	11
Figura 2. 8 Guardamotor.....	12
Figura 2. 9 Guardamotor.....	12
Figura 2. 10 Ajuste de la corriente .....	13
Figura 2. 11 Termistor.....	13
Figura 2. 12 Tipo de Termistor.....	14
Figura 2. 13 Curvas del Termistor.....	14
Figura 2. 14 Tipo SMD.....	16
Figura 2. 15 Tipo perla.....	16
Figura 2. 16 Tipo disco .....	17
Figura 2. 17 Tipo arandela.....	18
Figura 2. 18 Tipo barra .....	18
Figura 2. 19 Símbolos de fusibles.....	19

Figura 2. 20 Fusible .....	19
Figura 2. 21 Fusible tipo cilindro .....	20
Figura 2. 22 Fusible tipo cuchilla.....	20
Figura 2. 23 Fusible tipo pastilla .....	21
Figura 2. 24 Fusible tipo pastilla .....	21
Figura 2. 25 Fusible tipo chicote .....	22
Figura 2. 26 Fusible tipo cartucho.....	22
Figura 2. 27 Fusible tipo cartucho.....	23
Figura 2. 28 Fusible tipo diazed .....	23
Figura 2. 29 Relevadores.....	24
Figura 2. 30 Relés electromecánicos.....	24
Figura 2. 31 Relés de Reed o de lengüeta .....	25
Figura 2. 32 Relés polarizados o bi estables .....	26
Figura 2. 33 Relés multi tensión.....	26
Figura 2. 34 Relés de láminas .....	27
Figura 2. 35 Convertidores de señal .....	28
Figura 2. 36: Transformador .....	28
Figura 2. 37 Símbolo del Transformador .....	29
Figura 2. 38 Partes de un Transformador .....	30
Figura 2. 39 Arreglo de Filtro Sintonizado con Capacitor en Conexión Delta .....	33
Figura 2. 40 Configuración Fluke 435 con la norma EN50160, 2010.....	42

Figura 2. 41 FLUKE, 434/435 .....	43
-----------------------------------	----

### CAPÍTULO 3.

Figura 3. 1 Analizador Ht PQA924.....	47
---------------------------------------	----

### CAPÍTULO 4.

Figura 4. 1 Mediciones de Voltajes (TOPVIEW) .....	50
--	----

Figura 4. 2 Medición de Corriente (TOPVIEW) .....	51
---	----

Figura 4. 3 Medición de Potencia Activa (TOPVIEW) .....	53
---	----

Figura 4. 4 Distorsión armónica de Voltaje (THDV) .....	55
---	----

Figura 4. 5 Distorsión armónica de corriente (THDI).....	56
--	----

## **INDICE DE TABLAS**

### **CAPÍTULO 4.**

Tabla 4. 1 Registro de Voltajes .....	51
Tabla 4. 2 Registro de Corrientes .....	52
Tabla 4. 3 Registro de potencia máxima y mínimo .....	53
Tabla 4. 4 Registro de Potencias .....	54



## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal, solucionar el problema de caída de tensión por la carga o consumo de máquinas eléctricas y que se refleja en el disparo del breaker del tablero principal de una planta que fábrica bloques y adoquines. Al suspenderse el suministro eléctrico se paraliza el proceso fabricación de bloques y adoquines. La metodología que se va aplicar es documental ya que se van detallar el estado de consumo eléctrico y cargabilidad del sistema eléctrico de una fábrica. También se empleará el método exploratorio, ya que obtendrá un diagnóstico de la calidad de energía en dicha fábrica. Se utiliza finalmente el método analítico por una propuesta para plantear el uso de un transformador de potencia. El resultado esperado es solucionar la caída de tensión cuando operan las máquinas eléctricas en la fabricación de bloques y adoquines

**PALABRAS CLAVES:** Tablero Eléctrico, cargabilidad, calidad de energía, transformador de potencia.

## **ABSTRACT**

The main objective of this titling work is to solve the problem of voltage drop due to the load or consumption of electrical machines and which is reflected in the breaker trip of the main board of a plant that manufactures blocks and pavers, When the power supply is suspended the manufacturing process of blocks and pavers is paralyzed. The methodology to be applied is documentary since the state of electrical consumption and chargeability of the electrical system of a factory will be detailed. The exploratory method will also be used, since it will obtain a diagnosis of the quality of energy in said factory. The analytical method is finally used by a proposal to propose the use of a power transformer. The expected result is to solve the voltage drop when electric machines operate in the manufacture of blocks and pavers.

**KEY WORDS:** Electric board, chargeability, power quality, power transformer.

# CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

## 1.1 Introducción

El sistema eléctrico de potencia en baja tensión, desde las líneas de distribución y la acometida a una planta o fábrica una vez conectado su medidor o contador de potencia deberá delinearse el tablero eléctrico. Un tablero de servicio o también denominado interruptor principal, se diseña de acuerdo con al número de servicios requeridos y se especifica de acuerdo con su capacidad de corriente y al número de polos, éstos indican cuantos circuitos se pueden manejar. Los tableros de 120 Voltios de capacidad son para alumbrado, contactos y aparatos. Cuando se solicitan equipos algunos motores de potencia que demanden gran cantidad de energía, se requiere de una alimentación de 220 Voltios y tres polos.

Un alto consumo de energía reactiva puede producirse como consecuencia principalmente de:

- Un gran número de motores.
- Presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- Un mal estado físico de la red eléctrica y de los equipos de la industria.

Cabe recalcar que, al corregir el factor de potencia, las empresas se benefician por;

- Reducción del costo de su facturación de energía eléctrica.
- Disminución de pérdidas en los conductores.
- Reducción de las pérdidas por las caídas de tensión.
- Aumento de la disponibilidad de potencia en Transformadores y líneas.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones eléctricas.

## 1.2 Justificación

Mediante el Análisis de Energía se evalúa la Cargabilidad y condiciones operativas de consumo como de voltaje, corriente, factor de potencia y demás parámetros eléctricos que podrían afectar procesos en la fábrica de bloques y adoquines. Asimismo, se determinan los correctivos que se

deberán optar de ser necesarios a fin de poder dimensionar correctamente los Tableros de Compensación de Energía Reactiva por cada Transformador en base a los resultados obtenidos.

### **1.3 Planteamiento del problema**

Se presentan problemas de caída de tensión y la mayoría de veces los dispositivos de protección del sistema eléctrico y en especial del tablero principal deja sin energía al proceso fabricación de bloques y adoquines.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar la calidad de energía por medio parámetros de voltaje, corriente y potencia en una planta industrial alimentado a un nivel de tensión de 240V.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Describir infraestructura eléctrica de baja tensión y componentes de un tablero eléctrico.
- Efectuar mediciones de calidad de energía eléctrica y verificar el estado de los parámetros obtenidos de voltaje, corriente y potencia
- Evaluar resultados para definir la potencia de un nuevo transformador a instalar para alimentar la planta industrial.

### **1.5 Tipo de investigación**

Para el presente trabajo se utilizará un tipo de investigación de campo enfocado en método cuantitativo.

### **1.6 Metodología**

La metodología a emplearse es de tipo documental por cuanto se detallan componentes de un sistema eléctrico en baja tensión, se aplica el método analítico para plantear el diseño de tablero eléctrico, cargabilidad. Se utiliza el método empírico por cuanto se participa en el análisis de cargabilidad

eléctrica en el proceso de fabricación de bloques y adoquines. Se hace uso del medidor de energía modelo PQA 924 marca HT, con sensores de corriente de hasta 3000 A. La medición fue realizada en baja tensión(240V).

## **CAPÍTULO 2:**

### **CONCEPTUALIZACIÓN DE ACOMETIDAS EN BAJA TENSIÓN**

La acometida o línea de servicio está definida por la tubería, conductores y accesorios que ligan la red de distribución del suministro con el punto en que se conecta a la instalación del usuario. El servicio a una edificación se proporciona a un voltaje de 120 a 220 Voltios. Las características de una acometida deben ser: una sola por inmueble (caso general), por canalización exclusiva, además, no pasar por otro inmueble. Ésta puede ser: de acuerdo con el tipo de línea, ya sea, área o subterránea. El servicio va directamente al medidor y al tablero de servicio. Cabe mencionar que el medidor debe ser a prueba de humedad, porque muchas veces se coloca en el exterior. Para el caso de acometida subterránea se debe realizar un registro para la conexión de la red del suministro a la edificación. El registro se construye de concreto de acuerdo con las especificaciones de la NEC.

#### **2.1 Materiales y dispositivos de protección**

Los dispositivos de protección en las instalaciones tienen que satisfacer las normas. A continuación, se mencionan algunos interruptores que se usan en la práctica:

- Interruptores de caja de lámina: conocidos como interruptores de seguridad de navaja y palanca exterior y con fusibles integrados
- Tableros de distribución: conocidos como centros de carga, consisten de dos o más interruptores de navaja y palanca o con interruptores automáticos termomagnéticos.
- Fusibles: éstos son elementos de una aleación de plomo y estaño con bajo punto de fusión. Se fabrican desde 3 hasta 600 amperes y su función es interrumpir una sobre corriente.
- Interruptores termomagnéticos: están diseñados para abrir el circuito automáticamente cuando ocurre una sobrecarga, accionado por una combinación de un elemento térmico y uno magnético. El elemento térmico

consta esencialmente de dos elementos metálicos de diferentes coeficientes de dilatación. El magnético consta de una bobina.

- Interruptores termomagnéticos instantáneos: son energizados por el circuito magnético de las corrientes de sobrecarga o de corto circuito y se usan como elementos de protección de circuitos derivados de motores. Los interruptores especiales se diseñan y fabrican para soportar el 100% de la corriente nominal de carga y para disparar entre 101% y 120% de la corriente nominal de carga. Interruptores termomagnéticos de tiempo inverso: este tipo de interruptor termomagnético, es equivalente al fusible de tiempo retardado y tiene un elemento magnético que responde en forma instantánea a las corrientes de corto circuito severas. El elemento térmico proporciona protección a los circuitos derivados (a excepción de motores de gran capacidad)

## **2.2. Tableros Eléctricos**

En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos son la parte principal. En los tableros eléctricos se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de dicha instalación. En términos generales los tableros eléctricos son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente. (Montilla, s. f.)

Dos de los constituyentes de los tableros eléctricos son: el medidor de consumo (mismo que no se puede alterar) e interruptor, que es un dispositivo que corta la corriente eléctrica una vez que se supera el consumo contratado. Es importante mencionar que el interruptor no tiene fundones de seguridad, solamente se encarga de limitar el nivel del consumo.

Para fabricar los tableros eléctricos se debe cumplir con una serie de normas que permitan su funcionamiento de forma adecuada cuando ya se le ha suministrado la energía eléctrica. El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad tanto de las instalaciones en las que haya presencia de tableros eléctricos como de los operarios.

Una importante medida de seguridad para los tableros eléctricos es la instalación de interruptores de seguridad, estos deben ser distintos del interruptor explicado más arriba Dichos interruptores de seguridad suelen ser de dos tipos: termo magnético, que se encarga de proteger tanto el tablero eléctrico como la instalación de variaciones en la corriente, y diferencial, que está dirigido a la protección de los usuarios.

### **2.2.1 Tipos de tableros eléctricos**

Por su construcción, utilización y según su ubicación en la instalación eléctrica, los tableros pueden ser metálicos o plásticos. Los tableros según su ubicación se clasifican en:

✓ **Tablero principal de distribución:**

Este tablero está conectado a la línea eléctrica principal y de él se derivan los circuitos secundarios. Este tablero contiene el interruptor principal.

✓ **Tableros secundarios de distribución:**

Son alimentados directamente por el tablero principal. Son auxiliares en la protección y operación de sub alimentadores.

✓ **Tableros de paso:**

Tienen la finalidad de proteger derivaciones que por su capacidad no pueden ser directamente conectadas alimentadores o sub alimentadores. Para llevar a cabo esta protección cuentan con fusibles.

✓ **Tableros de control:**

Contienen dispositivos de seguridad y maniobra, para estos tableros se ha considerado los siguientes elementos: Como lo muestra la Figura 2.1





*Figura 2. 1 Tablero de control*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

### **2.2.1.1 Indicadores y pulsadores:**

Estos componentes sirven para ayudar a los operadores para activar o desactivar partes de los procesos, los indicadores se utilizan para tener una retroalimentación de las variables y punto importantes ya sea si están funcionando correctamente o existe algún problema. Así como se muestra en la Figura 2.2.



*Figura 2. 2 Indicadores y pulsadores*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

### **2.2.1.2 Botones:**

Se encuentra de diferentes tamaños, colores y formas, pero su función principal es la de activar o desactivar actuadores como lo son bombas

hidráulicas, motores, válvulas, partes de los procesos, etc. Como se muestra en la Figura 2.3.



Figura 2. 3 Indicadores y pulsadores

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### 2.2.1.3 Paros de emergencia:

Este botón prácticamente solo tiene una función y por ende todos los botones de paro son parecidos en cuanto a su construcción física. Este solo tiene una función y es la de parar completamente cualquier tipo proceso. Como se muestra en la Figura 2.4.



Figura 2. 4 Paros de Emergencias

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### 2.2.1.4 Selectores:

Estos más que ser botones selectores o Switches son perillas que pueden tener varias posiciones y cada una de estas puede representar diferentes partes del proceso.

Una posición se utiliza para hacer el ciclo de manera manual, con otra posición permite operar de forma automática y otra sirve para entrar en la etapa de lavado. Como lo muestra la Figura 2.5.



*Figura 2. 5 Selectores*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

### **2.2.1.5 Luces Pilotos:**

Se les conoce como lámparas piloto y estas se utilizan en diferentes formas, voltajes y tamaños, ya sea como indicativos para saber en qué parte del proceso se encuentra, para saber si las variables controladas están en los valores adecuados, para saber si existe algún inconveniente en el sistema, etc. Véase la Figura 2.6.



*Figura 2. 6 Luces pilotos*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

### **2.2.1.6 Panel HMI:**

Este es uno de los elementos más avanzados que se puede encontrar en un tablero eléctrico ya que tiene un sin fin de aplicaciones, principalmente se utiliza para arrancar las diferentes etapas de los procesos, para activar o desactivar manualmente algún actuador y también se utiliza para monitorear las variables controladas. Como se muestra en la Figura 2.7



*Figura 2. 7 HMI (Interface hombre- máquina)*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

### **2.2.1.7 Guardamotores:**

Sirve para proteger a los motores. Cuando la corriente supera sus valores normales este se dispara evitando que las bobinas del motor se quemen por el exceso de corriente eléctrica. (Ingeniería Mecafenix, 2018)

El guardamotor se encarga de desconectar el motor en cuanto la corriente (intensidad) que está consumiendo supera en un porcentaje a la corriente nominal que corresponde a la potencia del motor, lo cual es indicativo de un mal funcionamiento del motor y es mejor desconectarlo para evitar que termine por calentarse demasiado y quemarse. Por esta razón se puede clasificar como un elemento de protección.

Estos dispositivos protegen contra sobrecarga al motor, y contra cortocircuito y sobrecarga a la línea de alimentación y al motor, tienen que estar conectados al principio de la línea de alimentación del motor. Como se muestra la Figura 2.8.



Figura 2. 8 Guardamotor

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

Sin embargo, existen principalmente dos tipos de guardamotor, cada uno con diferentes características de disparo y son los siguientes:

Magnético: Ofrece protección contra corto circuito, Con la capacidad de ajustar el rango máximo de corriente.

Térmico: Este tipo de disparador es ajustable y tiene protección contra sobre cargar y perdida de fase de la instalación. También existe el

Magneto térmica: Claramente es la combinación de los 2 tipos de guardamotor.

Posee un interruptor (on-off), un relé de sobrecarga y un disparo magnético perfectamente combinados entre sí; cómo se puede apreciar en la Figura 2.9.

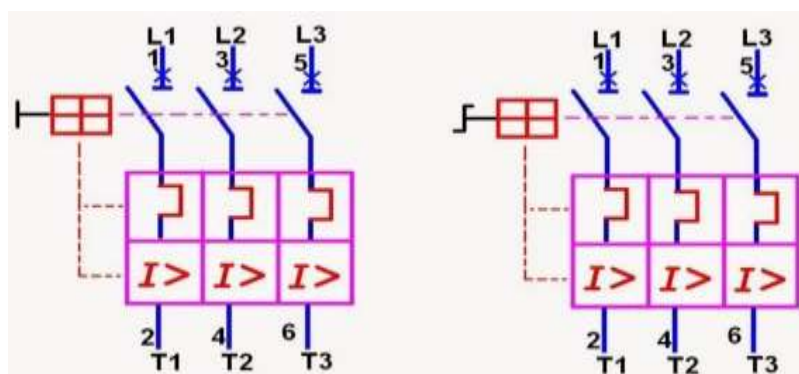


Figura 2. 9 Guardamotor

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

Los guardamotores tienen la capacidad de regular la intensidad del motor y también cuentan con pequeño pulsador o corredera, según sea el caso para probar el mecanismo interno y comprobar el buen funcionamiento. Véase la Figura 2.10. (Ingeniería Mecafenix, 2018)

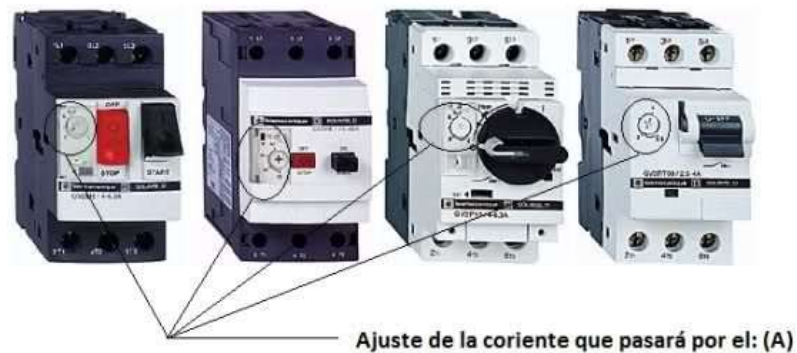


Figura 2. 10 Ajuste de la corriente

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### 2.2.1.8 Termistores:

Los termistores son prácticamente sensores de temperatura, los cuales son colocados en las bobinas de los motores para monitorear los cambios que se puedan presentar. Pues, cuando estas bobinas alcanzan cierto grado de calor, el termidor se dispara para proteger. Véase la Figura 2.11.



Figura 2. 11 Termistor

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

Un termistor es un sensor que sirve para detectar temperatura a través de cambios de resistencia según el calor o frío detectado. Existen 2 tipos de sensores según su coeficiente de temperatura los NTC (coeficiente de temperatura negativo) y PTC (coeficiente de temperatura positivo).

Solo existe una pequeña diferencia entre estos dos tipos de sensores, y es que mientras la temperatura aumenta, la resistencia disminuye en el caso del termistor NTC. Para el caso de los PTC, cuando la temperatura aumenta, también aumenta la resistencia. Véase la Figura 2.12.

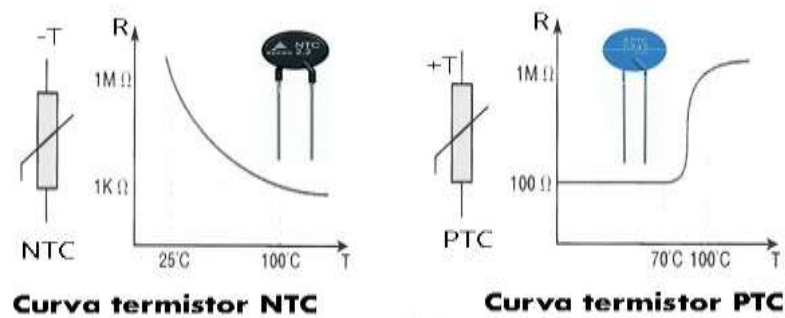


Figura 2. 12 Tipo de Termistor

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

El funcionamiento se basa en la variación de la resistencia de un semiconductor debido a cambios en la temperatura ambiente, alterando la concentración de portadores. La variación de la resistencia con la temperatura no es lineal a comparación de un RTD. Véase en la Figura 2.13.

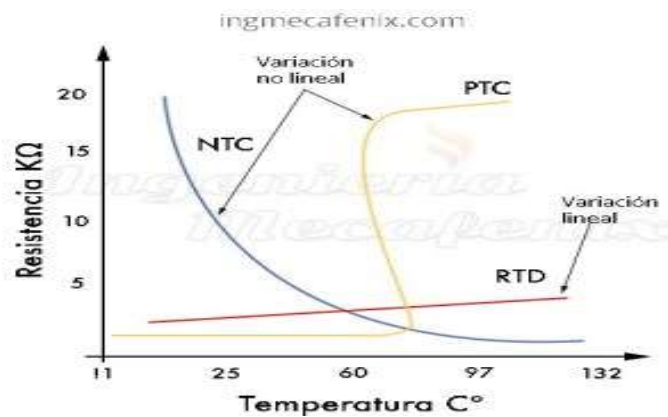


Figura 2. 13 Curvas del Termistor

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)



**PTC:** Sirven para protección de los bobinados de motores eléctricos y transformadores en aquellos equipos donde la temperatura oscila entre 60 °C a 190 °C.

Fusible de estado sólido de protección contra el exceso de corriente, que van desde mA a varios A (25°C ambiente) a niveles de tensión continua superior a 600V, por ejemplo, fuentes de alimentación para una amplia gama de equipos eléctricos.

**NTC:** Aplicaciones en las que la corriente que circula por ellos, no es capaz de producirles aumentos apreciables de temperatura y por tanto la resistencia del termistor depende únicamente de la temperatura del medio ambiente en que se encuentra.

Utilización en la que su resistencia depende de las corrientes que lo atraviesan. Empleo en donde se aprovecha la inercia térmica, es decir, el tiempo que tarda el termistor en calentarse o enfriarse cuando se le somete variaciones de tensión.

### **2.2.19 Encapsulados de termistores**

Existen diferentes tipos de encapsulados dependiendo del modelo y la constitución, especificaciones eléctricas y su aplicación, algunos más utilizados que otros. Los termistores más comunes son los de tipo SMD, perla y disco.

**Tipo SMD:** Su funcionamiento es igual a cualquier termistor con la única diferencia que tiene forma de circuito integrado (SMD), y sus aplicaciones son diferentes.

Aplicaciones:

- Equipos de comunicación móvil



- Batería recargable
- CPU
- Sensores de temperatura en otros circuitos. A continuación, la Figura 2.14 muestra un tipo SMD.



*Figura 2. 14 Tipo SMD*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

**Tipo perla:** Son encapsulados por una cubierta de cristal la cual se asemeja a la forma de una pequeña perla, es por ello que se le asignó el nombre de tipo perla su temperatura de funcionamiento es entre  $-50\sim+150^{\circ}\text{C}$ .

Algunas de sus aplicaciones son:

- Equipos de aire acondicionado
- Sensor de nivel de líquido
- Sector del automóvil
- Electrodomésticos.

A continuación, se muestra en la Figura 2.15 la de tipo perla.



*Figura 2. 15 Tipo perla*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

**Tipo disco:** Este tipo también es conocido como termistor de potencia debido a sus características.

**Algunas aplicaciones:**

- Electrodomésticos
- Electrónica del automóvil
- Computadora
- Fuente de alimentación de conmutación
- Adaptador
- Balastos electrónicos y varios tipos de dispositivo de calentamiento eléctrico.

A continuación, se muestra en la Figura 2.16 la de tipo disco.



*Figura 2. 16 Tipo disco*

*Fuente: (Blasco, 2014)*

**Tipo arandela:** Los termistores tipo arandela son una variación de los termistores de disco excepto por tener un orificio central y carece de terminales, aunque está provisto de dos caras metalizadas para establecer el contacto. Es frecuentemente utilizado como parte de un montaje.

**Aplicaciones:**

- Adecuado para de detección de temperatura en superficies, Adecuado para empotrar en algún chasis.

A continuación, se muestra en la Figura 2.17 la de tipo arandela.



*Figura 2. 17 Tipo arandela*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

**Tipo barra:** Este termistor se asemeja mucho a la forma de una resistencia convencional. Constan de un cuerpo cilindro y 2 terminales una en cada extremo. Se emplean en donde se requiera una resistencia y potencia de disipación demasiado altas. Así como se muestra en la Figura 2.18. (Ingeniería Mecafenix, 2018)



*Figura 2. 18 Tipo barra*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

### **2.2.2.0 Porta fusibles**

Los fusibles son prácticamente uno de los componentes más simples que se puede encontrar, estos tienen un filamento en su interior que funciona de tal manera que cuando se sobre pasa la corriente soportada aunque sea por solo un instante se rompe y abre el circuito.

El fusible es dispositivo utilizado para proteger dispositivos eléctricos y electrónicos. Este dispositivo permite el paso de la corriente mientras ésta no supere un valor establecido. Como lo muestra la Figura 2.19.



*Figura 2. 19 Símbolos de fusibles*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

Un fusible está compuesto por un filamento o lamina de metal que se quema para cortar el paso de la corriente eléctrica. Si por cualquier razón esta corriente comienza a aumentar, y llegara a entrar al circuito con un valor demasiado alto, arruinaría el dispositivo eléctrico.

Para eso se coloca un fusible antes de que la corriente ingrese al circuito. Si la corriente es muy elevada, hará aumentar la temperatura del filamento, por lo que comenzará a derretirse. Esto hará que el circuito se abra, no dejando pasar más corriente, y haciendo que la corriente elevada no llegue al circuito. Como lo muestra la Figura 2.20.



*Figura 2. 20 Fusible*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

Al ser un dispositivo muy común existe gran variedad, y se pueden clasificar de diferentes maneras, ya sea por su tipo de material, por su uso, por el amperaje, etc., etc. En esta ocasión se identifica una forma más generalizada sobre qué tipos existen.

#### **2.2.2.1 Tipos de fusibles:**

- Cilíndricos
- De cuchillas
- De pastilla
- Encapsulado de vidrio

- Chicote
- Tapón enroscable
- Cartucho
- De plomo
- Diazed

**Cilíndricos.** Estos tipos de fusibles son elaborados con un tubo cerámico el cual es muy resistente a los choques y a la presión interna. En el interior de este tubo, el cual presenta una forma cilíndrica, se encuentra la lámina que es lo que hace el trabajo de fusible. Como se muestra en la Figura 2.21.



Figura 2. 21 Fusible tipo cilindro

*Fuente:* (Ingeniería Mecafenix, 2018)

**De cuchillas o Fusibles NH:** También se le conoce como fusibles NH. Es el tipo de fusible que se suele utilizar contra los cortocircuitos y las sobrecargas en determinadas instalaciones de distribución.

Existen dos tipos de fusibles de cuchillas con percutor y sin percutor. A continuación, se muestra en la Figura 2.22 la de fusibles NH.



Figura 2. 22 Fusible tipo cuchilla

*Fuente:* (Ingeniería Mecafenix, 2018)

**De pastilla:** Este fusible es muy parecido al fusible cilíndrico en cuanto a su funcionamiento. La Figura 2.23 muestra un fusible tipo pastilla.



*Figura 2. 23 Fusible tipo pastilla*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

**Encapsulado de vidrio:** Se trata de los fusibles que son construidos con hilo metálico o con una lámina, los cuales son cubiertos con un tubo de vidrio. Este se instala entre la fuente de alimentación y del circuito. Una vez detecta una corriente superior a sus valores admitidos se llega a derretir rompiendo el paso de corriente. Como se puede ver en la Figura 2.24.



*Figura 2. 24 Fusible tipo pastilla*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

**Chicote:** Tipo de fusible que hace uso de hilo metálico o plomo, lo cual al detectar un sobrecalentamiento en el circuito se funde. A continuación, se muestra en la Figura 2.25 el fusible tipo chicote.



*Figura 2. 25 Fusible tipo chicote*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

**De cartucho:** Formado por un tubo fabricado de material aislante, el cual utiliza soportes metálicos como medio de cierre y que además es lo que le hace introducir en el circuito a presión. A continuación, se muestra en la Figura 2.26 el fusible tipo cartucho.



*Figura 2. 26 Fusible tipo cartucho*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

**De plomo:** Se muestran como un trozo de alambre en base a plomo el cual se intercala en el circuito. Este una vez detecta la intensidad de corriente se funde.

Es el fusible más antiguo que se conoce en la actualidad, no son muy seguros y se oxidan y corroen con gran facilidad. Estos pasaron al desuso, ya que además se derraman por todo el circuito cuando se funden y se derriten. Como se muestra en la Figura 2.27.



*Figura 2. 27 Fusible tipo cartucho*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

**Diazed:** Es un Fusible construido en base a cartucho o balín, el cual es colocado en la coronilla roscada y a la vez se atornilla fijamente a la base porta fusible. Como se muestra en la Figura 2.28. (Ingeniería Mecafenix, 2018)



*Figura 2. 28 Fusible tipo diazed*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

### **2.2.3 Relevadores**

Los relevadores tienen prácticamente el mismo funcionamiento que los contactores con la única excepción de que estos pueden manejar menor corriente y se utilizan en los circuitos de mando o de control.

Un relevador es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor pero que es accionado eléctricamente. El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán, Fue desarrollado en la primera mitad del siglo XIX por el físico norteamericano Joseph Henry, a través de una bobina y un electroimán. Lo que hace la bobina es crear un campo magnético que lleva los contactos



a establecer una conexión. El electroimán, por su parte, permite el cierre de los contactos. A continuación, se muestra en la Figura 2.29 los relevadores.



*Figura 2. 29 Relevadores*

*Fuente:* (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### **2.2.3.1 Tipos de relevadores**

Existe gran variedad de relevadores, dependiendo del número de contactos, de su intensidad admisible, del tipo de corriente de accionamiento, del tiempo de activación y desactivación, entre otros. Cuando controlan grandes potencias se llaman contactores en lugar de relés.

### **2.2.3.2 Relés electromecánicos**

Relvador de tipo armadura: pese a ser los más antiguos siguen siendo los más utilizados en muchas aplicaciones. Un electro imán provoca la basculación de una armadura al ser activado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es N.A (normalmente abierto) o N.C (normalmente cerrado). Como se ve en la Figura 2.30.



*Figura 2. 30 Relés electromecánicos*

*Fuente:* (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### 2.2.3.3 Relés de núcleo móvil

A diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido a su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes.

### 2.2.3.4 Relé tipo Reed o de lengüeta

Están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la activación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla. Como se muestra en la Figura 2.31.

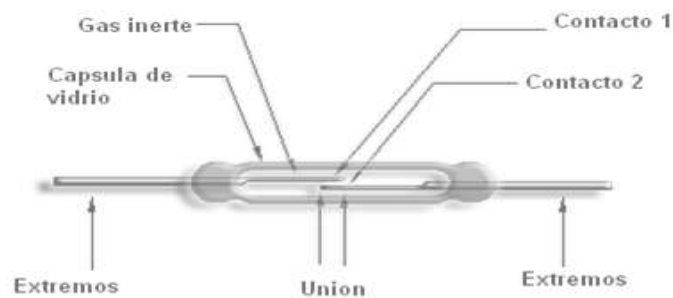


Figura 2. 31 Relés de Reed o de lengüeta

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### 2.2.3.5 Relés polarizados o bi estables

Se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electro imán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electro imán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos o cerrando otro circuito; tal como se puede ver en la Figura 2.32.

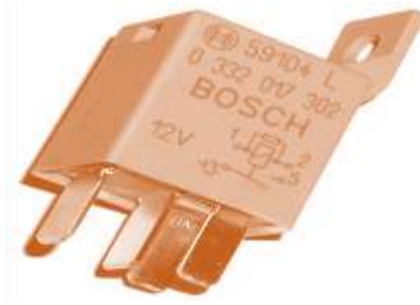


Figura 2. 32 Relés polarizados o bi estables

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### 2.2.3.6 Relés multitensión

Son la última generación de relés que permiten por medio de un avance tecnológico en el sistema electromagnético del relé desarrollado y patentado por Relaygo, a un relé funcionar en cualquier tensión y frecuencia desde 0 a 300 AC/DC reduciendo a un solo modelo las distintas tensiones y voltajes que se fabricaban hasta ahora. Como se lo muestra en la Figura 2.33.



Figura 2. 33 Relés multi tensión

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### 2.2.3.7 Relé de corriente alterna

El flujo magnético en el circuito magnético, también es alterno, produciendo una fuerza pulsante, con frecuencia doble, sobre los contactos. Es decir, los contactos de un relé conectado a la red, en algunos lugares, como varios países de Europa y América Latina oscilarán a  $2 \times 50$  Hz y en

otros, como en Estados Unidos lo harán a  $2 \times 60$  Hz. Este hecho se aprovecha en algunos timbres y zumbadores, como un activador a distancia. En un relé de corriente alterna se modifica la resonancia de los contactos para que no oscilen.

#### 2.2.3.8 Relé de láminas

Este tipo de relé se utilizaba para discriminar distintas frecuencias. Consiste en un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada que atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés. La varilla que resuena acciona su contacto, las demás no. Los relés de láminas se utilizaron en aeromodelismo y otros sistemas de telecontrol. A continuación, se muestra en la Figura 2.34. (Ingeniería Mecafenix, 2018)



Figura 2. 34 Relés de láminas

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

#### 2.2.4 Convertidores de señal

Se encargan de convertir señales para que los dispositivos de control puedan trabajar con las señales con una mayor facilidad, por ejemplo, un sensor de temperatura que dependiendo la lectura manda un valor resistivo, pero para poder procesar esta señal se debe convertirla a un estándar de corriente de 4-20ma, es aquí donde entran estos convertidores. Como se muestra en la Figura 2.35. (Ingeniería Mecafenix, 2018)

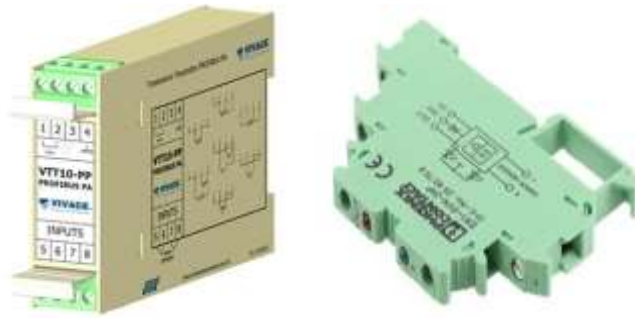


Figura 2. 35 Convertidores de señal

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

### 2.2.5 Transformadores:

Un transformador es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir el voltaje de un circuito eléctrico de corriente alterna (no existen transformadores de corriente directa), también se puede usar para aislar eléctricamente un circuito. Está compuesto de dos embobinados independientes (devanados) en un núcleo de aire o material electromagnético. Como se muestra en la Figura 2.36.

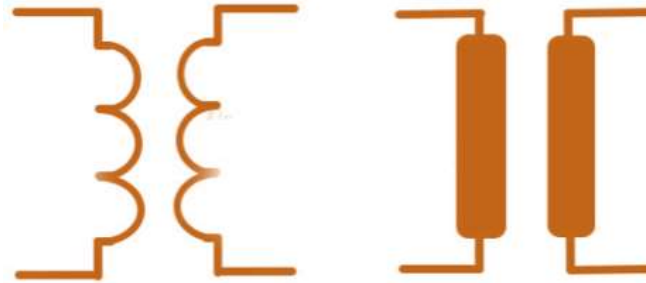


Figura 2. 36: Transformador

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

El principio básico de funcionamiento es que al poner una corriente alterna en el devanado primario se crea un flujo magnético en el núcleo del transformador, y por lo tanto, también se crea en el devanado secundario. En consecuencia, se produce un voltaje variable en el devanado secundario,

puede ser mayor o menor dependiendo del tipo de transformador. Véase la Figura 2.37.



*Figura 2. 37 Símbolo del Transformador*

*Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)*

### **2.2.5.1 Partes principales de un transformador**

Un transformador simple se compone esencialmente de tres partes.

**Devanado primario:** El devanado primario (o bobina primaria) está conectado a la fuente de energía y transporta la corriente alterna desde la línea de suministro. Puede ser un devanado de bajo o alto voltaje, dependiendo de la aplicación del transformador.

**Núcleo:** Es en donde se enrollan los devanados y donde se produce el flujo magnético alterno, por lo regular están contruidos por una serie de láminas aisladas eléctricamente para minimizar corrientes parásitas.

**Devanado secundario:** El devanado secundario (o bobina secundaria) es el que suministra energía a la carga y es donde se genera la fuerza electromotriz (voltaje) por el cambio de magnetismo en el núcleo al cual rodea. Puede ser un devanado de bajo o alto voltaje, dependiendo de la aplicación del transformador.

A continuación, se muestra en la Figura 2.38 las partes de un transformador.

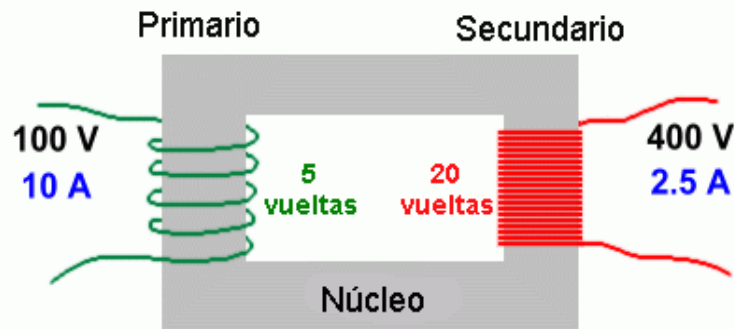


Figura 2. 38 Partes de un Transformador

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

## 2.3 Métodos de mitigación de los efectos de las armónicas y bajos factores de potencia

Los diferentes métodos que se detallan en este apartado tienen como propósito principal, disminuir los niveles de distorsión armónica y a su vez, mejorar el factor de potencia de una red eléctrica. A continuación, se describen los principales métodos o teorías que han venido perfeccionándose en los últimos años.

### 2.3.1 Resonancia

La resonancia eléctrica es un fenómeno que se genera en circuitos de corriente alterna, un circuito LC o circuito resonante es un circuito formado por una bobina (L) y un condensador (C). En este circuito LC hay una frecuencia tal, que produce un fenómeno de resonancia eléctrica, esta frecuencia es conocida como “frecuencia de resonancia”, para la cual la reactancia inductiva es igual a la reactancia capacitiva ( $X_C = X_L$ ). Por lo tanto, la impedancia será mínima e igual a la resistencia óhmica. Esto también equivale a decir, que el circuito estará en fase.

Esta disposición es positiva en aplicaciones con señales trabajando únicamente a la frecuencia fundamental (60 Hz), ya que la corriente y el voltaje como lo mencionó anteriormente están en fase y con un factor de potencia unitario.

Por otra parte, deja de ser positivo en aplicaciones donde existen señales a frecuencias múltiplos de la fundamental, es decir, armónicas. Cuando se da resonancia armónica a frecuencias armónicas, la corriente armónica toma un valor máximo y, por tanto, ocasiona el sobrecalentamiento de transformadores, capacitores y motores. También, el disparo de relés como también lecturas erróneas de mediciones, etc.

La magnitud de la reactancia inductiva y de la reactancia capacitiva es dependiente de la frecuencia de la corriente y el voltaje. Esto se ve reflejado en la siguiente ecuación:

$$X_L = j2\pi f \times L = j\omega L$$

En dónde:

XL= reactancia inductiva en ohms

XC = reactancia capacitiva en ohms

f = frecuencia del sistema de potencia en

Hz C = componente capacitivo en faradios

L = componente inductivo en henrios

### **La resonancia puede ser tanto en serie como en paralelo:**

**Resonancias en Serie:** O también conocida como resonancia de baja impedancia, debido a tensiones de armónicas cuya frecuencia es igual a la frecuencia de resonancia; por consiguiente, al presentar tensiones bajas de armónicas en el sistema pueden originar corrientes elevadas de armónicas de los equipos.

**Resonancias en Paralelo:** Habiendo la presencia de resonancia en el sistema se produce una corriente armónica correspondiente a la frecuencia de resonancia, obteniéndose en el sistema una impedancia muy alta. Por lo tanto, este fenómeno tiene como consecuencia tensiones y corrientes armónicas elevadas en las ramas de la impedancia en paralelo.



### 2.3.2 Cómo evitar la resonancia

Existen varias maneras para evitar la resonancia cuando se instalan capacitores de compensación de potencia reactiva en redes con equipos que generan armónicas. En determinados casos de sistemas muy grandes, puede ser viable que la reubicación del banco de capacitores en otra parte de la red no produzca situaciones de resonancia. El mismo valor de kVAR instalado en las barras de media tensión en vez de las de baja tensión puede descartar algunas dificultades, o puede darse el caso de que exista otra barra de diferente tensión en las que no existan armónicas. Otra alternativa puede ser el variar el tamaño del banco o distribuirlo en diferentes secciones de diversas frecuencias de resonancia. Cabe resaltar que en todos los casos se necesita de un profundo estudio de la red.

### 2.3.3 Filtros de protección

Los filtros de protección son generalmente usados en redes de distribución que presenten un alto nivel de distorsión armónica, ya que, cuando la meta final es la compensación del factor de potencia a la frecuencia fundamental. Su finalidad es impedir las sobrecargas por corrientes armónicas en el capacitor, disuadiéndolas hacia la red.

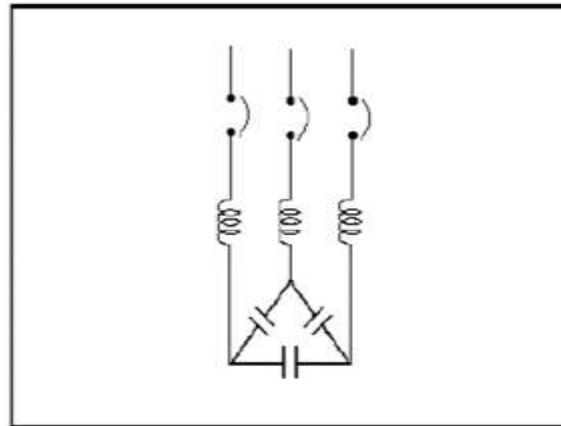
Estos se elaboran mediante la conexión de inductancias anti resonantes en serie con los capacitores, y se diseñan de forma que el filtro presente una alta impedancia para todas las frecuencias armónicas indeseables.

Acorde a la frecuencia de sintonía se tiene:

**Filtros sintonizados:** Son filtros pasivos que se conectan en paralelo al sistema de distribución general, o a cargas individuales relevantes, para de esta manera reducir el contenido armónico generado por los dispositivos no lineales, además de proporcionar potencia reactiva fundamental para de esta forma retribuir el factor de potencia de desplazamiento, debiendo de coordinar su operación con la demanda de la carga.

Están constituidos por una inductancia en serie con un capacitor que

puede estar conectado ya sea en delta o en estrella, y cuyos valores definen la frecuencia de sintonía. Véase la figura 2.39.



*Figura 2. 39 Arreglo de Filtro Sintonizado con Capacitor en Conexión Delta*

*Fuente. (Shaughnessy, 1999) & (Freire & Vergara, 2010)*

No obstante, al momento de la instalación de los filtros sintonizados, se consideró que su corriente esta constituida por la corriente de la potencia reactiva fundamental y por la corriente distorsionante generada, tanto por las cargas no lineales del usuario, como por la importación de la red de alta tensión.

Los efectos más relevantes de los filtros sintonizados en el sistema son:

- Disminución considerable de las armónicas en el sistema.
- Equilibrar el factor de potencia a frecuencia fundamental.

**Filtros desintonizados:** Los filtros desintonizados poseen similar arreglo y conexión a la red que los sintonizados pero estos se sintonizan a una frecuencia poco común (que no se espera que exista en el sistema), además dicha frecuencia tiene que estar muy por debajo de la armónica característica de menor orden, específicamente entre la 3era. y 4ta. Armónica.

Desde el punto de vista económico los filtros desintonizados tienen una mayor ventaja con respecto a los sintonizados, ya que éstos son más económicos debido a que sus componentes están expuestos a corrientes armónicas menores y pueden funcionar adecuadamente ante ciertas

ampliaciones de carga no lineal. Sin embargo, presenta una desventaja con respecto a su aplicación, esta no será conveniente cuando la carga distorsionante exceda el 40% de la total y se requiera cumplir con los límites establecidos en la norma IEEE 519.

Los efectos más relevantes de los filtros desintonizados en el sistema son:

- Resguardar a los capacitores.
- Obviar resonancias.
- Equilibrar el factor de potencia de desplazamiento.

### **2.3.4 Capacitores reforzados**

Los capacitores reforzados son hechos para precautelar la seguridad y continuidad de servicio de los equipos. Dichos capacitores se fabrican con un material dieléctrico reforzado, para ser más resistente con una gran durabilidad bajo condiciones adversas, pudiendo trabajar de forma continua a una corriente máxima del 170% de la corriente nominal. Además, son usados para resistir sobrecargas peligrosas.

### **2.3.5 Filtros de absorción de armónicos**

Son usados específicamente cuando el principal objetivo es la disminución de la distorsión armónica presente en las instalaciones.

Estos filtros están conformados por un conjunto de una o varias etapas filtrantes serie inductancia- capacitor (con un resistor para ajustar el factor de calidad), sintonizadas de tal manera que estén en el entorno de las frecuencias características que se desean eliminar, comenzando por la menor de las mismas, y sin excluir ninguna frecuencia característica intermedia (caso contrario, la misma se amplificaría).

En la práctica estos filtros están sintonizados a frecuencias levemente inferiores al armónico a filtrar, para de esta manera aportar en parte a la compensación del factor de potencia a la frecuencia fundamental.

La instalación de los filtros origina una modificación importante en la

topología del sistema eléctrico de alimentación. Por este mismo argumento, el diseño de los filtros de absorción debe ser realizado mediante un meticuloso análisis acompañado de un estudio del sistema completo en todas las circunstancias operativas. (Freire & Vergara, 2010)

### **2.3.6 Otras formas de mitigar los efectos de las armónicas y bajos factores de potencia**

Otra forma de disminuir los problemas causados por las armónicas es diseñando el equipo de la instalación para que no se vea afectado por las armónicas.

El equipo puede diseñarse para tolerar los efectos de calentamiento de las armónicas. Por citar un ejemplo, los conductores del neutro pueden dimensionarse lo suficientemente grandes como para transportar grandes corrientes debidas al efecto aditivo de las armónicas cuyos órdenes son múltiples de tres que, por lo general, estas armónicas generan calor inusual en los conductores del neutro del transformador, por tal motivo los transformadores pueden diseñarse con factores K para tolerar los efectos de los armónicos.

Otra forma de evitar problemas causados por armónicas, es el diseño e instalación apropiada de filtros que contrarresten las armónicas que se vayan a generar al poner en marcha equipos generadores o amplificadores de armónicas. Por mencionar otro ejemplo, los variadores de velocidad son las fuentes no lineales de armónicas más comunes en ambientes industriales.

Tanto los distribuidores como los usuarios finales (consumidores) de energía eléctrica especifican capacitores que no entren en resonancia con armónicas existentes para evitar de esta manera problemas de calidad de energía. (Freire & Vergara, 2010)

## **2.4 síntomas y efectos destructivos de los armónicos eléctricos**

Las corrientes armónicas producidas por cargas no lineales tales como lámparas fluorescentes, cargadores de baterías, rectificadores de baja potencia, convertidores de mediano tamaño, etc. Estas a su vez transmiten una potencia distorsionante de la fuente a la red eléctrica y viceversa, que sólo es consumida como pérdidas por efecto Joule, que a su vez se transforman en calor, de forma equivalente a la potencia reactiva fundamental relacionada al factor de potencia de desplazamiento. Algunos de los efectos producidos por el flujo de corrientes armónicas son:

- Sobrecalentamientos en conductores por lo general en el conductor neutro de los transformadores, o del panel principal de distribución. Dichos conductores toman temperaturas superiores a la habitual por efecto Joule, produciéndose pérdidas en las líneas, como solución rápida se debe aumentar la sección de los conductores.
- Sobrecalentamiento en motores eléctricos, producido por la presencia de armónicas de secuencia negativa, éstas producen un campo magnético en sentido contrario al producido por la fundamental, de esta manera van frenando al motor hasta llegar al punto de que este se queme.
- Calentamiento en los transformadores, las armónicas producen pérdidas adicionales en los devanados y en el circuito magnético.
- Resonancia en los tableros eléctricos, causado por las corrientes armónicas de alta frecuencia.
- Tripeo de breakers en los paneles eléctricos, estos pueden saltar debido al calentamiento y a las frecuencias más altas que la fundamental.
- Desconexión de equipos que son controlados o supervisados desde un sistema SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*).
- Interferencia inductiva en los circuitos de comunicación.
- Vibración tanto en motores como en generadores.

- Falla en bancos de capacitores.
- Efectos de resonancia que amplifican los problemas antes mencionados y pueden producir incidentes eléctricos, tales como mal funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia y control.
- Problemas de funcionamiento en instrumentos electrónicos sensibles. (Freire & Vergara, 2010).
- Si se dispone de equipos electrónicos sensibles en plantas industriales o en instalaciones médicas, donde las cargas no lineales sean sólo una ligera proporción, pueden llegar a producirse problemas en su funcionamiento, aplicables al sistema de puesta a tierra, transitorios, o distorsión armónica producida por otros usuarios, teniendo la obligación de identificar las causas para después tomar las respectivas acciones correctivas, que pudieran necesitar la instalación de protecciones o filtros.

#### **2.4.1 Síntomas y efectos destructivos de armónicos eléctricos en equipos electrónicos**

Tomando en consideración que el equipo electrónico es la principal fuente de la distorsión de la corriente, éste también puede ser una víctima más con respecto a la integridad del flujo de los datos.

Entre más elevada sea la frecuencia de la corriente, más alta será la frecuencia relativa al campo electromagnético. Esos campos pueden alterar los flujos de datos provocando su pérdida, errores, y velocidades de transmisión de datos más lentos.

La distorsión del voltaje creado por la interacción de la distorsión de la corriente con la impedancia del sistema, puede interferir con la operación del suministro de energía, produciendo retardos en el tiempo, inhibir equipos obligando a reiniciarlos, y daños al suministro de energía.

Los efectos de interferencia de las armónicas sobre equipos de radio y televisión son menos trágicos, así como en grabadoras de video y

sistemas de reproducción de audio, mientras que en instrumentos médicos la situación más grave sería que presenten un mal funcionamiento, razón por la cual para evitar esta situación estos son provistos con una línea de potencia acondicionada.

### **2.4.2 Síntomas y efectos destructivos de armónicos en motores**

Un efecto relevante de voltajes y corrientes armónicas en máquinas rotativas ya sea de inducción o sincrónicas, es el recalentamiento del equipo causado básicamente por dos situaciones: la primera debido a frecuencias armónicas (múltiplos de la fundamental); éstas van a producir pérdidas en el hierro de la máquina, y en el cobre de los bobinados.

Segundo, al ser más predominante la generación de armónicas de secuencia negativa en nuestro sistema, por ejemplo la quinta armónica, ésta producirá un campo magnético en sentido contrario al campo magnético creado por la fundamental, provocando desde luego calentamiento en los devanados de la máquina, inclusive puede llegar el caso hasta de quemar los devanados de la máquina hasta quedar fuera de servicio.

Por lo tanto, las componentes armónicas afectan directamente a la eficiencia de la máquina y el par de torsión desarrollado.

En resumen, los efectos más relevantes producidos por las armónicas en los motores son:

- ✓ Aumento de pérdidas por calor.
- ✓ Reducción del torque.
- ✓ Vibración anormal (>5mm/seg).
- ✓ Reducción de la eficiencia de la máquina.
- ✓ Disminución de su vida útil.



### **2.4.3 Causa y efectos de armónicos en transformadores**

Los efectos de armónicas en los transformadores son aquellos que se pueden identificar y/o percibir por dos situaciones: la primera, casi común, es por calentamiento parásito, debido a que las corrientes armónicas producen un incremento en las pérdidas del cobre, y en el flujo rezagado, mientras que los voltajes armónicos producen un incremento en las pérdidas del hierro, es decir, que el efecto de armónicas es doble, produciendo un incremento en el calentamiento del transformador al compararlo con la operación sinusoidal (fundamental) pura y la segunda es de aumentar el ruido auditivo.

En resumen los efectos más relevantes producidos por las armónicas en los transformadores son:

- ✓ Reducción de la eficiencia del transformador.
- ✓ Aumento en los costos de operación.
- ✓ Capacidad de operación disminuida con relación a su nominal, debido al calentamiento del transformador.
- ✓ Incremento en los costos de mantenimiento correctivo, por su reemplazo temprano.
- ✓ Disminución de la productividad de la empresa por paros de emergencia.

### **2.4.4 Causas y efectos de armónicos en alumbrado**

Como se sabe que todos los sistemas de alumbrado no incandescentes (cargas no lineales), crean distorsión en la corriente, por esta razón el alumbrado se considera como culpable y/o víctima de la distorsión armónica.

Sin embargo, los sistemas fluorescentes estándares y de HID (*High Intensity Discharge* – Descarga de alta intensidad), generan cerca del 15 % al 20 % de la distorsión armónica total (THD). Por otra parte, los balastos electrónicos pueden generar desde menos del 10 % hasta más del 40 % de

THD, dependiendo de su diseño. Esto indica que usando estos sistemas antes mencionados se induce distorsión de corriente dentro del sistema de potencia.

Por lo tanto, la presencia de distorsión de corriente armónica no necesariamente se traduce en problemas. Los problemas aparecen solamente cuando la distorsión de corriente tiene un efecto indeseable sobre el equipo. Con suficiente frecuencia la distorsión en los sistemas de iluminación no es problemática.

## **2.5 Consideraciones Generales de las Mediciones**

### **2.5.1 Parámetros Eléctricos Medidos**

De acuerdo al análisis se utilizó el criterio del Comité Europeo de Normalización (CEN) que publicó la Norma Europea EN50160, que hace referencia a las características de voltaje de la electricidad suministrada por los sistemas públicos de distribución emitida el 15/02/2000, el equipo analizador de calidad de energía eléctrica FLUKE 435, en su pantalla de configuración da a escoger entre esta normativa u otras. Pues, da estas alternativas debido a que en su pantalla de resumen al finalizar el análisis indica la magnitud de los incrementos y decrementos y las veces en el que el parámetro de voltaje fue violentado, según la norma que sea escogida.

Asimismo, la Norma EN50160 indica que el periodo de medición para un análisis debe ser de 7 días en el punto de transferencia de energía de la empresa eléctrica y el usuario, y debido a que el equipo analizador está diseñado para niveles de baja tensión fue necesario colocarlo en el primer punto accesible del lado de baja tensión de los transformadores de potencia como lo son en los tableros principales de distribución. También se decidió evaluar la información descargada del voltaje conforme a lo que dice la Norma EN50160, manualmente en la parte de las violaciones de incremento y decremento de voltaje, debido a que esta norma indica que para sistemas de baja tensión a 230v el incremento máximo de voltaje debe ser 6% y el decremento máximo de voltaje puede llegar a -10%, y la normativa impuesta en nuestro país por el CONELEC de acuerdo a la regulación 004/01; el distribuidor debe entregar el voltaje al consumidor

dentro del +/-10% de la magnitud del voltaje nominal.

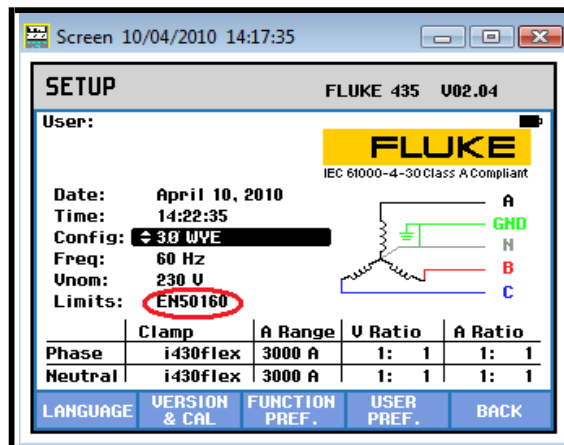


Figura 2. 40 Configuración Fluke 435 con la norma EN50160, 2010.

Fuente. El autor

### De los armónicos de voltaje y corriente.

Para analizar los armónicos de voltaje de los datos se descargó del FLUKE 435, luego me dirigí a la Norma del Comité Europeo de Normalización (CEN) EN61000-4-7 de compatibilidad electromagnética (EMC), el cual indica que para ensayos y técnicas de medición en general sobre los armónicos e inter armónicos, el THD de voltaje no debe exceder el 8% de distorsión contemplado en esta norma que fue publicada el 29/01/2003.

Para analizar los armónicos de corriente de los datos descargados del FLUKE 435 se emplea la norma del Instituto de Ingenieros Eléctricos Y Electrónicos (IEEE) en el cual indican en su Normativa IEEE – 519 que el THD de corriente máximo permisible debe de ser menor o igual a 8%.

### De los Flickers.

Para analizar los parpadeos de tensión FLICKERS de los datos descargados del FLUKE 435 se empleó las Normas del CONELEC 004/01, las europeas EN50160 y EN61000-4-15 de compatibilidad electromagnética (CEM) en la que indica que para ensayos y técnicas de medición de Flickers para sistemas de baja tensión, en corta duración debe ser máximo 1 Pst (short time, corta duración) y para el flicker de

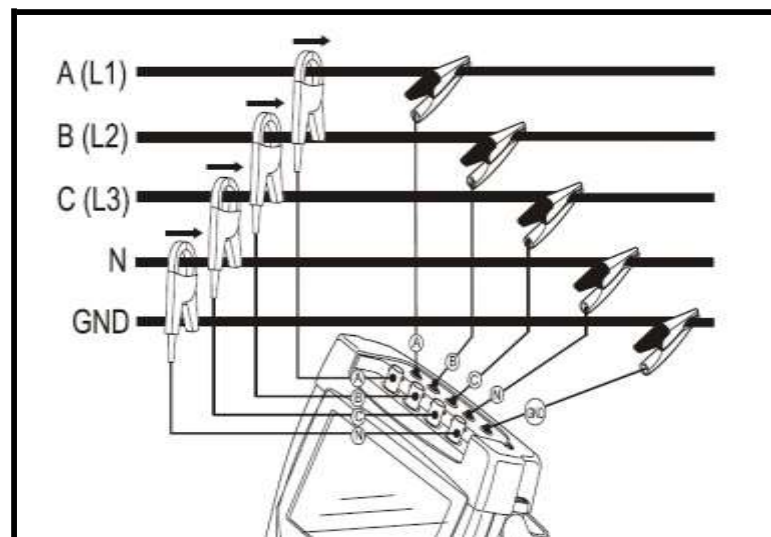
larga duración debe ser máximo 0,74 Plt (large time, larga duración).

### 2.5.2 Intervalo de Medición Utilizado

El equipo analizador de calidad de energía eléctrica tiene la particularidad de que se puede escoger el intervalo de registro de datos (ver anexo), en estudios de calidad de energía es usual y normativo utilizar intervalos de medición (captación de datos automática que realiza el equipo durante una medición continua) que van de alrededor de cada 10 minutos de captura de datos, se ha estimado conveniente utilizar un intervalo de registro de datos de cada 30 segundos, considerando que de esta manera se obtendría la información suficiente para que se pueda hacer definiciones basadas dentro de un margen de alta confiabilidad.

### 2.5.3 Puntos de Medición Seleccionados

Se determinó la necesidad de conectar el equipo Analizador en dos puntos de medición, en la cual se utilizó el diagrama de conexión para medición trifásica a 4hilos, con la dirección de las sondas de corriente hacia la carga, con referencia a tierra, el cual se muestra a continuación



en la figura 2.41.

Figura 2. 41 **FLUKE, 434/435**

Fuente. El autor

#### **2.5.4 Periodo de Medición**

Por motivo de que se configuró en el analizador de calidad de energía eléctrica Fluke 435 a un intervalo de captación de datos muy pequeño la capacidad de memoria de este equipo se llenaba prácticamente en cada 24 horas. Es por dicha razón que se realizaron algunas descargas de información para un mismo punto de medición.

## **CAPÍTULO 3**

### **DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE ENERGÍA**

La norma IEC 61000-4-30 define la calidad de energía eléctrica como las “características de la electricidad en un punto dado de una red de energía eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia”. Por otro lado, la norma IEEE 1159-1995 define la calidad de la energía eléctrica como “una gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica”

En general, la calidad de la energía eléctrica se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes. Por lo tanto, cuando se habla de power quality o calidad de la energía eléctrica, se está haciendo referencia tanto a la calidad de las señales de tensión y corriente, como a la continuidad o confiabilidad del servicio de energía eléctrica.

#### **3.1 Razones para realizar un análisis de calidad de energía**

##### **3.1.1 Seguridad**

Antes de agregar una nueva carga eléctrica a un panel o equipo existente, se debe realizar un estudio de carga para determinar si se cuenta con la capacidad suficiente para agregar nuevas cargas. El estudio de carga implica el uso de un registrador eléctrico para documentar los niveles actuales de carga (pérdida de corriente trifásica) con el tiempo. Por lo tanto, un estudio de carga se puede utilizar para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad locales y mucho más importante aún, el realizar un estudio de carga antes de añadir nuevas cargas puede evitar la sobrecarga de una toma existente, lo que te garantiza mayor seguridad y fiabilidad. (Mire bien, 2017)

### **3.1.2 Ahorro en costos energéticos**

Se conoce que los gastos energéticos son una parte importante del costo operativo total. Sin embargo, muchas empresas no conocen en qué gastan sus recursos de manera específica, normalmente las empresas solo pagan el monto total de la factura, pero no pueden evaluar si su gasto es normal o excesivo en comparación con las operaciones de otros meses.

Hoy en día, es posible ver qué cantidad de energía consume la empresa, cuándo, en qué y a qué tarifa/horario con solo registrar el uso energético en las actividades primarias y secundarias. Estos datos te servirán para descubrir diferentes gastos de energía, que se pueden rectificar únicamente con cambios operativos, como la desconexión de determinadas cargas, reducción de cargas durante los periodos en los que la tarifa es más cara o modificando los horarios de funcionamiento a periodos más baratos. (Mire bien, 2017)

### **3.1.3 Mayor precisión en la factura eléctrica**

Los propietarios de plantas eléctricas grandes y medianas suelen instalar contadores auxiliares a sus arrendatarios para controlar su consumo eléctrico específico, pero muchos de estos contadores se instalan incorrectamente, lo que pone en duda el consumo real.

Los problemas de instalación son variables; desde transductores de tensión instalados al revés o en la fase incorrecta, hasta errores de configuración en el contador auxiliar. Por esto, es recomendable comprobar las lecturas con un analizador de energía.

El registro de los datos proporciona un argumento de peso a la hora de comparar los datos de facturación con el consumo real de energía, una diferencia significativa entre la cantidad facturada y los datos del registrador indicarán que se debe realizar una revisión a la configuración y/o instalación del contador auxiliar.

### **3.1.4 Incentivos financieros**

Actualmente, algunas organizaciones gubernamentales ofrecen incentivos y descuentos para fomentar una reducción del consumo energético. Existen diferentes incentivos y descuentos por la modernización de edificios; como soluciones de iluminación eficiente y motores de alta eficiencia, así como la sustitución de arrancadores de motor por unidades de frecuencia variable. Para conceder dichos beneficios las empresas requieren la verificación de sus ahorros energéticos: el escenario ideal para un estudio de carga.

Un estudio de carga previo a dicha modernización servirá para documentar el gasto energético actual y para proporcionar una línea de base, mientras que un estudio posterior servirá para verificar los ahorros logrados a la finalización de las mejoras.

### **3.1.5 Solución de problemas**

Algunas veces, la única forma de resolver un problema es capturar y analizar los datos durante un amplio periodo de tiempo. En estos casos, los analizadores de energía son una excelente opción; ya que son accesibles y fáciles de utilizar, además de brindarle al usuario información más completa.

## **3.2 Analizador HT PQA924**



*Figura 3. 1 Analizador Ht PQA924*

Fuente: (Yoc, 2005)



El modelo de analizador de calidad de energía HT PQA924 permite un análisis fácil y rápido de una gran cantidad de datos en cualquier otro sistema. Gracias a un diseño innovador y una pantalla táctil TFT en color de pantalla gráfica, estos modelos finalmente satisfacen todas las solicitudes de cualquier verificador eléctrico exigente. La interfaz es increíble "fácil de usar" debido a la selección intuitiva de iconos de cualquier tipo de característica y la ayuda contextual que está disponible para cada pantalla.

Cada parámetro interno es fácil de alcanzar para el efecto de la estructura de árbol típica de Windows. El modelo permite la visualización de todos los parámetros, tanto en modo numérico como gráfico, con un gran uso de pantallas de formas de onda e histogramas (para análisis armónico). La característica del diagrama vectorial también permite evaluar el ángulo de fase mutuo entre los voltajes y la corriente para comprender la naturaleza inductiva o capacitiva de las cargas en una instalación.

El analizador de calidad de potencia HT PQA924 tiene una gran memoria interna para guardar los resultados de grabación de muchos parámetros (por ejemplo:> 3 semanas para 251 parámetros y un período integrado de 15 minutos), pero esta memoria puede ampliarse mediante el uso de compactos externos. Tarjetas flash instaladas en metros. La conexión USB de las unidades de lápiz también está disponible para transferir grabaciones desde el medidor y lograr una situación portátil práctica y segura de toda fecha. El medidor PQA924 funciona con una batería interna recargable de ión de litio que permite una operación completa durante más de 3 horas y se suministra con un adaptador de CA de 100 / 240V. La interfaz USB permite la conexión con la PC para descargar y analizar grabaciones con el software dedicado TOPVIEW Windows

El modelo de analizador de calidad de potencia HT PQA924 también permite la detección de transitorios de voltaje rápidos (picos) con una resolución mínima de 5us (200kHz) con configuración de diferentes umbrales de activación muy útiles para solucionar problemas en instalaciones industriales (monitoreo de descargas atmosféricas, análisis de problemas de

conmutación, ruido de frecuencia, etc.). (REG FARRELL ENGINEERING LTD, 2012)

### **3.3 Problemas de Energía**

La calidad de la energía eléctrica es una gran preocupación para los negocios de hoy en día. La mayoría de los problemas ocurren debido a un equipamiento electrónico protegido de forma inadecuada, que envía ruido eléctrico a través del sistema, un cableado o conexión a tierra incorrectos o cargas desequilibradas. Cinco categorías generales de irregularidades en la energía eléctrica incluyen:

- Sobrevoltaje
- Bajo voltaje
- Apagones
- Ruido eléctrico
- Distorsión armónica.

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA

Los parámetros de medición obtenidos serán comparados con las recomendaciones de estándares internacionales:

Según la regulación del CONELEC 004/01 Calidad de Servicio Eléctrico de distribución, establece un límite del 10 % para la variación del voltaje. El desequilibrio de tensión en la medición fue de 0.44% la cual no presenta ningún inconveniente a la red.

#### 4.1 Resultados de mediciones de energía

En la gráfica 4.1 se muestra el perfil de las mediciones de voltaje entre líneas, el comportamiento del voltaje promedio durante el periodo de monitoreo fue de 227.7 V, registrando valores instantáneos máximos y mínimos-. Alrededor de las 15h33min el día 05/09/2019 se presentó un flicker de voltaje, porque hubo una perturbación en media tensión a nivel de 13.9 KVA

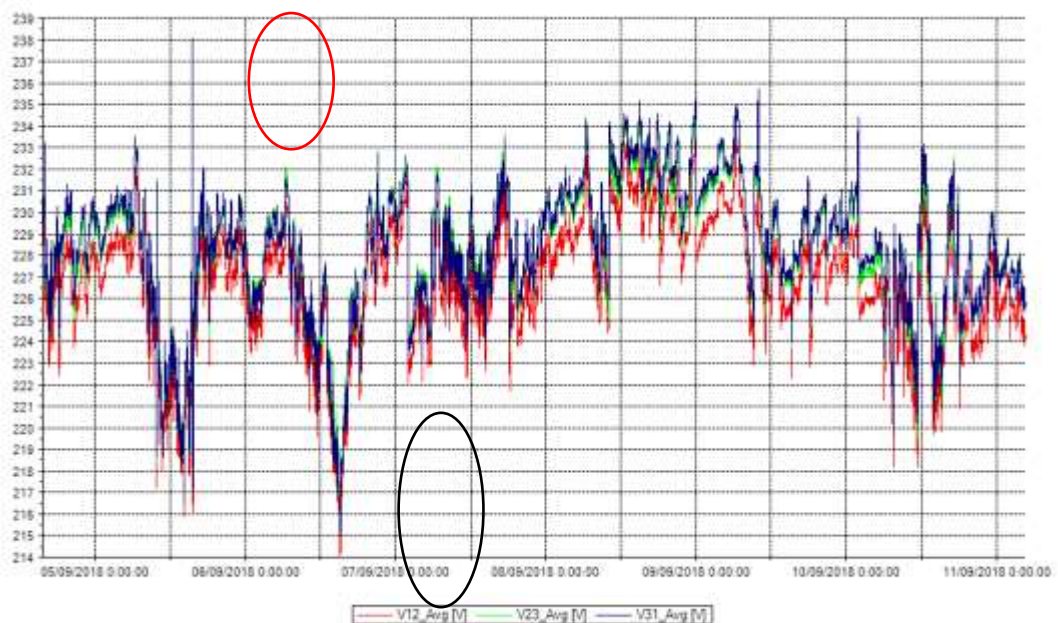


Figura 4. 1 Mediciones de Voltajes (TOPVIEW)

Fuente: El autor

## 4.2 Valores promedio de Voltaje

Los valores máximos y mínimos de voltajes registrados durante la medición se aprecian en la tabla 4.1

Tabla 4. 1 Registro de Voltajes

	V1	V2	V3
Valor Mínimo	214.0 V	215.5 V	215.1 V
Valor Máximo	235.0 V	235.5 V	239.1 V
Promedio	<b>226.7 V</b>	<b>229.2 V</b>	<b>229.3 V</b>

Fuente: el autor

El desequilibrio de la intensidad durante la medición fue de 11.35%, la cual se pudo notar que desde el periodo de las 9h00 hasta las 19h00 aproximadamente de cada día la corriente presenta muchas perturbaciones, como se muestra en la figura 4.2.

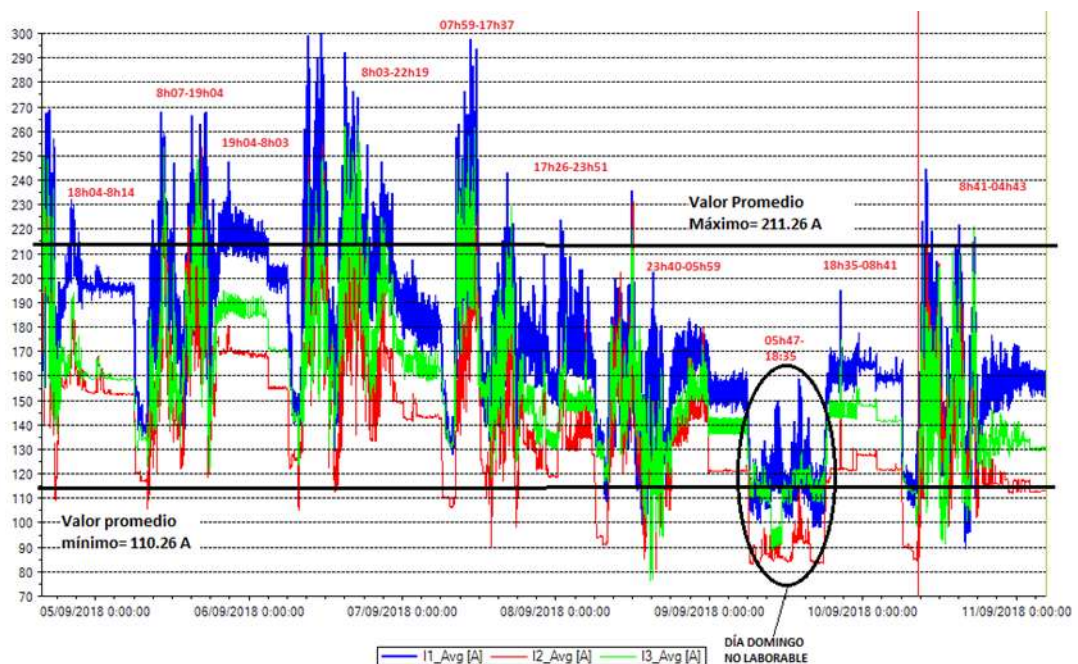


Figura 4. 2 Medición de Corriente (TOPVIEW)

Fuente: El autor

En la tabla 4.2 se muestra resultados del valor promedio de corriente que se presenta entre las fases:

Tabla 4. 2  
Corrientes

Registro de

	Corrientes
Corriente Mínima	110.26 A
Corriente Máxima	211.26 A
Corriente promedio	<b>155.23 A</b>

Fuente: el autor

La caída de tensión con su punto máximo es de 2.5% la cual no afecta a la red.

En la figura 4.3 se muestra la medición de la potencia activa (W) y se observa como varía la curva de potencia en los días correspondientes. Se presentan diferentes tipos de consumos:

- Consumo donde existen muchas perturbaciones: Este se produce debido a que todas las áreas están en funcionamiento y esto se da en el intervalo de 9h00 a 19h30, horas laborables, en promedio de 12 horas aproximadamente.
- El rango donde se mantiene la potencia, es en horas no laborables, esto se produce debido a que las cargas no están en operación y se da a partir de las 19h30 a 9h00 aproximadamente.
- Existió un gran desbalance ya que ese día fue día no laborable (domingo) y es ahí donde existe el cambio, ya que no hubo cargas que se encuentren en operación
- En la gráfica también se puede apreciar que el rango de potencia máxima durante la medición es de 34 horas aproximadamente.

En la figura 4.3 se muestra la gráfica de la medición de Potencia Activa

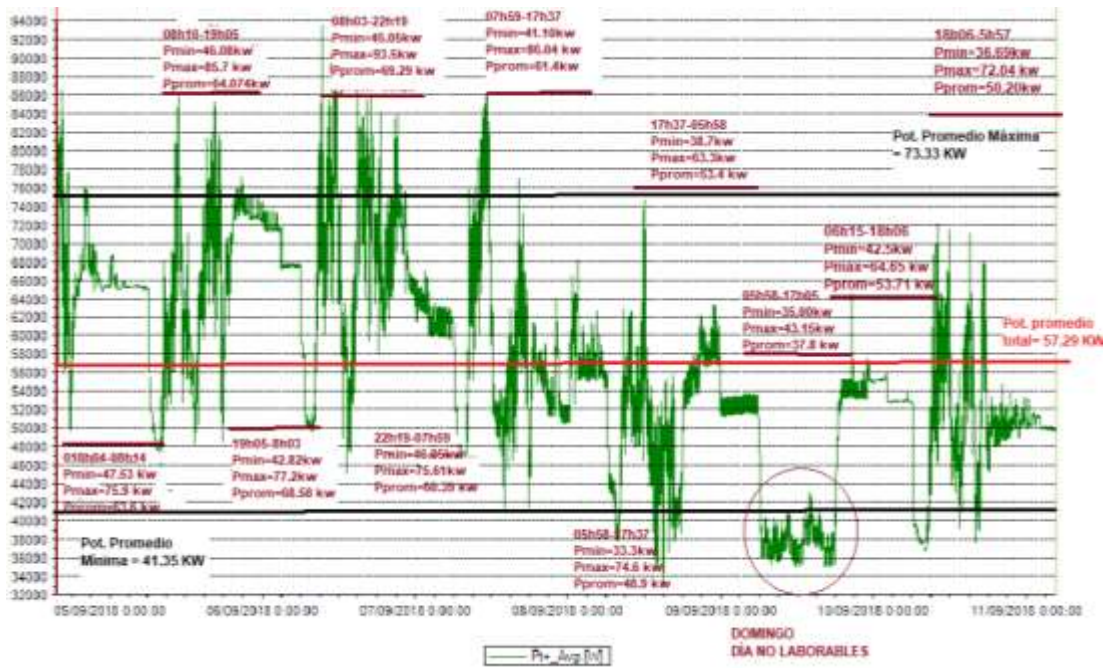


Figura 4. 3 Medición de Potencia Activa (TOPVIEW)

Fuente: el autor

A continuación, los valores promedios registrados durante la medición de potencia:

Tabla 4. 3 Registro de potencia máxima y mínimo

	PROMEDIO
19h04-09h14	63,6629 KW
09h10-19h05	64,074 KW
19h05-9h03	69,594 KW
09h03-22h19	69,293 KW
22h19-07h59	60,397 KW

07h59-17h37	<b>61,419 KW</b>
17h37-05h59	<b>55,779 KW</b>
05h59-17h05	<b>49,965 KW</b>
17h05-06h15	<b>53,491 KW</b>
05h59-17h05	<b>37,991 KW</b>
06h15-19h06	<b>53,771 KW</b>
19h06-05h57	<b>50,201 KW</b>

Fuente: el autor

En la tabla 4.4 se mostrará la potencia promedio registrada:

*Tabla 4. 4*  
*Potencias*

*Registro de*

		POTENCIA
Potencia	promedio	41 .35 KW
Mínima		
Potencia	promedio	73.33 KW
Máxima		
Potencia	promedio	<b>57.29 KW</b>
nominal		

Fuente: el autor



Según la regulación del CONELEC 004/01 Calidad de Servicio Eléctrico de distribución, establece un límite del 9% para la distorsión armónica de voltaje THDV.

En la gráfica 4.4 se muestra el perfil y espectro de distorsión armónica en voltaje, se registró un voltaje promedio de 1.9%, basados en la regulación CONELEC - 004/01, el resultado no presenta peligro para el sistema.

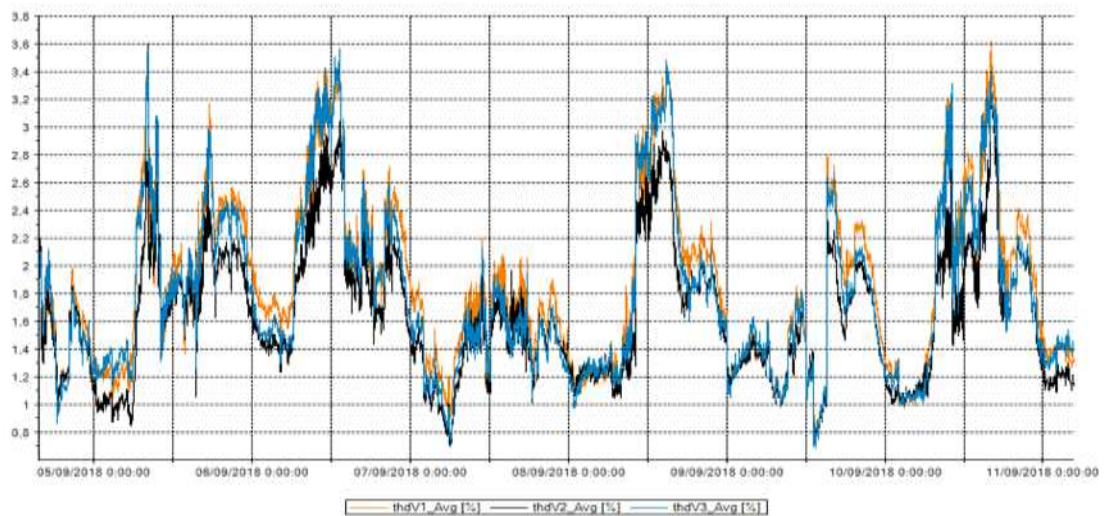


Figura 4. 4 Distorsión armónica de Voltaje (THDV)

Fuente: el autor

En la figura 4.5 se muestra el perfil de distorsión armónica de corriente (THDI), durante el periodo se registró un porcentaje promedio de 4.9% el cual se encuentra dentro de la norma IEEE 519-2014, tabla 4.2 que establece un límite del 9% para la distorsión armónica de corriente THDI



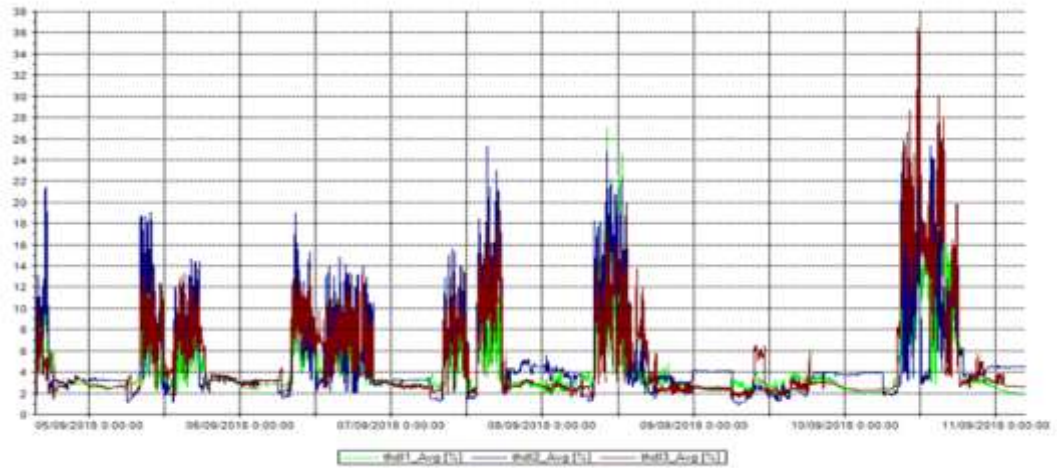


Figura 4. 5 Distorsión armónica de corriente (THDI)

Fuente: el autor

## **Conclusiones**

Se concluye que existe un desbalance de carga en el sistema de alimentación eléctrica en la fábrica de bloques y adoquines.

El consumo máximo de potencia activa es de 73.3 KW y que el transformador actualmente instalado satisface la demanda de potencia

La calidad de energía entregada por la red de media tensión es de calidad óptima, debido a que el factor de potencia se encuentra dentro del rango solicitado por el CONELEC. El desequilibrio en los valores de voltaje de baja tensión es causado por el tipo de carga que se conecta a dicha red.

Por medio del medidor de energía modelo PQA 924 marca HT, con sensores de corriente de hasta 3000 A. La medición fue realizada en baja tensión(240V).

El periodo de la medición fue de 169 horas aproximadamente, de estos parámetros eléctricos se obtienen valores máximos, mínimos, promedios para establecer los límites de operación del sistema eléctrico

Con la finalidad de mejorar las condiciones de operación de máquinas eléctricas en proceso de fabricación de bloques y adoquines se planea la alimentación a 460 Vca. Se justifica la adquisición de un transformador de potencia a 460 Vca y de los dispositivos de protección. Por esto es necesario el diseño adecuado a la capacidad interruptora para el corto circuito máximo.

El medio de protección se realiza por medio de un interruptor termomagnético, el cual debe estar diseñado para desconectar la instalación servida por cambios bruscos de corriente.

## **Recomendaciones**

Se recomienda que los diagnósticos por calidad de energía sean efectuados después de un año.

Se recomienda la gestión de un plan de mantenimiento predictivo que se apoye con otros tipos de tecnología como la termografía.

La temperatura del transformador está directamente relacionada con la duración de los materiales de aislamiento, por lo que es necesario prestarle atención. En el caso de transformadores construidos de acuerdo con normas ANSI, la temperatura máxima permitida para el aceite es de 90°C y la temperatura máxima del punto más caliente es de 110°C.

Es recomendable balancear cada una de las cargas que se conecten al transformador, y se debe evitar el arranque de cargas al mismo tiempo.

Dejando un 15 % de potencia para un posible aumento de carga, se debería instalar un transformador de 150 KVA para alimentar el muelle a un nivel de tensión de 460 V.

## **Bibliografía**

Arboleda, D. (2013). *Diseño de sistema para la gestión de mantenimiento de subestaciones para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.*

Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456799/4333/1/UPS-CT002624.pdf>

Arias, V. (s.f.). *Manual de mantenimiento preventivo y predictivo de una subestación*. Obtenido de .

Blasco, P. (2014). *SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN S.E.* Obtenido de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75509/PRACTICA%20AT\\_\\_RiuNET%20en1.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75509/PRACTICA%20AT__RiuNET%20en1.pdf?sequence=1)

Calderón, A., & Basto, J. (2010). *Desarrollo de un documento técnico para el correcto montaje, uso y desmontaje de los sistemas de acceso para actividades que implican trabajo en altura en el sector eléctrico "construcción de subestaciones eléctricas"*. Obtenido de <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/enfermeria/tesis99.pdf>

Caucalí, S. (2015). *MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORIENTADO A UNA ADMISNTRACIÓN ALTAMENTE EFECTIVA*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6611/ARTICULO%20TRABAJO%20FINAL.pdf;jsessionid=A31EA7539DE15499D5A9C717E95D426B?sequence=1>

- Educagratis. (2014). *Diagrama de Causa Efecto Ishikawa en Curso de Mantenimiento*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/educagratis/diagrama-de-causa-efecto-ishikawa-en-curso-de-mantenimiento>
- EMELNORTE. (2013). *Manual de operación subestación Alpachaca 69 kV*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456799/4459/4/05%20FECYT%201599%20MANUAL%20DE%20OPERACI%C3%93N.pdf>
- Gas Natural FENOSA. (2012). *Subestaciones eléctricas*. Obtenido de [https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/5724/mod\\_resource/content/0/Curso\\_Subestaciones.\\_Univ\\_Laboral\\_Haciadama\\_Parte1.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/5724/mod_resource/content/0/Curso_Subestaciones._Univ_Laboral_Haciadama_Parte1.pdf)
- Jaramillo, L., & Miño, L. (2019). *“Manual de verificación y mantenimiento Subestación Eléctrica CC Santo Domingo”*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456799/31303/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Landeros Cruz, S. (2019). *Interruptores de potencia*. Obtenido de [http://www.academia.edu/36729619/Interruptores\\_de\\_potencia](http://www.academia.edu/36729619/Interruptores_de_potencia)
- Mantenimiento IV. (2011). *Diagrama de Pareto*. Obtenido de <http://mtto4.blogspot.com/2011/10/diagrama-de-pareto.html>
- Moya Solorzano, M. (2006). *INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE INTERRUPTOR Y SECCIONADOR DE POTENCIA EN ALTA*

TENSIÓN . Obtenido de  
[http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/10665/1/moya\\_sm.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/10665/1/moya_sm.pdf)

NETA. (2009). *STANDARD FOR ACCEPTANCE TESTING SPECIFICATIONS for Electrical Power Equipment and Systems*. Obtenido de <http://www.iemworldwide.com/pdf/ansi-neta-ats-2009.pdf>

Ojeda Torres, J. (2011). *Manual de Mantenimiento para Subestaciones*. Obtenido de <http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/4222/4/capitulos.pdf>

PROYEC. (2017). *El mantenimiento eléctrico*. Obtenido de <https://www.proyecelectrica.com/servicios/mantenimiento-electrico>

RELSAMEX Electric. (2016). *Subestaciones Eléctricas*. Obtenido de <https://www.relsamex.com/subestaciones-electricas/>

Reportero Industrial. (2013). *Pararrayos poliméricos tipo estación con resistencia altamente no lineal*. Obtenido de <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Pararrayos-polimericos-tipo-estacion-con-resistencia-altamente-no-lineal+10095499>

Sánchez, A., & Bueno, J. (s.f.). *Transformador de corriente*. Obtenido de Urkund revisado por el Ing. Luis Vallejo

Sanz Osorio, J. (2016). *Energía Hidroeléctrica*. España: Prensas de la Universidad de Zaragoza. UNE.

Trabajo de operación. (s.f.). Obtenido de Urkund revisado por el Ing. Luis Vallejo

Trabajo de Titulación . (s.f.). Obtenido de Base de datos urkund del Ing. Luis Vallejos

Wikipedia. (2019). *Mantenimiento correctivo*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento\\_correctivo](https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_correctivo)

Yoc, J. (2005). *Mantenimiento predictivo en subestaciones de distribución de EEGSA utilizando termografía de rayos infrarrojos*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/09/09\\_0130\\_ME.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/09/09_0130_ME.pdf)

## ANEXO 1: Mantenimiento a Transformador de Potencia

### Inspección al transformador de potencia

Los siguientes componentes hacen parte de la inspección rutinaria y de haber algún cambio en su estado o cualquier anomalía encontrada durante esta inspección, se debe reportar inmediatamente a despacho de carga o al jefe departamental para su respectivo mantenimiento o reposición.

Aflojamiento de las piezas de fijación y de las válvulas. Cuando se encuentre los terminales de tierra flojos, se debe comunicar la novedad al jefe inmediato para desenergizar el transformador y apretarlos enseguida. Los tornillos de los cimientos que estén sujetos a grandes cargas, deben ser apretados firmemente para evitar el desplazamiento del transformador, en algunos casos las válvulas se aflojan debido a vibraciones.

Fugas de aceite. Las fugas de aceite pueden ser causadas por el deterioro de algún empaque o por mala posición de los mismos; algunas tardan en descubrirse, si hay algún defecto que pudiera causar una fuga, informar al jefe departamental o al personal de mantenimiento.

Deterioro del aceite de aislamiento El aceite de aislamiento se deteriora gradualmente por el uso, las causas son la absorción de la humedad del aire y de partículas extrañas que entran en el aceite y el principal efecto es la oxidación. El aceite se oxida por el contacto con el aire, éste proceso se acelera por el aumento de la temperatura del transformador y por el contacto con metales tales como el cobre o hierro. Además de lo anterior; el aceite sufre una serie de reacciones químicas tales como la descomposición y la polimerización, que producen partículas que no se disuelven en el aceite y que se precipitan en el núcleo y bobinados. Estas partículas son llamadas sedimentos. Los sedimentos no afectan directamente la rigidez dieléctrica, pero los depósitos que se forman sobre los devanados impiden su normal refrigeración.

Prevención del deterioro del aceite Debido a que el deterioro del aceite es causado generalmente por la oxidación, el método para prevenirlo consiste



en reducir al mínimo posible su superficie de contacto con el aire. Con este propósito se usa un tanque conservador. La humedad también acelera el deterioro del aceite y para evitar esto se debe usar un respirador deshidratante.

El método ideal es aquel que utiliza colchón de nitrógeno, o aquel que utiliza una membrana en la superficie del aceite para evitar que el aceite entre en contacto directo con el aire.

Silica gel: Este dispositivo está hecho para eliminar la humedad y el polvo que entran al transformador, con el movimiento del aire resultante de la fluctuación de la temperatura del aceite del transformador; el recipiente de silica gel está colocado entre el paso del aire del transformador y la atmósfera.

Está formado por un depósito con un agente deshidratante y aceite, así como de las partes metálicas para su fijación. El empaque debe verificarse para ver si está bien asegurado, de manera que no permita la entrada de aire al transformador por ningún sitio que no sea el orificio del respiradero. También verifique si el nivel de aceite del depósito no es más bajo que el nivel fijado. Si el agente deshidratante se humedece con aceite, es porque hay demasiado aceite en el depósito, o porque hay alguna falla interna cuya causa debe detectarse. Se usa gelatina de silicio como agente deshidratante. Generalmente está teñido de azul con cloruro de cobalto, y cuando la absorción de humedad llega a un 30 ó 40 %, el color cambia de azul a rosa; en tal caso se debe cambiar la gelatina de silicio o secarla para volver a usarla. Para regenerarla, coloque la gelatina de silicio en una cubeta o en un perol limpio y agítela mientras la calienta a una temperatura de 100 a 140 °C; continúe el calentamiento hasta que el color cambie de rosa a azul o extienda la gelatina de silicio mojada en un receptáculo, como una caja de filtro por 4 ó 5 horas, manteniendo la temperatura del secado entre 100 y 140 °C.

Equipo de refrigeración El equipo de refrigeración es la parte más importante en el funcionamiento diario y normal de un transformador. Por lo tanto es

necesario un cuidado especial en su mantenimiento e inspección, ya que cualquier anomalía puede reducir la vida útil del transformador o causar defectos serios. El tipo de enfriamiento de los transformadores de potencia instalados en la subestación son: Tipo (OA/FA/FOA) Sumergido en aceite con enfriamiento propio a base de aire forzado y aceite forzado.

Radiador de tipo auto-enfriamiento Verifique la fuga de aceite de las cabeceras del radiador y de las partes soldadas del panel o del tubo. Si se acumulan sedimentos en las hojas o en el tubo, el flujo del aceite se dificulta y la temperatura desciende, por esta razón verifique con la mano si estas partes tienen una temperatura adecuada. Si los radiadores son del tipo desmontable verifique que las válvulas se abran correctamente, a la vez chequear que los ventiladores operen adecuadamente sin ruido y giren en el sentido correcto, es decir que esté evacuando el calor de los radiadores

Nivel de aceite El medidor de nivel de aceite está colocado fuera del tanque conservador y es de construcción simple; este muestra el nivel del aceite directamente observándolo desde el exterior.

- Una fuga de aceite es visible.
- Los cristales se manchan con frecuencia.
- El medidor de aceite es resistente a daños y a fallas de indicación.

Revisar que la cuba del transformador se encuentre en buen estado y sin ningún tipo de goteo de aceite. Al encontrar un escape de aceite debe chequearse el nivel de aceite por lo menos dos veces al día. Reportar inmediatamente esta anomalía.

Indicador del nivel de aceite tipo reloj En este indicador el eje giratorio tiene en un extremo un flotador que soporta un brazo conectado al indicador y en el otro extremo un magneto para hacer girar el rotor y permitir el movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador. Cuando el nivel del aceite cambia éste acciona el brazo de soporte que hace girar el magneto en el otro extremo y éste a su vez acciona el rotor a través de la pared de división que está colocada fuera del indicador. “La aguja señala el nivel del aceite”. El indicador necesita el mismo cuidado de mantenimiento que cualquier

instrumento ordinario; además como indicador con flotador metálico, requiere atención cuando hay una indicación incorrecta debida a la penetración del aceite al flotador, por vibraciones y sobre todo cuando ha funcionado por largo tiempo.

Válvula de alivio de presión Está instalada en la parte superior del transformador, la válvula de alivio de presión con contactos de alarma, acciona la alarma cuando funciona la aguja del interruptor. Está colocada haciendo contacto con la placa de expansión; el resorte de ajuste y los contactos del micro interruptor están en relación con el elevador que se relaciona a su vez con la aguja del interruptor. Cuando hay un accidente, la presión interna aumenta y empuja la válvula hacia afuera, haciendo funcionar a la aguja del interruptor, la cual empuja y dobla la placa de expansión.

Inspección del estado del transformador La superficie se inspecciona visualmente buscando puntos que presenten corrosión o desgaste en la pintura. De igual forma se debe inspeccionar el entorno del transformador como son:

- Todo tipo de vegetación que se encuentre cerca al transformador.
- Revisión e inspección visual de conexiones eléctricas.
- Inspección visual de las conexiones de los aisladores o bushings.
- Inspección visual de los terminales de conexión de los circuitos.
- Control del transformador.
- Temperatura y presión del transformador.
- Nivel de aceite.
- Rigidez dieléctrica del aceite.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cedeño Figueroa Nicacio Sebastián** con C.C:0916541303 autor del componente práctico del examen complejo: **Estudio de la calidad de energía en fábrica de bloques y adoquines**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de septiembre del 2019

---

**Cedeño Figueroa, Nicacio Sebastián**

C.C: 0916541303

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DEL COMPONENTE PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio de la calidad de energía en fábrica de bloques y adoquines.		
<b>AUTOR:</b>	Cedeño Figueroa Nicacio Sebastián		
<b>REVISOR:</b>	Ing. Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Eléctrico-Mecánica		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	19 de septiembre del 2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	82
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Energía, eficiencia energética, mediciones eléctricas.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Tablero Eléctrico, cargabilidad, calidad de energía, transformador de potencia.		

#### RESUMEN:

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal, solucionar el problema de caída de tensión por la carga o consumo de máquinas eléctricas y que se refleja en el disparo del breaker del tablero principal de una planta que fábrica bloques y adoquines. Sin embargo, al suspenderse el suministro eléctrico se paraliza el proceso fabricación de bloques y adoquines. La metodología que se va aplicar es documental ya que se van detallar el estado de consumo eléctrico y cargabilidad del sistema eléctrico de una fábrica. También se empleará el método exploratorio, ya que obtendrá un diagnóstico de la calidad de energía en dicha fabrica. Se utiliza finalmente el método analítico por una propuesta para plantear el uso de un transformador de potencia. El resultado esperado es solucionar la caída de tensión cuando operan las máquinas eléctricas en la fabricación de bloques y adoquines

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	Teléfono: +593	E-mail: scedeno_77@hotmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre: Ing. Orlando philco Asqui</b>	
	<b>Teléfono: +593-9-90960975</b>	
	<b>E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec</b>	

#### **SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA**

<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	