

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

REPOTENCIACIÓN DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO DE
CONTROL EN ESFOT

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

VELASCO ERAZO FREDERICK JAVIER

frederick.velasco@epn.edu.ec

COLLAGUAZO ARELLANO ADAN MOISES

adan.collaguazo@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. PROAÑO CHAMORRO PABLO ANDRÉS

pablo.proano@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. ROMO HERRERA CARLOS ORLANDO

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, Junio, 2018

TABLA DE CONTENIDOS.

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- Introducción.....	1
1.2.- Objetivos	2
1.2.1.- Objetivo general	2
1.2.2.- Objetivos específicos	2
1.3.- Definiciones.....	2
1.3.1.- Tablero de Control.-	2
1.3.2.- Analizador de Red.-	2
1.3.3.- Contactor.-.....	3
1.3.4.- Relé electromagnético.-	3
1.3.5.- Disyuntor.-	3
1.3.6.- Voltímetro.-	3
1.3.7.- Luces piloto.-	3
1.3.8.- Interruptor. -.....	4
1.3.9.- Botón de paro de emergencia. -	4
2.- METODOLOGÍA.....	4
2.1.- Tipo de metodología	4
2.2.- Pasos metodológicos.....	4
3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
3.1. Identificación de requerimientos	7
3.2. Reacondicionamiento de los elementos del tablero.....	11
3.2.1.- Cambio del breaker de alimentación	11
3.2.2.- Cambio de contactores de 6 (A) a 22 (A).....	13
3.3.- Instalación del Sistema de Maniobra	16
3.3.1.- Instalación de contactor principal de 50 (A)	16
3.3.2.- Instalación de pulsadores marcha – paro.....	19
3.4.- Instalación del Sistema de Protección	20
3.4.1.- Instalación para la protección de pérdida de fase.....	20
3.5.- Instalación de Elementos de Señalización.....	22
3.5.1.- Instalación de luces para energización del tablero de control	22
3.5.2.- Instalación de luces para el supervisor de fase	22
3.5.3.- Instalación de luces y accionamiento de cada mesa	23
3.5.4.- Instalación de voltímetros analógicos.....	23
3.5.5.- Instalación del analizador de red	24

3.5.6.- Instalación del transformador de corriente	26
3.5.7.-Diseño del diagrama unifilar	27
3.5.8.-Diseño del diagrama de control y fuerza	27
3.5.9.-Identificación de los cables de control y fuerza	30
3.6 PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS	31
3.6.1.- Prueba de funcionamiento breaker 63 (A)	31
3.6.2.- Pruebas de funcionamiento de la Instalación del Sistema de Maniobra.....	31
3.6.3.- Pruebas de funcionamiento de los pulsadores de marcha – paro de cada mesa ..	32
3.6.4.- Pruebas de funcionamiento de la protección de pérdida de fase.....	33
3.6.5.- Prueba de funcionamiento de las luces piloto	34
3.6.6.- Prueba de funcionamiento de los voltímetros analógicos	35
3.6.7.- Prueba de funcionamiento del analizador de red	35
4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
4.1 Conclusiones:.....	37
4.2 Recomendaciones:	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXOS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Tablero de distribución	7
<i>Figura 2</i> Breaker de alimentación del tablero	8
<i>Figura 3</i> Tablero condiciones iniciales	9
<i>Figura 4</i> Interior del tablero sin protecciones	10
<i>Figura 5</i> Amperímetros desconectados	11
<i>Figura 6</i> Breaker de 63 (A)	13
<i>Figura 7</i> Acondicionamiento del cableado instalado	13
<i>Figura 8</i> Contactores de 22 amperios.	15
<i>Figura 9</i> Contactor principal de 50 (A).	17
<i>Figura 10</i> Selector de dos posiciones	17
<i>Figura 11</i> Botón paro de Emergencia.	18
<i>Figura 12</i> Diagrama de control y fuerza del contactor principal.	18
<i>Figura 13</i> Pulsadores de marcha-paro	19
<i>Figura 14</i> Circuito de control de contactores de cada mesa	20
<i>Figura 15</i> Relés de control de protección de falta de fase.	21
<i>Figura 16</i> Circuito de control de supervisor de fase	21
<i>Figura 17</i> Luces piloto de accionamiento breaker principal y contador principal	22
<i>Figura 18</i> Luces supervisor de fase	23
<i>Figura 19</i> Luces de encendido de cada mesa	23
<i>Figura 20</i> Voltímetros analógicos	24
<i>Figura 21</i> Analizador de red.	25
<i>Figura 22</i> Montaje de analizador de red.	25
<i>Figura 23</i> Diagrama de instalación de analizador de red	26
<i>Figura 24</i> Transformador de corriente.	26
<i>Figura 25</i> Diagrama unifilar del breaker de alimentación	27
<i>Figura 26</i> diagrama de control y fuerza del tablero de control	29
<i>Figura 27</i> Identificación de cables.	30

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Consumo de motores trifásicos.</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2 funcionamiento del breaker de 63 (A)</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 3 Funcionamiento de los elementos de maniobra del contactor de 50 amperios</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4 Funcionamiento de los pulsadores de marcha</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5 Funcionamiento de los pulsadores de marcha</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6 Funcionamiento de los pulsadores de marcha</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 7 Funcionamiento de las luces piloto</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 8 Funcionamiento de los voltímetros.</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 9 Funcionamiento del analizador de red.</i>	<i>35</i>

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Introducción

En la industria la importancia de los tableros de control es elevada ya que en ellos se debe concentrar toda la operación eléctrica, para un área de trabajo, con las condiciones apropiadas a la necesidad de dicha área. El tablero de control es responsable de recibir y distribuir las líneas de alto o medio voltaje, para así ser repartidas a diferentes estaciones o puestos de trabajo de un lugar determinado.

Dentro de la Escuela Politécnica Nacional, se encuentra la escuela de formación de tecnólogos (ESFOT). La ESFOT cuenta con el laboratorio de tecnología industrial y de este laboratorio se benefician principalmente los estudiantes de las carreras de tecnología en electrónica y telecomunicaciones y tecnología electromecánica.

El laboratorio de tecnología industrial, antes de convertirse en un laboratorio formaba parte de la ESFOT como sala de lectura y biblioteca, que para estas actividades no era indispensable contar con un tablero de distribución.

El tablero de distribución fue diseñado y elaborado por estudiantes de la ESFOT, con el objetivo de distribuir una apropiada corriente eléctrica hacia las mesas de trabajo para uso y aprendizaje de los estudiantes del laboratorio.

El éxito y crecimiento del laboratorio creó la necesidad de repotenciar el tablero de distribución puesto que los componentes y diseño del tablero de distribución ya no satisfacían la demanda de corriente y voltaje que exigía el laboratorio.

Para la repotenciación del tablero de distribución fue necesario una investigación de cargas eléctricas que indicaran valores y datos que permitieran dimensionar los elementos que serían reemplazados y los elementos que tuvieron que ser implementados.

La implementación del sistema de maniobra, protección, señalización y monitoreo que se realizó en el tablero de distribución lo convirtió en un moderno tablero de control, adecuado para el laboratorio de tecnología industrial.

1.2.- Objetivos

1.2.1.- Objetivo general

Repotenciar el tablero de distribución del laboratorio de control ESFOT.

1.2.2.- Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos del laboratorio
- Acondicionar los elementos existentes de la acometida y del tablero de control
- Implementar el sistema de maniobra para el tablero
- Implementar el sistema de monitoreo
- Implementar los sistemas de protección
- Señalizar el tablero y sus elementos.
- Redactar un manual de usuario.

1.3.- Definiciones

1.3.1.- Tablero de Control.- son aquellos cuadros eléctricos que albergan los elementos de protección, maniobra, control y medición. Es típico en industrias, donde se desea activar o desactivar interruptores, generalmente de tipo rotativo, para realizar tareas en el proceso productivo y visualizar su estado actual, indicado mediante lámparas de señalización de diversos colores, principalmente verde y rojo. (Fernandez, Cerda, & Bezos, 2014)

1.3.2.- Analizador de Red.- En las instalaciones eléctricas modernas, gran parte de los dispositivos de medición han sido sustituidos por otros equipos más sofisticados que cumplen la función de amperímetro, voltímetro, vatímetro y cosfímetro de manera integrada. Este dispositivo conocido como analizador de redes o central de medida, permite la comprobación

de numerosos parámetros de una instalación eléctrica en funcionamiento. (Fernandez, Cerda, & Bezos, 2014)

1.3.3.- Contactor.- es un aparato electromecánico, accionado generalmente de forma eléctrica, que es capaz de establecer, soportar e interrumpir la corriente que circula por el circuito en condiciones normales, incluidas determinadas condiciones de sobrecarga en servicio. Su función en el circuito consiste en conectar y desconectar los elementos en el circuito de mando. (P. Ubieto & P. Ibañez, 1998)

1.3.4.- Relé electromagnético.- el relé electromagnético aprovecha el campo magnético inducido por la corriente eléctrica que circula a través de él, para disparar un contacto asociado. Puesto que el campo magnético inducido es proporcional a la corriente. (P. Ubieto & P. Ibañez, 1998)

1.3.5.- Disyuntor.- es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar, e interrumpir la corriente del circuito siendo ésta la normal de servicio estando en carga o, circunstancialmente, en condiciones específicas de sobre intensidades. Capaz de cortar intensidades de cortocircuito. (P. Ubieto & P. Ibañez, 1998)

1.3.6.- Voltímetro.- El vatímetro se utiliza para conocer la tensión entre dos puntos del circuito. La medida puede realizarse directamente sobre dos conductores activos o entre los terminales de un receptor. Los voltímetros utilizados en automatismos industriales suelen estar provistos para medir cada una de las tres tensiones de fase y cada una de las tres tensiones de línea. (Fernandez, Cerda, & Bezos, 2014)

1.3.7.- Luces piloto.- Son muy comunes en los circuitos de maniobra para indicar el estado de los procesos industriales. (Fernandez, Cerda, & Bezos, 2014)

1.3.8.- Interruptor. - dispositivo de mando accionado manualmente que al actuar sobre él cambia de posición y recupera su posición de reposo al actuar de nuevo sobre el mismo. (Barbado Santana, Sierra, & Aparicio Bravo, 2013)

1.3.9.- Botón de paro de emergencia. - el dispositivo de emergencia previene situaciones de peligro, para evitar daños en la máquina o a personas, en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes, y se activa con una sola maniobra (Barbado Santana, Sierra, & Bravo, 2013)

2.- METODOLOGÍA

2.1.- Tipo de metodología

El tipo de investigación utilizado es práctica y experimental. De tipo práctica porque este tipo de investigación se orienta al diseño y elaboración de proyectos y de tipo experimental porque se basa en una necesidad la cual recurre a la ciencia y la lógica para poder solventar dicha necesidad.

2.2.- Pasos metodológicos

Para repotenciar el tablero de distribución se implementó sistemas de monitoreo de variables eléctricas, protección, y señalización.

Este proyecto se logró cumpliendo con los siguientes objetivos:

.- Identificar los requerimientos del laboratorio: Mediante un estudio, se identificó los equipos a proteger y los elementos de protección con el dimensionamiento correspondiente.

Se analizó los valores, voltaje y potencia, necesarios para las mesas de trabajo y se consideró los requerimientos de protección y monitoreo implantados.

.- Reacondicionar los elementos existentes de la acometida y del tablero de control: Se cambió los contactores de las mesas y el breaker de acometida, por elementos de mayor amperaje según el dimensionamiento especificado en el capítulo tres.

.- Implementar el sistema de maniobra para el tablero: Se implementó un contactor principal, para energizar las barras de distribución (fases, neutro, y tierra). Se instaló también botones de marcha-paro para cada mesa, con el propósito de energizarlas y desactivarlas de manera independiente y práctica. Por último, un selector general en el tablero facilitó maniobrar para mantenerlo en el estado que se considere necesario.

.- Implementar el sistema de monitoreo: Se instaló un monitor de red, este elemento refleja todo el tiempo de trabajo valores necesarios que indiquen un correcto funcionamiento del tablero. Cuatro voltímetros analógicos complementaron las señales de voltaje, uno entre líneas y tres se distribuyeron para cada línea, entre línea y neutro. Se conectaron luces de visualización para indicar los estados del tablero, pérdidas de fase, señales de precaución o para mostrar un normal funcionamiento.

.- Implementar los sistemas de protección: Para el sistema de pérdida de fase se instalaron tres relés, uno por cada fase, al existir una pérdida de fase se podrá distinguir mediante una luz en el tablero, que indicará la fase que necesita atención de reparación, conjuntamente se instaló un paro de emergencia, que trabaja con el contactor principal del tablero, de manera que al presionarlo desactive la energía en las mesas de trabajo.

.- Señalizar el tablero y sus elementos: Se realizó el cableado de los nuevos elementos instalados y la readecuación del cableado anterior del tablero, para poder facilitar la señalización de los cables y proceder a la realización de los planos tanto de control como de fuerza y la señalización de los elementos implementados.

.- Realizar un manual de usuario: Ya finalizado el trabajo práctico, se realizó un manual para el usuario, de manipulación y mantenimiento del tablero.

Con la obtención de las medidas del laboratorio se puede determinar la cantidad de cable y de canaletas que se necesitarán para la instalación, al igual que las dimensiones del tablero

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aumento de equipamiento en el laboratorio hizo que la demanda de voltaje y corriente aumente, para lo cual fue necesario implementar nuevos equipos, tecnologías y formas de operación en el tablero.

Para repotenciar el tablero de distribución del laboratorio de tecnología industrial, se necesitó instalar circuitos de maniobra, elementos de protección y visualización.

Se implementó un sistema completo de monitoreo que permite mostrar valores exactos de voltaje, corriente o factor de potencia.

Como protección se instaló elementos que permitirán cuidar los equipos del laboratorio y posibles accidentes eléctricos que relacionen a estudiantes o usuarios del laboratorio.

Las luces indicadoras para las líneas, las mesas de trabajo, los estados del tablero (on-off) y para identificar fallas de manera rápida y oportuna también fueron instaladas.

El resultado final se muestra en la figura 1.



Figura 1 Tablero de distribución

Fuente: Propia

3.1. Identificación de requerimientos

Para iniciar la repotenciación se procedió a la identificación del estado actual del tablero de distribución, para así poder realizar cambios y modificaciones. Esta inspección mostró las siguientes novedades:

- El Breaker como se muestra en la Figura 2, el cual permite alimentar desde la caja de distribución al tablero de distribución, será analizado para probar si su diseño cumple con el dimensionamiento adecuado para cubrir la demanda de corriente que necesita el laboratorio.



Figura 2 Breaker de alimentación del tablero

Fuente: Propia.

- Se analizó los mandos eléctricos y electromecánicos que requería el tablero, ya que no contaba con los elementos de control necesarios para una apropiada manipulación. El tablero de control no tenía un mando adecuado para la desenergización, para realizar trabajos internos o para apagar el tablero se tenía que interrumpir la corriente eléctrica en todo el laboratorio. En caso de emergencia el tablero no contaba con un pulsador de paro general. El voltímetro instalado únicamente medía voltaje entre dos líneas, mas no tenía medición de todas las líneas y los contactores de cada mesa solo tenían un pulsador de marcha, y no contaba con uno de paro como se muestra en la figura 3.



Figura 3 Tablero condiciones iniciales

Fuente: Propia.

- Mediante un estudio se constató que la distribución de cables no era el más adecuado para un tablero de control puesto que en condiciones iniciales se lo encontró desorganizado y sin identificación. La importancia de realizar un cableado organizado e identificado es por la necesidad de poder llevar mantenimientos apropiados o para identificar rápidamente cualquier cable del circuito por posibles reparaciones.
- Un análisis en las cargas y en los elementos del tablero reflejó los sistemas de protección que fueron necesarios instalar para resguardar los equipos o motores que se utilizan en el laboratorio en una posible pérdida de fase. La figura 4 muestra el interior del tablero de distribución sin protecciones.



Figura 4 Interior del tablero sin protecciones

Fuente: Propia.

- El tablero de distribución contaba con un diagrama de control, el cual se revisó y se verificó el cableado mediante un multímetro midiendo continuidad de corriente. El estudio reveló que el diagrama no cumplía con la instalación realizada.
- Se midió el amperaje en las líneas y se determinó que la corriente sobrepasaba la escala para los multímetros instalados, por esta razón se dedujo que los multímetros no eran adecuados para el valor de la corriente y por este motivo no estaban conectados, como se observa en la figura 5.



Figura 5 Amperímetros desconectados

Fuente propia.

3.2. Reacondicionamiento de los elementos del tablero

3.2.1.- Cambio del breaker de alimentación

Debido a que se implementó nuevas mesas de trabajo en el laboratorio de tecnología industrial, aumentó la carga eléctrica que va a soportar el breaker.

Con las nuevas condiciones en el laboratorio de tecnología industrial se dimensionó el breaker de alimentación

Para dimensionar el breaker de alimentación se procedió a realizar el cálculo a base de la potencia aparente [S]. Para la construcción del laboratorio se definió una potencia aparente para cada mesa de trabajo de 2 590 KVA, este valor se multiplicó por un coeficiente de dimensionamiento de 1.5, y reveló que cada mesa consumía 3 885,83 KVA. Lo que multiplicado por las seis mesas de trabajo muestra que la potencia aparente que consumía el laboratorio aproximadamente fue de 23,315[KVA]

Con lo que se obtuvo la corriente total ya que el voltaje es de 220[V] a través de la ecuación 1.

$$I_t = \frac{S_t}{\sqrt{3} \times V} \quad (1)$$

Dónde:

I_t = corriente total

S_t = potencia aparente

V = voltaje

$$I_t = \frac{23.315}{381,05}$$

$$I_t = 61,18 \text{ (A)}$$

Al obtener la corriente total de 61,18 (A) se realizó la comparación con el breaker instalado que es de 40 (A), esto determinó que el breaker instalado no soportaría el aumento de corriente que solicitaba el laboratorio. Se cambió el breaker de 40 (A) por un breaker de 63 (A), para que cubra la necesidad de corriente de 61,18 (A). La figura 6 muestra el breaker de 63 (A) que se instaló en el tablero, para que soporte la corriente total que consumirá el laboratorio.



Figura 6 Breaker de 63 (A)

Fuente: Propia.

Se realizó el acondicionamiento del cableado instalado ya que al desmontar las tapas de las canaletas se verificó que el cableado contenía excedente de cable y sus conexiones estaban en desorden, lo cual podría ocasionar una mala conexión o causar posibles fallas eléctricas de cortocircuito o sobrevoltaje en los elementos dentro del tablero. En la figura 7 se observa cómo se ordenó los cables, por medio de amarras se separó los cables de control y fuerza.

Se retiró el excedente de cable para obtener el espacio suficiente para realizar trabajo de conexiones.



Figura 7 Acondicionamiento del cableado instalado

Fuente: Propia.

3.2.2.- Cambio de contactores de 6 (A) a 22 (A)

Se realizó el dimensionamiento de los contactores instalados, debido a que los contactores que se encontraban instalados tenían la capacidad de corriente de 6 (A), lo cual no cubría los picos de corriente de arranque que se obtenían en cada mesa de trabajo ya que cada una de

estas opera con motores de 1hp, para lo cual se realizó un análisis del consumo de corriente en su punto más alto por medio de la siguiente tabla de motores.

Tabla 1 Consumo de motores trifásicos.

POTENCIAL CV	KW	220 (V)		
		INTENSIDAD (A)	REGULACION MIN	MAX
0.5	0.37	1.74	1.7	2.4
0.75	0.55	2.48	2.4	3.5
1	0.74	3.1	2.4	3.5
1.5	1.1	4.47	3.5	5.2
2	1.74	5.74	5.2	7.5
2.5	1.84	7.17	7.5	11

Como se ve en la tabla 1 el consumo nominal del motor de 1hp es 3.1 (A).

Se midió la corriente máxima en el arranque de un motor, lo que resultó fue una corriente de arranque cuatro veces mayor a la corriente nominal.

$$I_a = I_n \times 4 \quad (2)$$

Donde:

I_a = corriente de arranque

I_n = corriente nominal

$$I_a = 3.1 \times 4$$

$$I_a = 12.4 \text{ (A)}$$

También se tomó en cuenta que cada mesa también contaba con un módulo de control el mismo que obtuvo un consumo promedio de 7 (A). Así, finalmente se obtuvo la capacidad del nuevo contactor a ser instalado para cada mesa del laboratorio.

$$I_{km} = I_a + I_{cm} \quad (3)$$

Donde:

I_{km} = corriente del contactor

I_a = corriente de arranque

I_{cm} = corriente de elementos de cada mesa

Entonces:

$$I_{km} = 12.4 + 7$$

$$I_{km} = 19.4 \text{ (A)}$$

Obtenida la corriente del contactor se consideró instalar un contactor 22 (A) para cada mesa de trabajo del laboratorio.

Con la información apropiada se procedió a realizar el cambio de contactores. Para no correr ningún riesgo eléctrico se desenergizó totalmente el tablero también se tuvo en cuenta la ubicación y el orden en el que se deben conectar los nuevos contactores, como se muestra en la figura 8.



Figura 8 Contactores de 22 amperios.

Fuente: Propia.

Los contactores pertenecientes a las mesas número 5 y 6, no fueron reemplazados puesto que estos tienen la capacidad correcta

3.3.- Instalación del Sistema de Maniobra

3.3.1.- Instalación de contactor principal de 50 (A)

Se calculó la corriente en las barras de distribución del tablero para dimensionar el contactor principal que fue implementado para activar elementos de maniobra, protección, monitoreo y señalización. Técnicamente es correcto utilizar un contactor principal para sistemas de protección, señalización, monitoreo, y maniobra para evitar en lo posible el contacto físico con elementos de potencia para controlar el tablero.

Para el dimensionamiento del contactor principal se tomó en cuenta tres aspectos importantes: primero, el contactor principal debía ser la suma de todos los contactores a los que se distribuye, segundo, en cada mesa se toma una corriente de arranque que solo dura unos segundos y tercero, que no todos los arranques eran al mismo tiempo por lo que se tomó

$$I_{kp} = \sum I_{km} \times f \% \quad (4)$$

en cuenta un factor de uso del 40%.

Donde:

I_{kp} = corriente contactor principal

$\sum I_{km}$ = I_{km} x número de mesas

$f\%$ = posible factor máximo de consumo

Entonces:

$$I_{kp} = (19.4 \times 6) \times 0.4$$

$$I_{kp} = 46,56 \text{ (A)}$$

Se procedió a seleccionar el contactor principal de 50 (A) para el tablero, que permitió trabajar dentro del valor de corriente de 46,56 (A). La figura 9 el contactor principal implementado en el tablero de control



Figura 9 Contactor principal de 50 (A).

Fuente: Propia.

Una vez que se instaló el contactor de 50 (A) se procedió a realizar las conexiones de maniobra, para esto se utilizó un selector de dos posiciones y un paro de emergencia como se lo ve en la figura 10 y figura 11 respectivamente.



Figura 10 Selector de dos posiciones

Fuente: Propia.



Figura 11 Botón paro de Emergencia.

Fuente Propia.

Se realizó la conexión del circuito según indica el diagrama de control y se incluyó la protección de falta de fase como se ve figura 12.

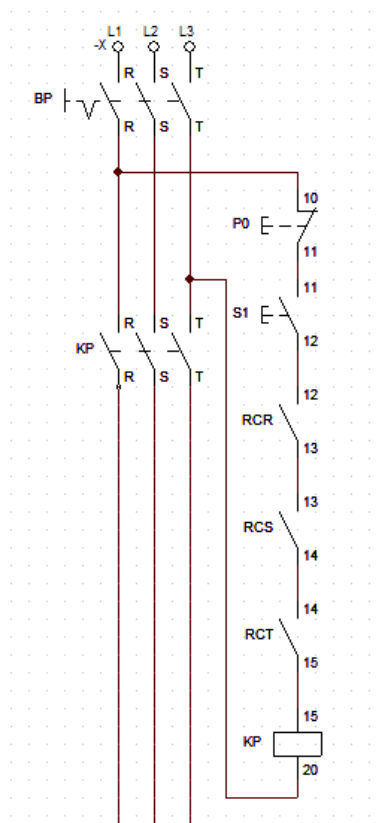


Figura 12 Diagrama de control y fuerza del contactor principal.

Fuente: Software CADe_SIMU 1.0

3.3.2.- Instalación de pulsadores marcha – paro

Se instaló pulsadores de marcha-paro en el tablero ya que contaba únicamente con un pulsador de marcha, por lo que para desactivar las mesas se debía presionar un pulsador de emergencia conectado en cada una de las mesas.

Para realizar la instalación de pulsadores de paro, se buscó en el mercado un tipo de pulsador con dos contactos, uno abierto y uno cerrado, necesarios para hacer la acción de marcha-paro, identificados con los colores verde para marcha y rojo para paro. Se escogió este tipo de pulsador mixto para optimizar el espacio en la tapa del tablero como se muestra en la figura

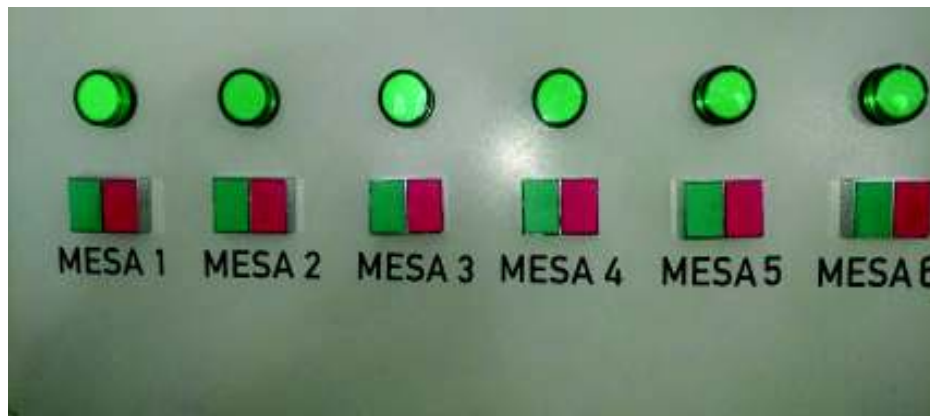


Figura 13 Pulsadores de marcha-paro

Fuente: Propia.

Al colocar los pulsadores marcha-paro, se realizó las conexiones correspondientes al circuito de control que se muestra a continuación en la figura 15.

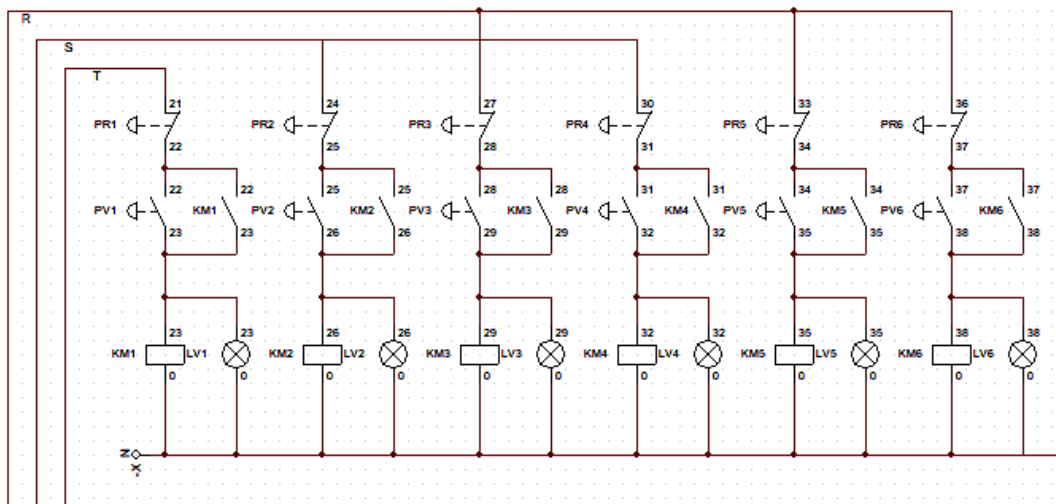


Figura 14 Circuito de control de contactores de cada mesa.

Fuente: Software CADe_SIMU 1.0.

El pulsador de emergencia deberá ser activado únicamente en casos de emergencia.

3.4.- Instalación del Sistema de Protección

3.4.1.- Instalación para la protección de pérdida de fase

Se implementó el sistema de pérdida de fase por prevenir daños en los elementos que se operan dentro del laboratorio de tecnología industrial ya que estos son de alimentación trifásica y a la falta de una fase pudo haber ocasionado un aumento de amperaje, lo que pudo haber provocado un recalentamiento en equipos los cuales pudieron llegar a cortocircuitarse. En motores trifásicos el bobinado se cortocircuita por el recalentamiento de los cables de cobre, produciendo pérdidas económicas y en ocasiones atentan a la integridad física de las personas que operan los motores.

El sistema de protección de pérdida de fase se lo realizó a través de tres relés de control como se muestra en la figura 15, con una bobina de alimentación a 110 voltios, cada relé toma una línea y el neutro para energizarse, lo que ocasiona que los relés permanezcan activos cuando,

en caso de que ocurriera una pérdida de fase, el relé correspondiente que está alimentado por la línea afectada cambiaría la posición de contacto mandando una señal de alerta.



Figura 15 Relés de control de protección de falta de fase.

Fuente: Propia

Se elaboró el diagrama de pérdida de fase para conectar los tres relés de control, como se muestra en la figura 16.

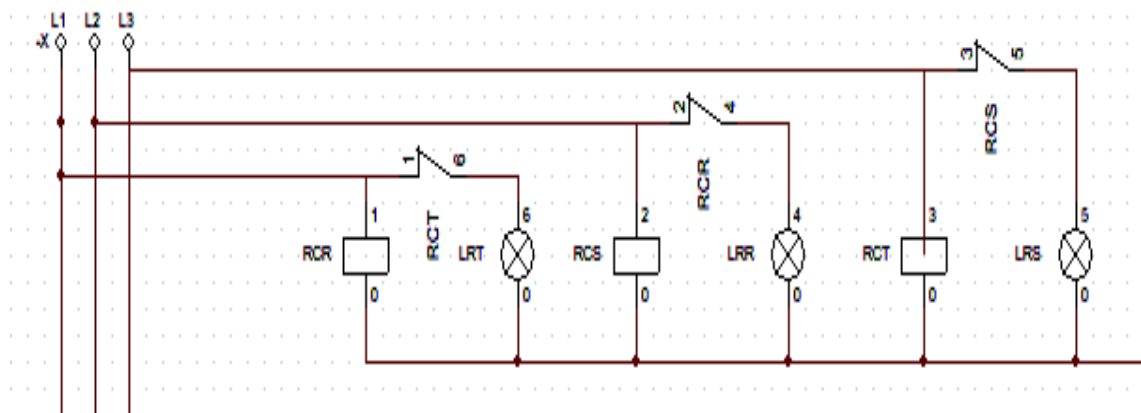


Figura 16 Circuito de control de supervisor de fase

Fuente: Software CADe_SIMU 1.0..

3.5.- Instalación de Elementos de Señalización

3.5.1.- Instalación de luces para energización del tablero de control

La instalación de luces para identificar si el tablero esta energizado, se lo realizó por motivo que no se podía verificar visualmente desde el exterior de tablero si estaba energizado o hasta que elemento tuvo energía, por seguridad el tablero debía permanecer cerrado y para verificar el funcionamiento normal tenía que ser abierto para medir su voltaje, este procedimiento no era adecuado ya que pudo ocasionar accidentes por la alta frecuencia de interactuar directamente con elementos energizados.

Se implementó una luz piloto naranja para identificar si el breaker principal esta encendido o apagado y también una luz piloto verde, está en cambio para ver cuando el contactor principal esta accionado o en reposo. Como se ve en la figura 17



Figura 17 Luces piloto de accionamiento breaker principal y contador principal

Fuente: Propia.

3.5.2.- Instalación de luces para el supervisor de fase

Se instaló tres luces piloto de color rojo para identificar la pérdida de fase, una por cada fase como se muestra en la figura 18, para ello se utilizó un contacto normalmente cerrado de los

relés de control de pérdida de fase, como se ve en la página 25 (instalación del sistema de protección).



Figura 18 Luces supervisor de fase

Fuente: Propia.

3.5.3.- Instalación de luces y accionamiento de cada mesa

Para cada mesa de trabajo del laboratorio se instaló una luz de color verde, para que se active al enclavar el contactor de cada mesa. Como se muestra en la figura 19.



Figura 19 Luces de encendido de cada mesa

Fuente: Propia.

3.5.4.- Instalación de voltímetros analógicos

La instalación de voltímetros analógicos en la puerta del tablero de control, se realizó ya que el tablero no constaba con un indicador para observar las oscilaciones de voltaje, las cuales si

son de un rango muy alto esto podría afectar a los equipos de laboratorio de tecnología industrial.

Para realizar esta instalación se procedió a retirar los amperímetros instalados en la tapa del tablero. En el espacio que se obtuvo al retirar los amperímetros se adecuó para colocar los voltímetros, como se ve en la figura 20.

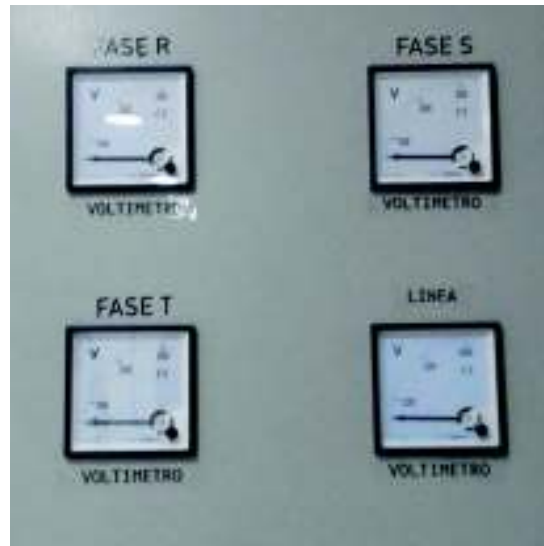


Figura 20 Voltímetros analógicos

Fuente: Propia.

3.5.5.- Instalación del analizador de red

Se instaló el analizador de red, como se ve en la figura 21, que permitió obtener una medición exacta de voltaje en las líneas y entre ellas, el amperaje la potencia, y el factor de potencia de la red eléctrica, así se tuvo datos exactos en tiempo real y se pudo observar la variación de voltaje y el consumo de amperaje.



Figura 21 Analizador de red.

Fuente: Propia.

Se realizó el montaje del analizador de red bajo las normas del catálogo, como se muestra en la figura 22. Las conexiones eléctricas del analizador se realizaron siguiendo las especificaciones del manual y el diagrama de conexión como se ve en la figura 23. El punto de toma de medición de parámetros del tablero de distribución al analizador de red se tomó en la salida del breaker principal al ser activado.

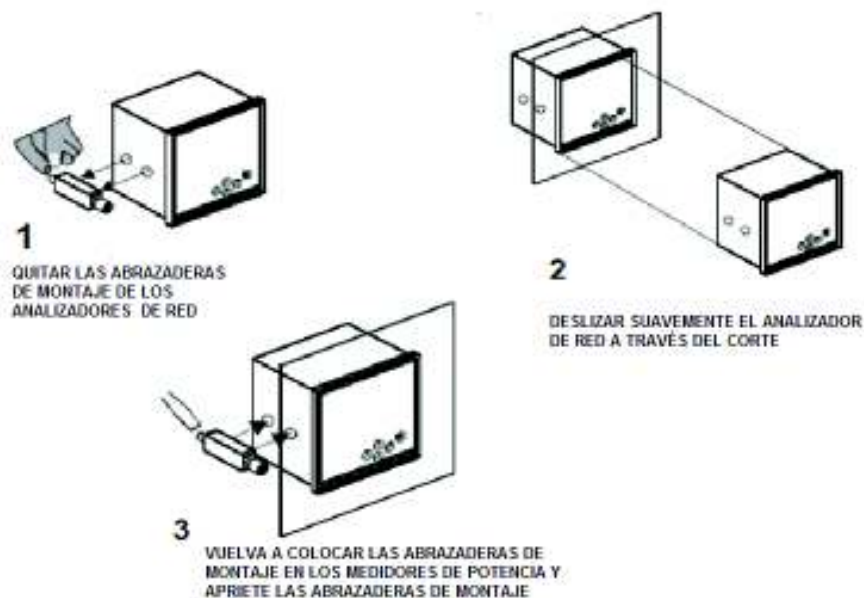


Figura 22 Montaje de analizador de red.

Fuente: (SHNAIDER, 2010).

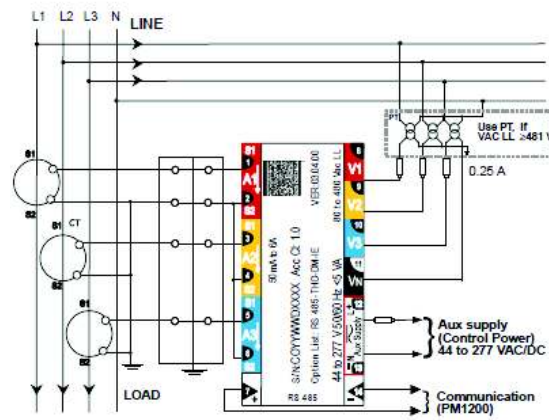


Figura 23 Diagrama de instalación de analizador de red

Fuente: (SHNAIDER, 2010).

3.5.6.- Instalación del transformador de corriente

Se implementaron transformadores de corriente en relación de 100:20, como se muestra en la figura 24, para que permitieran la medición de amperaje a una escala más pequeña que se transmitió de cada fase al analizador de red para ser interpretado.



Figura 24 Transformador de corriente.

Fuente: Propia.

3.5.7.-Diseño del diagrama unifilar

Se diseñó del diagrama unifilar, que se muestra en la figura 25, del laboratorio de tecnología industrial, para la identificación de las líneas del circuito y los elementos implementados.

Se realizó el diseño del diagrama unifilar desde el punto de alimentación principal y se tomó en cuenta las modificaciones del disyuntor que fue reemplazado. Como se ve en la página 16 (cambio del breaker de alimentación).

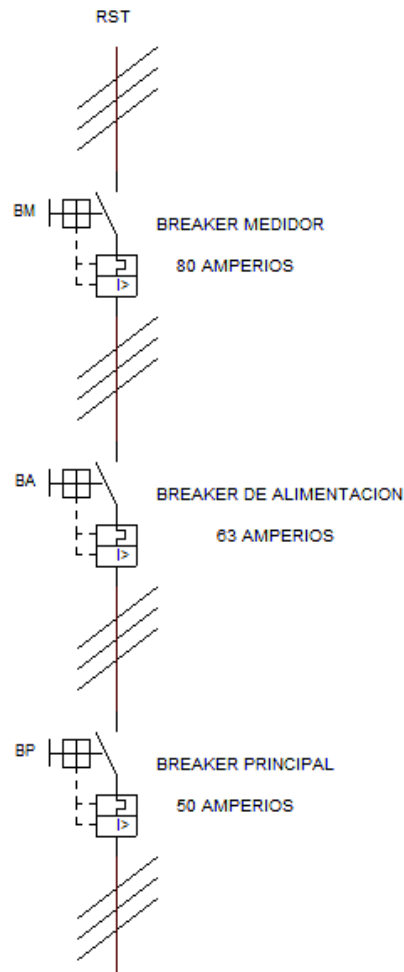


Figura 25 Diagrama unifilar del breaker de alimentación

Fuente: Software CADe_SIMU 1.0.

3.5.8.-Diseño del diagrama de control y fuerza

Se diseñó el diagrama del circuito de control y fuerza, para respaldar las implementaciones de los elementos que fueron instalados y para que la persona encargada, capacitada en el manejo del tablero de control, pueda identificar el cableado.

El diagrama se diseñó a base de todas las condiciones de operación de los elementos que contiene el tablero de control, tanto actuadores como de maniobra, siguiendo una numeración de cables ordenadamente para así lograr la ubicación de estos de acuerdo al diagrama que se realizó en un software denominado CAdE_SIMU 1.0 como se muestra en la figura 26.

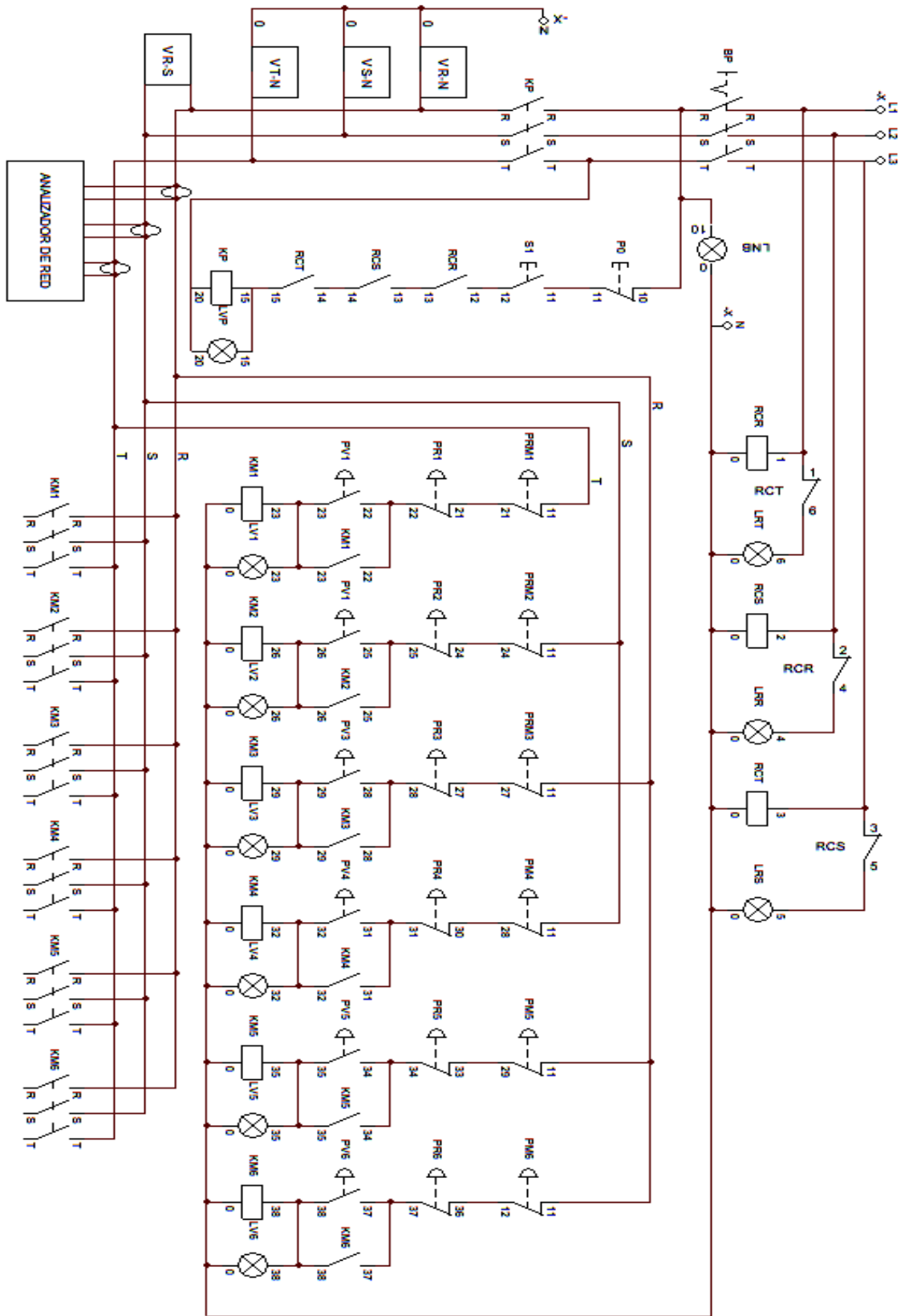


Figura 26 diagrama de control y fuerza del tablero de control

Fuente: Software CADe_SIMU 1.0.

3.5.9.-Identificación de los cables de control y fuerza

La identificación de los cables de control y de fuerza del tablero de control, se implementó porque el tablero no constaba con la identificación correspondiente del cableado, por lo cual al hacer un cambio de elemento o localizar un cable en el tablero llevaba mucho tiempo, o posiblemente en alguna reparación pudo haber causado una conexión errónea, lo que pudo haber causado problemas en el control o aún más peligroso un cortocircuito.

Esta identificación de los cables, se basó de acuerdo al diagrama de control y fuerza del circuito, que se realizó anteriormente. Revisar página 31 (diseño del diagrama de control y fuerza). El circuito de control se identificó con números en cada cable y para el circuito de fuerza se identificó mediante letras de cada fase como se muestra en la figura 27, iniciando en orden la identificación para no cometer errores en la etiquetación de los cables. Lo que se usó para su identificación fueron marquillas adhesivas que se colocaron en cada punto de conexión de cada cable.



Figura 27 Identificación de cables.

Fuente: Propia.

3.6 PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

3.6.1.- Prueba de funcionamiento breaker 63 (A)

Para verificar el correcto funcionamiento del breaker de 63 (A) instalado, se procedió a realizar un cortocircuito controlado en el laboratorio de tecnología industrial.

Tabla 2 funcionamiento del breaker de 63 (A)

Elemento	Funciona	No funciona
Breaker 63 amperios	X	

.-Análisis del resultado para el breaker de 63 (A)

Al realizar el cortocircuito se notó el accionamiento del breaker de 63 (A) para proteger los elementos del tablero, y a continuación se volvió a dejar el breaker en condiciones normales de funcionamiento sin tener alguna dificultad.

3.6.2.- Pruebas de funcionamiento de la Instalación del Sistema de Maniobra

Para realizar estas pruebas se tomaron en cuentas las diferentes condiciones de los elementos de maniobra, para confirmar si su funcionamiento es correcto y cumplen con sus funciones.

Se inició con el control del contactor de 50 (A) en las siguientes condiciones:

- selector de dos posiciones OFF y no pulsado el paro de emergencia.
- selector de dos posiciones ON y no pulsado el paro de emergencia.
- selector de dos posiciones ON y pulsado el paro de emergencia.

Tabla 3 Funcionamiento de los elementos de maniobra del contactor de 50 amperios

Condiciones	Elemento	Activado	No activado
1	Contactor 50 amperios		X
2	Contactor 50 amperios	X	

3	Contactor 50 amperios	X
---	-----------------------	---

.-Análisis de resultados de las pruebas de funcionamiento de la instalación del sistema de maniobra

Al terminar las pruebas se verificó el correcto funcionamiento del selector de dos posiciones y el pulsador de emergencia controlando el contactor de 50 amperios sin notar alguna anomalía.

3.6.3.- Pruebas de funcionamiento de los pulsadores de marcha – paro de cada mesa

Se realizó la prueba en dos etapas:

- se pulsó el pulsador verde de marcha de cada mesa que controla el accionamiento del contactor.

Tabla 4 Funcionamiento de los pulsadores de marcha

Elementos	Funciona	No funciona
Contactador 22A M1	X	
Contactador 22A M2	X	
Contactador 22A M3	X	
Contactador 22A M4	X	
Contactador 22A M5	X	
Contactador 22A M6	X	

.-Análisis de resultado para las pruebas de funcionamiento de los pulsadores de marcha

Se notó claramente que el control que realizó el pulsador de paro fue correcto al accionar cada uno de los contactores de las mesas de trabajo.

- se realizó la prueba de los pulsadores de paro instalados para cada mesa de trabajo.

Tabla 5 Funcionamiento de los pulsadores de marcha

Elementos	Funciona	No funciona
Contactador 22A M1		X
Contactador 22A M2		X
Contactador 22A M3		X
Contactador 22A M4		X
Contactador 22A M5		X
Contactador 22A M6		X

.-Análisis de resultado para las pruebas de funcionamiento de los pulsadores de paro

Se confirmó que los pulsadores de paro de cada mesa están funcionando correctamente desactivando los contactor de cada mesa.

3.6.4.- Pruebas de funcionamiento de la protección de pérdida de fase

La prueba se realizó desconectando una fase de alimentación del tablero de control, dando los siguientes casos.

- Pérdida de fase R
- Pérdida de fase S
- Pérdida de fase T

Tabla 6 Funcionamiento de la protección de pérdida de fase

Fase	Elemento	Protege	No protege
R	Protección de perdida de fase	X	

S	Protección de pérdida de fase	X
T	Protección de pérdida de fase	X

.-Análisis de las pruebas de funcionamiento de la protección de pérdida de fase

La desconexión de cada una de las fases constató la protección de pérdida de fase, protegió el tablero de control en cualquiera de los tres casos.

3.6.5.- Prueba de funcionamiento de las luces piloto

Para realizar la prueba de funcionamiento de las luces piloto se precedió a activar cada uno de los elementos.

Tabla 7 Funcionamiento de las luces piloto

Elementos	Funciona	No funciona
Luz piloto del breaker 50 ^a	X	
Luz piloto del contactor 50 ^a	X	
Luz piloto de PFR	X	
Luz piloto de PFS	X	
Luz piloto de PFT	X	
Luz piloto de la mesa 1	X	
Luz piloto de la mesa 2	X	
Luz piloto de la mesa 3	X	
Luz piloto de la mesa 4	X	
Luz piloto de la mesa 5	X	
Luz piloto de la mesa 6	X	

.-Análisis de resultado de las pruebas de funcionamiento de las luces piloto

Después de que se activó todos los elementos que tienen luces piloto se verificó que cada elemento se encendiera normalmente, correspondiendo a sus condiciones de encendido.

3.6.6.- Prueba de funcionamiento de los voltímetros analógicos

Para realizar la prueba de funcionamiento de los voltímetros se energizó los terminales de los voltímetros. Para este caso el contactor principal tenía que estar encendido.

Tabla 8 Funcionamiento de los voltímetros.

Elemento	Funciona	No funciona
Voltímetro R-N	X	
Voltímetro S-N	X	
Voltímetro T-N	X	
Voltímetro R-T	X	

.-Análisis de resultados de las pruebas de funcionamiento de los voltímetros

Ya energizados los voltímetros se verificó la medición de voltaje, que en el caso de los tres primeros se acerca a los 115[V] y en el caso del cuarto se mide una proximidad de 220[V] en lo que podemos concluir un perfecto funcionamiento de los voltímetros.

3.6.7.- Prueba de funcionamiento del analizador de red

Se realizó la prueba por medio del catálogo para guiar los principales parámetros que se medirán como se indica en la tabla 9.

Tabla 9 Funcionamiento del analizador de red.

Parámetros	Mide	No mide
-------------------	-------------	----------------

Voltaje línea-línea	X
Voltaje línea-neutro	X
Amperaje 3 líneas	X

.-Análisis de resultados de las pruebas del analizador de red

Se comparó los resultados de las mediciones que daba el analizador de red con los resultados medidos con una pinza amperimétrica y se notó que el analizador funciona correctamente sin presentar ninguna novedad.

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones:

1. Se repotenció el tablero de distribución del laboratorio de tecnología industrial de la ESFOT, al instalar nuevos sistemas de maniobra, visualización, monitoreo y elementos de seguridad que permiten al usuario desenvolverse en el laboratorio con facilidad y seguridad.
2. Se implementó el sistema de maniobra para el tablero, el cual permitirá al usuario operar el tablero desde el panel frontal evitando abrir el tablero y así prevenir el contacto directo con elementos energizados. En las tablas 3, 4 y 5 se comprobó que los elementos de maniobra funcionan de acuerdo a lo establecido haciendo que el tablero y las mesas individuales se energicen y desenergicen.
3. Se implementó el sistema de monitoreo para el tablero de control, el cual permitirá visualizar los parámetros de corriente, voltaje, y potencias. Las pruebas permitieron observar el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo como se muestra en las tablas 8 y 9.
4. Los sistemas de protección en el tablero de control del laboratorio de tecnología industrial desactivan el tablero de control cuando exista una pérdida de fase, esto permitirá preservar los equipos con los que se trabaja en el laboratorio.
5. Al señalar el tablero y sus elementos se facilita la identificación de fallas o funcionamientos anormales y ayuda a realizar mantenimientos futuros o reparaciones, en donde el usuario podrá identificar los cables por medio de la nomenclatura usada.

6. Gracias a las pruebas iniciales se pudo determinar que las protecciones de la acometida eran insuficientes por lo que se diseñó un nuevo protector termomagnético para el suministro de energía del laboratorio.

4.2 Recomendaciones:

1. Hacer un calendario de mantenimiento preventivo para evitar fallas en los elementos.
2. Capacitar a los usuarios del laboratorio el uso adecuado del tablero de control.
3. Antes de activar las mesas de trabajo revisar que todos los parámetros e indicaciones que se visualiza en el tablero estén trabajando de manera adecuada dentro de los rangos permitidos.

BIBLIOGRAFÍA

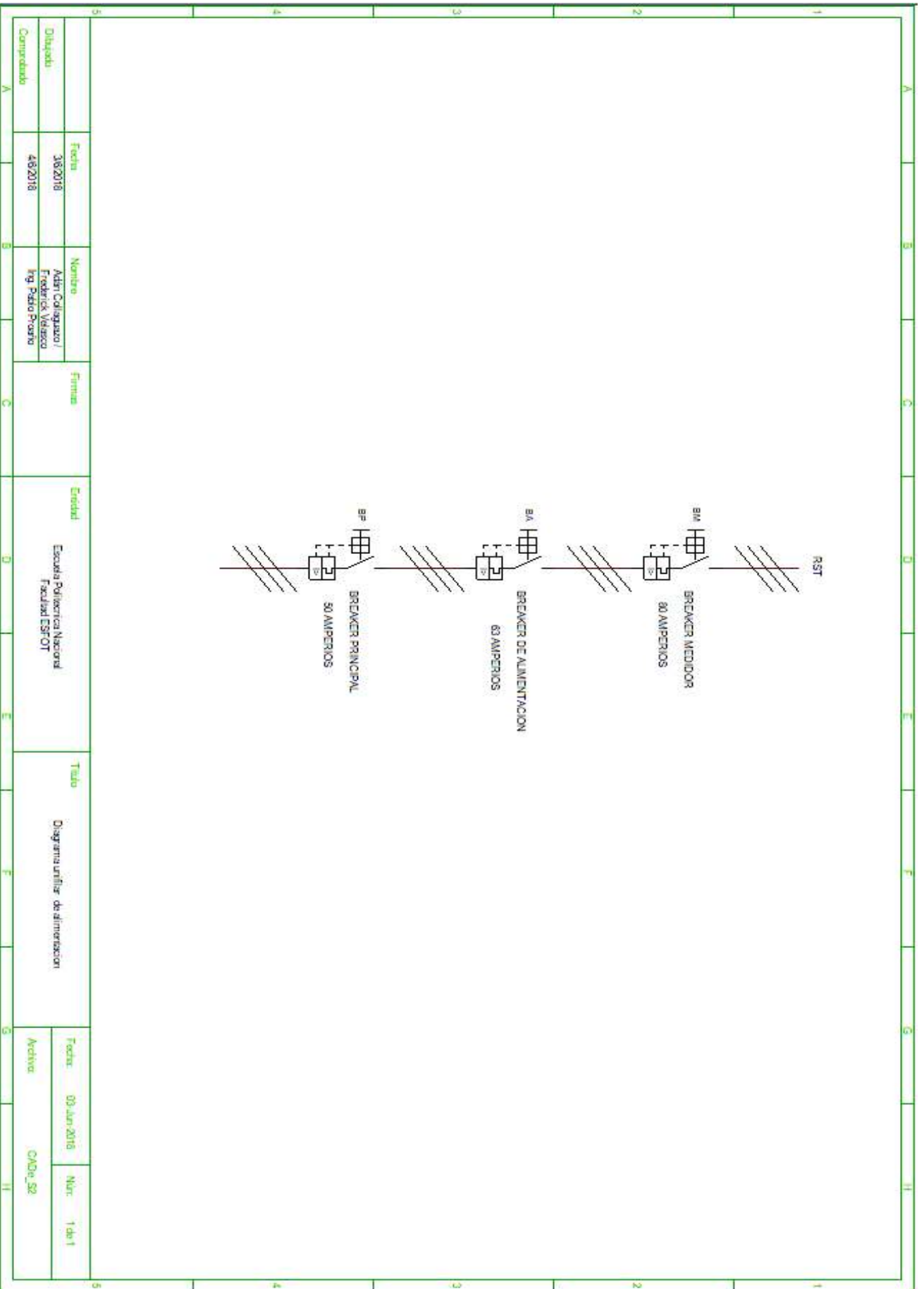
- Acedo Sánchez, J. (2013). *Instrumentación y control básico de procesos*. España: Díaz de Santos.
- Barbado Santana, J. A., Sierra, J., & Bravo, J. (2013). *AUTOMATISMOS INDUSTRIALES*. México: Alfaomega.
- Barbado Santana, J., Sierra, J. M., & Aparicio Bravo, J. (2013). *Automatismos industriales*. México: Alfaomega.
- Casas-Ospina, F. (2010). *Tierras*. Bogotá: Icontec.
- Cerdá Filiu, L. (2014). *Instalaciones eléctricas y automatismos*. Madrid: Paraninfo.
- Cerda Filiu, L., Rodríguez Fernández, J., & Bezos Sánchez-Horneros, R. (2014). *Automatismos industriales*. Madrid: Paraninfo.
- consultor festo*. (01 de 2018). Obtenido de consultor festo: <https://automatismoindustrial.com/esquemas-basicos/>
- D'Addario, M. (2013). *Instalaciones eléctricas y automatismos*. USA: Lulu Com.
- Direct Industry*. (s.f.). Obtenido de Direct Industry: <http://www.directindustry.com/prod/circutor/product-11644-436892.html>
- diseño del amperímetro*. (s.f.). Obtenido de diseño del amperímetro: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/ammnet.html>
- Domínguez, R. (29 de Diciembre de 2017). *Normalización: Colores de los cables eléctricos en las instalaciones eléctricas*. Obtenido de FARADAYOS", Faradayos.blogspot.com: <http://faradayos.blogspot.com/2014/01/colores-cables-electricos-normas.html>
- Electricidad y Automatismos*. (s.f.). Obtenido de Electricidad y Automatismos : <http://www.nichese.com/disyuntor.html>
- Elementos Magnéticos Navarra*. (s.f.). Obtenido de Elementos Magnéticos Navarra : <http://www.elementosmagneticos.com/Aplicaciones-de-las-bobinas>
- Enríquez Harper, G. (2000). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión*. México: Limusa Norega.
- Enríquez Harper, G. (2007). *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. México: Limusa S.A de C.V.
- Fernandez, J., Cerda, L., & Bezos, R. (2014). *Instalaciones Eléctricas y Automatismos Industriales*. Madrid: Paraninfo.
- infootec.net*. (25 de Abril de 2018). Obtenido de <https://www.infootec.net/calculo-la-seccion-cable/>
- IPS INGENIERIA PROYECTOS Y SERVICIOS*. (s.f.). Obtenido de IPS: <http://www.ipselectronica.cl/productos.php?cat=otros&marca=luces>
- LAPPGROUP. (25 de Abril de 2018). *Uruwire.com*. Obtenido de <http://uruwire.com/wp-content/uploads/2015/07/Tabla-de-equivalencias-AWG-a-MM2.pdf>

- Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industrial*. Quito.
- P. Ubieto, A., & P. Ibañez, C. (1998). *Diseño básico de automatismos eléctricos*. Madrid: Paraninfo.
- Rodríguez Fernández, J. (2015). *Instalaciones eléctricas y domóticas*. Madrid: Paraninfo.
- SHNAIDER. (2010). MANUAL DE INSTALACIÓN. *PM1000 SERIES POWER METERS*.
- shneider . (2010). *shneider* . Obtenido de shneider : [www.shneider .com](http://www.shneider.com)
- shneider . (s.f.). *schneider electric*. Obtenido de schneider electric: <https://www.scatechnology.com/contactors/schneider-electric/tesys-e/easypact-lc1e0610m5-6amper-220vac/>
- Sturm, W. (2000). *Manual de baja tensión*. Múnich: Publicis MCD.
- Suarez Creo, J. (2011). *Protección de instalaciones y redes eléctricas*. Santiago de Compostela: Andavira.
- Trashorras Montecelos, J. (2016). *UF1335 Planificación de las instalaciones eléctricas en locales con características especiales e instalaciones con fines especiales*. Barcelona: Marcombo.

ANEXOS

Anexos A

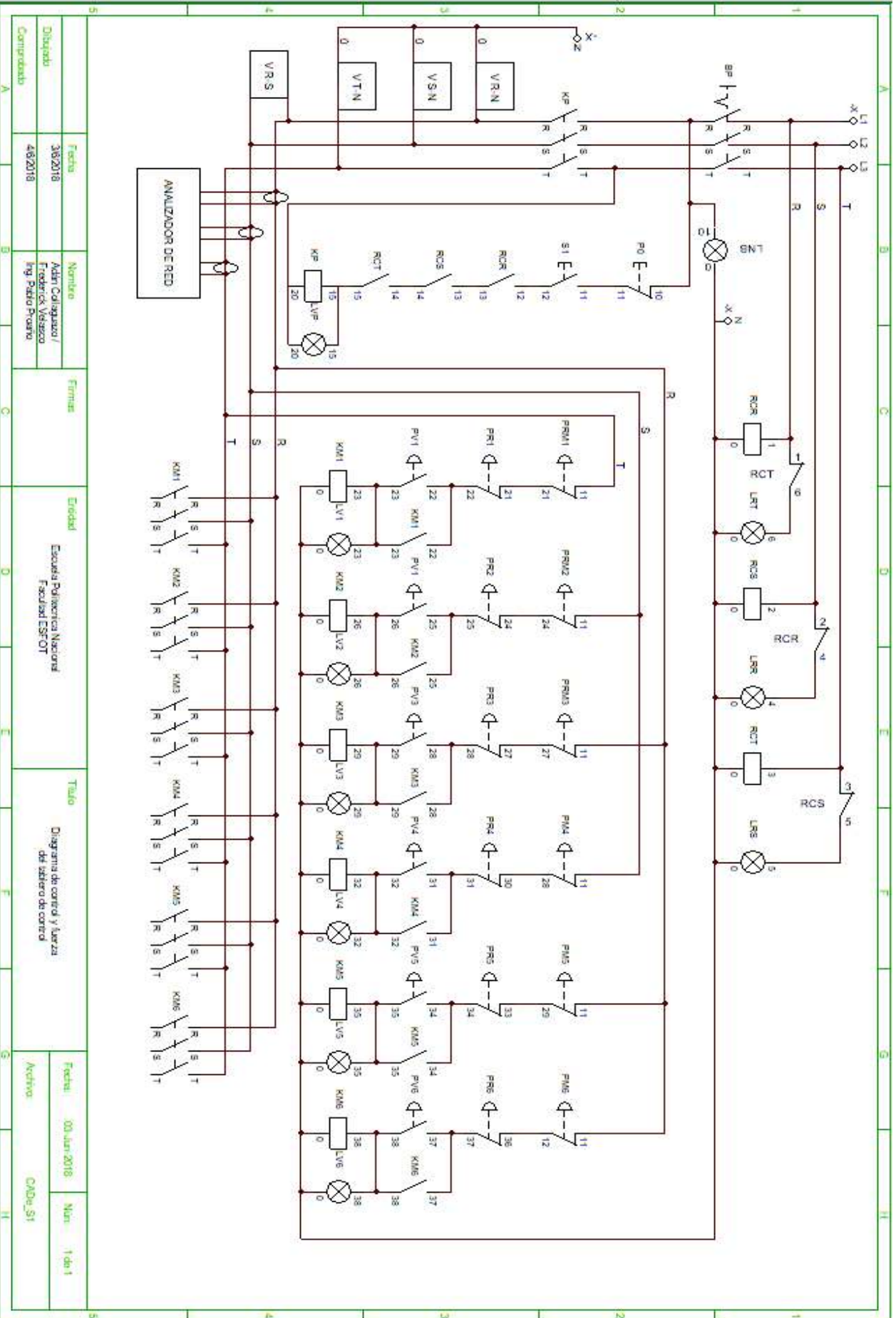
Diagrama unifilar de breakers



Fecha: 09-Jan-2018		Nbr: 1 de 1	
Archivo: CADP_S2			
Titulo: Diagrama unifilar de alimentacion		Escala: Escala Politecnica Nacional Facultad ESFOI	
Firma:		Nombre: Adm. Colquizaro / Frederick Velasco Ing. Pedro Proenza	
Fecha: 3/8/2018		Nombre: Adm. Colquizaro / Frederick Velasco Ing. Pedro Proenza	
Dibujado: 4/8/2018		Nombre: Adm. Colquizaro / Frederick Velasco Ing. Pedro Proenza	
Comprobado:		Nombre: Adm. Colquizaro / Frederick Velasco Ing. Pedro Proenza	

Anexos B

Diagrama de control y fuerza



Nombre	Adán Colajanzu / Frederick Velasco Ing. Pedro Pizarro	Fecha	3/6/2018
Fecha	4/6/2018	Comprobado	
Fecha	00 Jun 2018	Núm.	1 de 1
Apellido	CANDE_S1	Archivo	

ANALIZADOR DE RED

Escuela Politécnica Nacional
Facultad ESFOF

Diagrama de control y fuerza
del sistema de control

Anexos C

**Certificado de funcionamiento del
tablero de control del laboratorio de
tecnología industrial.**

CERTIFICADO FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del tablero de control del laboratorio de tecnología industrial, lo cual cumplen con los requerimientos de diseño y las normas de seguridad necesarias para que los estudiantes de las carreras de electromecánica y telecomunicaciones usen las instalaciones sin problemas.

Ing. Pablo Proaño Chamorro

Encargado del Laboratorio de Tecnología Industrial

Anexos D

Manual de funcionamiento del tablero de control del laboratorio de tecnología industrial

**Manual de funcionamiento y
mantenimiento del tablero de control del
laboratorio de tecnología industrial**

Índice

- 1.- Introducción
- 2.- Funcionamiento de los elementos de maniobra del tablero de control
 - 2.1.- Analizador de red
 - 2.2.- Voltímetros analógicos
 - 2.3.- Selector de energización
 - 2.4.- Pulsador de emergencia
 - 2.5.- Pulsadores de marcha-paro
 - 2.6.- Luces piloto de perdida de fase
 - 2.7.- Luces piloto de energización del tablero de control
- 3.- Fallas en el tablero de control
 - 3.1.- Analizador de red no detecta voltaje
 - 3.2.- Contactor principal no se acciona
 - 3.3.- Voltímetros no detectan voltaje
 - 3.4.- Contactores de cada mesa no se accionan
- 4.- Mantenimiento
 - 4.1.- Mantenimiento preventivo
 - 4.2.- Mantenimiento correctivo

1.- Introducción

El manual de funcionamiento del tablero de control del laboratorio de tecnología industrial, se lo realiza para poder tener conocimiento básico de su funcionamiento y puedan operarlo sin dificultad el personal encargado y autorizado del laboratorio, además este manual las posibles fallas que se pueden presentar en el tablero con sus respectivas causas y soluciones.

Además de dar a conocer el mantenimiento tanto preventivo como correctivo del tablero de control y así lograr que sus elementos operen correctamente.

Todo tipo de manipulación del tablero de control internamente se recomienda realizarlo con personal calificado ya que se trabaja con energía trifásica que puede causar daños de gravedad a las personas que lo realizan sin conocimiento.

2.- Funcionamiento de los elementos de maniobra del tablero de control

El funcionamiento de los elementos se detallará a continuación, para lo primero se identifica en la puerta del tablero como se muestra en la figura 1

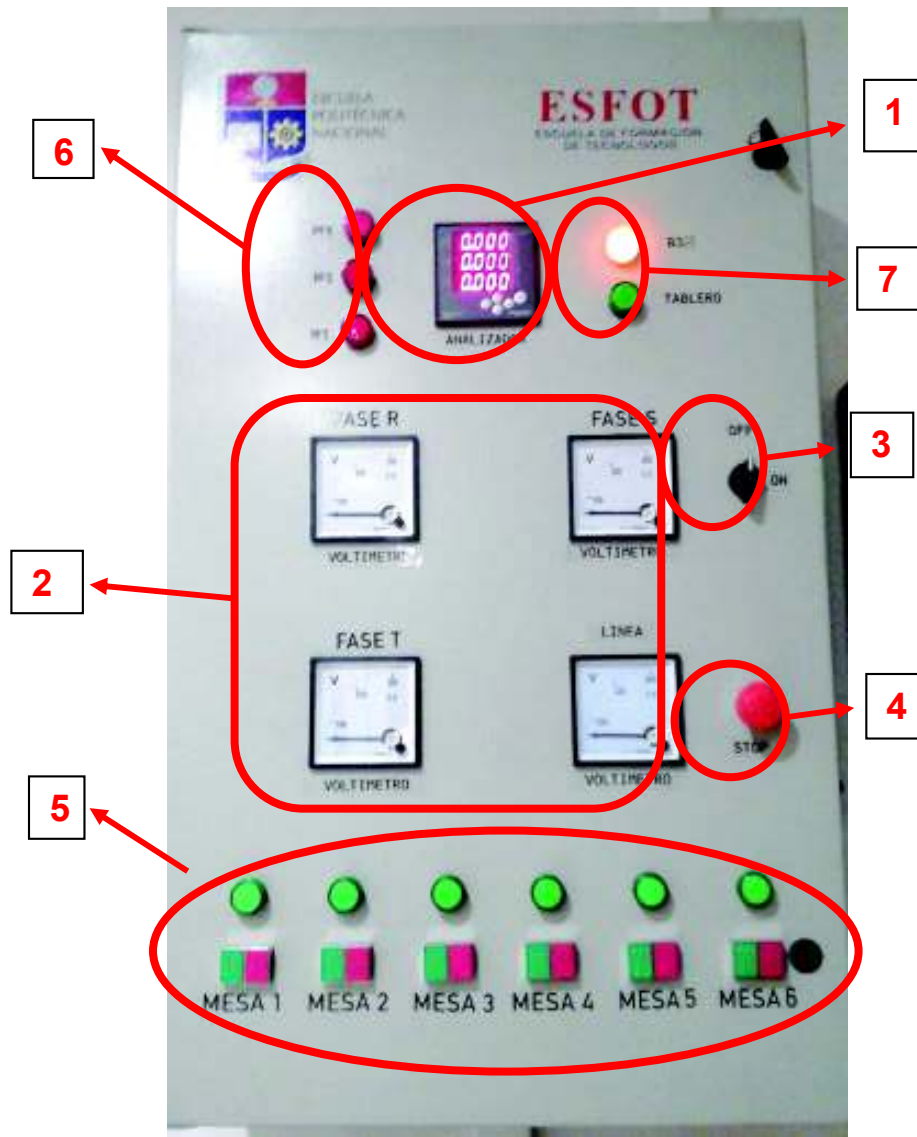
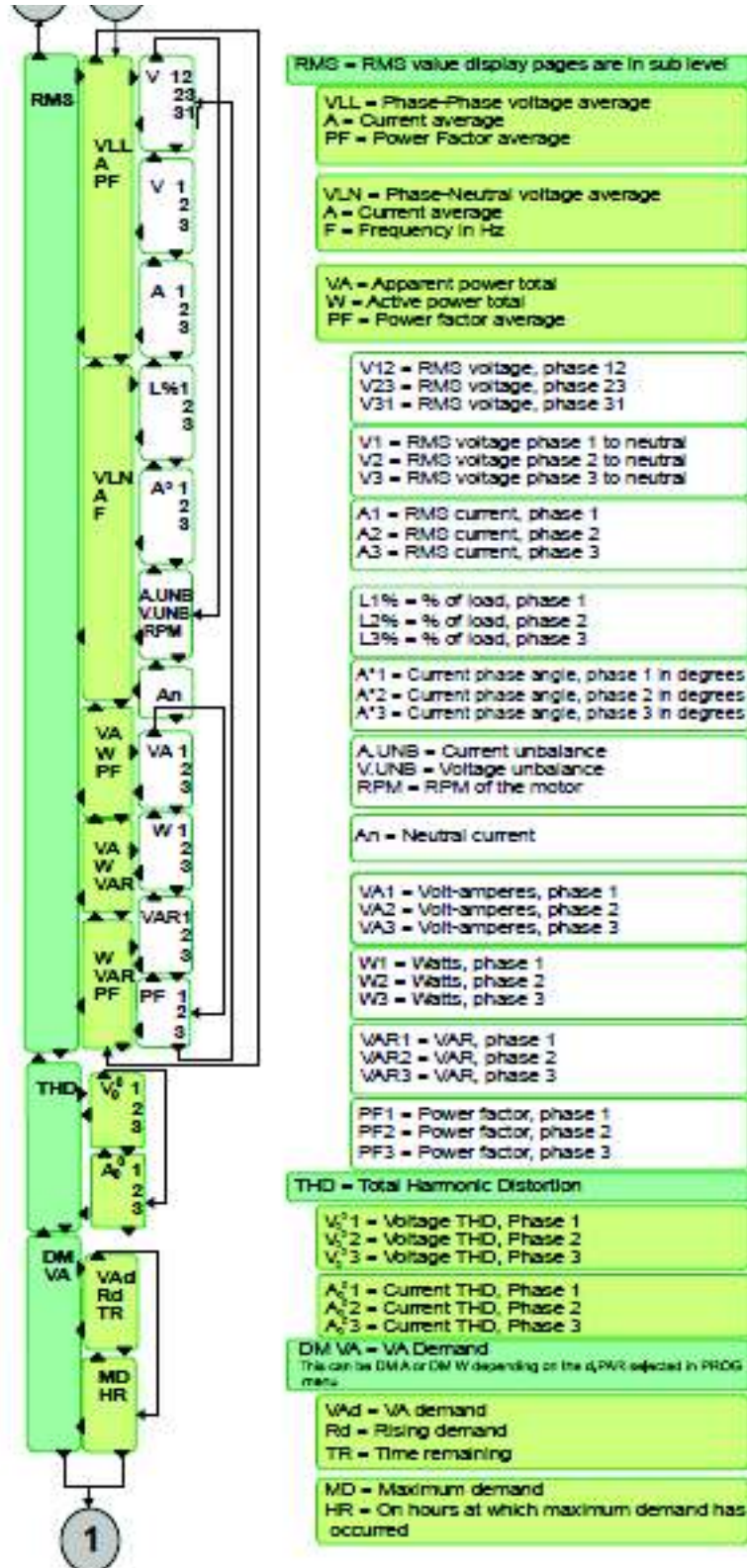


Figura 1

1. **Analizador de red.-** Como se muestra en la figura 1 el analizador se localiza en la parte superior con el cual se podrá visualizar diferentes parámetros, para ello debemos realizar las siguientes operaciones en el analizador como se muestra en la figura 2. Siguiendo el orden para encontrar el parámetro deseado.



- 2. Voltímetros analógicos.** - Los voltímetros analógicos que se observa en la figura 1 nos permiten medir voltajes de las tres fases con neutro independientemente en este caso nos daría el valor 110 voltios los cuales serán activados al activar el contactor principal. Y así verificar que cada contacto de fuerza del contactor principal esta accionando correctamente.
- 3. Selector de accionamiento.** - El selector de accionamiento identificado en la figura 1, contiene dos estados de funcionamiento como se nota rotulado.

 - Primero estado OFF, en el cual no se nota ningún cambio en accionamiento del contactor principal y no deberíamos notar ninguna medición de voltaje en los voltímetros ya mencionados anteriormente.
 - Segundo estado ON, en el cual se nota el cambio del contactor que se activa y permite el paso de energía a las barras de distribución y se notara esta ya que los voltímetros medirán el voltaje entre cada línea con el neutro.
- 4. Pulsador de emergencia.** - El pulsador de emergencia se lo distingue ya que es de color rojo como se muestra en la figura 1, el cual permite desactivar el contactor principal en cualquier situación que se encuentre ya sea el caso que si está activo lo desactivará y por otro lado si no está activo lo mantendrá desactivado hasta volver a las condiciones normales del pulsador de paro.
- 5. Pulsadores de marcha-paro.** - Los pulsadores de marcha-paro permiten la activación de los contactores de cada mesa de trabajo del laboratorio por medio de los pulsadores verdes. y la desactivación de los contactores por medio de los pulsadores rojos como se muestra en la figura 1, para poder visualizar si el contactor está activo se lo puede realizar a través de la luz piloto verde que se ubica sobre los pulsadores respectivamente cuando esta encendido en contactor está activa, y cuando la luz piloto verde está apagada el contactor está desactivado.
- 6. Luces piloto de perdida de fase.** - las luces piloto de perdida de fase que son de color rojo ubicadas en la parte superior izquierda, se iluminaran en el caso de pérdida de cualquier de tres fases como estas nombradas y se muestra en la figura 1, así podremos identificar que fase

esta con inconveniente y no activar el tablero asta resolver el inconveniente.

- 7. Luces piloto de energización del tablero de control.** – Las luces piloto de energización que se ubican la parte superior derecha del tablero de control como se muestra en la figura 1, nos permite visualizar dos puntos de energización, el primero que es la luz piloto naranja que indica cuando el breaker principal del tablero de 50 amperios es activado, y el segundo es la luz piloto verde que indica si el contactor principal de 50 amperios está activado o no.

3.- Fallas en el tablero de control

El tablero de control del laboratorio de tecnología industrial puede contar con las siguientes fallas.

- 1. Analizador de red no detecta voltaje.** - Si al visualizar el analizador de y no se detecta la medición de voltaje, puede ser por varias causas como:

El analizador no se encuentra en el parámetro de medición de voltaje por lo cual como no se tiene ningún valor, para cual mediante la figura 2 no guiara para ubicarse en los parámetros de medición de voltaje.

Otro caso que pueda suceder esto sería que el breaker no está activado, por lo cual no está energizando al analizador de red para verificar, si es el caso se debería abrir el tablero de control y visualizar el estado del breaker principal.

- 2. Contactor principal no se acciona.** – Para verificar el no accionamiento del contactor principal tomares en cuenta los siguientes puntos.

- Verificar que la luz piloto naranja este encendida, si no estuviera, revisar estado del breaker principal si está activo o no.

- Verificar visualmente que las luces piloto de la protección de pérdida de fase no se encuentren encendidas, si este fuera el caso se deberá esperar a que la energía tenga la alimentación trifásica para así volver a las condiciones normales de funcionamiento.
- Verificar que el selector de dos posiciones se encuentre en posición ON, en el caso que no estuviese colocarlo en la posición ON.
- Verificar que el pulsador de paro de emergencia no se encuentre pulsado, si el pulsador esta pulsado se debe girarlo en sentido horario para que este vuelva a su estado normal.

3. Voltímetros no detectan voltaje. – Si se nota visualmente que los voltímetros no marcan un voltaje primero debemos revisar el funcionamiento del contactor principal como se describió anteriormente ya que la medición de los voltímetros se la realiza a la salida del contactor principal.

Si a pesar de la revisión no se nota alguna anomalía verificar el voltaje que ingresa al voltímetro o voltímetros que presenten este inconveniente.

4. Contactores de cada mesa no se accionan. - Si aun pulsando el botón de marcha no se activa el contactor para energizar la mesa se debería revisar los siguientes puntos.

- verificar que el contactor principal este accionado, en el caso que no lo esté accionarlo.
- Revisar que el paro de emergencia del tablero de control no este pulsado.
- Revisar que los pulsadores de emergencia de cada mesa de trabajo no se encuentren pulsados.
- Revisar las conexiones de los pulsadores si se encuentran en óptimas condiciones.

4.- Mantenimiento

1 Mantenimiento preventivo. - Un mantenimiento preventivo ayuda a que el tablero de control funcione correctamente sin tener problemas en muy corto tiempo de operación, para ello se debe realizar los siguientes pasos:

- Trimestralmente realizar un reajuste de todos los terminales de conexión tanto de control como de fuerza verificando el estado en el que se encuentra los terminales de cable.
- Si fuese el caso y mediante una inspección visual el cambio de cables ya en malas condiciones.
- Realizar una limpieza de contactos de todo el tablero de control con un disolvente que no afecte a los circuitos eléctricos.

2 Mantenimiento correctivo. - Este mantenimiento se lo debería de realizar exclusivamente en casos de cambio de elementos quemados o afectados que no cumplen con su función por cortocircuitos, sobrecarga o diferentes eventualidades que se pueda tener con el manejo de energía eléctrica.