

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

### CONSTRUCCIÓN DE ACOMETIDA Y TABLERO DE CONTROL DE SUMINISTRO DE ENERGÍA PARA EL LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTROMECAÁNICA

ANDRÉS FERNANDO ARREGUI FALCONÍ

[andres.arregui@epn.edu.ec](mailto:andres.arregui@epn.edu.ec)

ISRAEL JOSUE BASTIDAS CONDOY

[israel.bastidas@epn.edu.ec](mailto:israel.bastidas@epn.edu.ec)

DIRECTOR: ING. PROAÑO CHAMORRO PABLO ANDRÉS

[pablo.proano@epn.edu.ec](mailto:pablo.proano@epn.edu.ec)

CODIRECTOR: ING. ROMO HERRERA CARLOS ORLANDO

[carlos.romo@epn.edu.ec](mailto:carlos.romo@epn.edu.ec)

Quito, Junio, 2018

## DECLARACIÓN

Nosotros, Andrés Fernando Arregui Falconí e Israel Josue Bastidas Condoy declaramos bajo juramento que el trabajo presentado a continuación es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que consta de las referencias bibliográficas apropiadas según dicta la norma, que serán incluidas en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Andrés Fernando Arregui Falconí**

---

**Israel Josue Bastidas Condoy**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andrés Fernando Arregui Falconí e Israel Josue Bastidas Condoy, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Pablo Proaño Chamorro**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

**Ing. Carlos Romo Herrera**

**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTO

A mi madre Alexandra Falconí le agradezco por haberme enseñado que no existe nada sin un sacrificio y gracias a sus enseñanzas me encuentro en este momento culminando mi carrera, además del apoyo que me brindó en los momentos más oportunos para mí, por sus consejos, su tiempo, su amor y sobre todo por la comprensión en todo momento

A mi padre Fernando Arregui por demostrarme con sus gestos y hazañas que lo importante es estar apoyando a la persona en cada paso que se da, le agradezco por estar siempre pendiente de mí y brindar el apoyo necesario para que yo salga adelante en la vida.

A mi hermano Gustavo Arregui por estar junto a mí en las decisiones tomadas para el futuro de mi persona, además de la confianza incondicional que me supo brindar.

Agradezco al Ing. Pablo Proaño por su tiempo, paciencia y dedicación que brindó hacia este proyecto y mi persona para alcanzar el objetivo propuesto.

Agradezco al Ing. Carlos Romo por su cooperación y aporte para culminar con éxito el proyecto presentado a continuación.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional conjuntamente al cuerpo de docencia que supieron brindar los conocimientos fundamentales para la vida profesional.

A mi amigo Israel Bastidas que siempre me ayudó con cualquier asunto que meritaba apoyo.

Finalmente a toda mi familia que en su momento supieron ayudarme, a mis verdaderos amigos con los cuales pasamos momentos buenos y malos, que pesar de la distancia nunca se alejaron.

Andrés Arregui F.

## DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi familia más cercana, mi madre Alexandra, mi padre Fernando y mi hermano Gustavo ya que todos ellos depositaron su confianza en mí y a pesar de los altos y bajos no les defraudé, por lo que espero siempre se sientan orgullosos de mí, como yo de ellos.

A mi tío Gonzalo Falconí que en paz descanse, que me supo apoyar y darme la motivación necesaria y apropiada.

A mi tía Soraya Arregui que en paz descanse, que creyó en mí y me insito a ser una mejor persona y me aconsejó en cada paso de mi crecimiento.

A mi tío Remigio Arregui, quien siempre me aconsejo y motivó para enfrentar cada dificultad que se me presentaba con el objetito de culminar mis estudios, además que me brindó una mano para poder realizar mis propósitos.

A mi abuelita Eugenia Ávila quien siempre confió en mí y me impulsó a seguir adelante.

A mi familia en general por haber creído en mí para superarme y graduarme de la universidad.

Andrés Arregui F.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento infinito a Dios por brindarme salud, sabiduría y paciencia para culminar el proyecto de titulación, su iluminación y bendición me permitió día a día seguir con mis estudios y finalmente terminar otra etapa más que me servirá para abrir nuevas puertas en mi futuro.

Luego agradecer a mis padres Favio y Carmita quienes hicieron posible que yo pudiera seguir estudiando, ellos solventaron mis gastos diarios y me dieron el apoyo necesario para que yo continúe estudiando y no decaiga aun cuando todo parecía difícil o perdido, también a mi hermana Dayana, quien confió en mí en todo momento y a quien no puedo defraudar porque yo soy su ejemplo a seguir y eso me llena de orgullo y me da fuerzas para terminar mis estudios.

A toda mi familia en general por haberme brindado de su apoyo y ayudarme cuando más los necesite, a cada uno de ellos le agradezco por el amor infinito y por demostrarme la fortaleza de la unión y que con la perseverancia, todo se alcanza.

A mi novia Diana por estar siempre en todo momento y evitar que me rindiera cuando el camino se ponía difícil, ella me demostró paciencia y compañía siempre que lo necesite y me sirvió para esforzarme más y alcanzar mi meta de terminar la tecnología.

Israel Bastidas C.

## DEDICATORIA

Especialmente se lo dedico a mis padres Favio y Carmita quienes hicieron más de lo imposible por conseguir todos los recursos para que yo tuviera la oportunidad de estudiar y conseguir ser mejor persona cada día, para luego poder competir en el ámbito laboral sin ningún problema.

A mi hermana Dayana quien fue mi motivación como hermano mayor para que ella vea que nada es imposible y que siga los caminos del estudio, porque es lo único que nuestros padres nos pueden dejar a lo largo de nuestras vidas.

A mi novia por que fue quien estuvo conmigo durante esta etapa de mi vida y me brindó la motivación necesaria para que cumpliera mi meta de ser un tecnólogo, y que aun continúe siendo la persona que me de la energía de continuar formándome como estudiante y conseguir una ingeniería y posteriormente una maestría.

Israel Bastidas C.

## TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Justificación .....	2
2. METODOLOGÍA.....	3
2.1. Tipo de investigación .....	3
2.2. Pasos metodológicos.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
3.1. Estudio técnico de requerimientos del laboratorio .....	5
Medición del laboratorio.....	5
Identificación de elementos necesarios para el tablero. ....	6
Selección del gabinete.....	7
Contactores para energización del tablero y de cada módulo. ....	9
Protección termomagnética para el tablero y para tomacorrientes. ....	13
Relés de pérdida de fase .....	15
3.2. Construcción del tablero de control .....	17
Adecuación mecánica del gabinete .....	18
Cableado de los elementos de maniobra de la puerta del gabinete. ....	24
3.3. Construcción de la acometida .....	32
Requerimientos de la instalación .....	32
Acometida principal .....	42
Acometida de distribución .....	43
Displays de medición de voltaje.....	46
3.4. Pruebas de funcionamiento del tablero .....	46
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
4.1. Conclusiones.....	56
4.2. Recomendaciones.....	57
5. BIBLIOGRAFÍA.....	58



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. – Tablero de control .....	5
Figura 2. – Plano de las dimensiones del laboratorio de Análisis Instrumental .....	6
Figura 3. – Dimensiones del tablero de control .....	7
Figura 4. – Contactores de 7 [A] para energización de módulos.....	11
Figura 5. – Contactor de 32 [A] para energización del tablero.....	13
Figura 6. – Protección termomagnética bipolar de 40 [A].....	14
Figura 7. – Protección termomagnética tripolar de 40 [A].....	15
Figura 8. – Relés de pérdida de fase .....	15
Figura 9. – Conexión de relés de pérdida de fase .....	16
Figura 10. – Conexión de relés de pérdida de fase .....	17
Figura 11. – Placa interior del gabinete con canaletas, riel y barra.....	18
Figura 12. – Distribución de los elementos en la tapa del gabinete.....	19
Figura 13. – Distribución de los elementos en la tapa del gabinete.....	19
Figura 14. – Diagrama de control del tablero de Análisis Instrumental .....	21
Figura 15. – Señalización de conexiones en los elementos.....	22
Figura 16. – Distribución de los elementos en interior del gabinete.....	23
Figura 17. – Distribución de los elementos en la tapa del gabinete.....	24
Figura 18. – Cableado de los puntos neutros de los elementos.....	25
Figura 19. – Conexión de los elementos de maniobra con los actuadores .....	26
Figura 20. – Conexión de los tomacorrientes monofásicos.....	26
Figura 21. – Conexión de los display de medición de voltajes.....	27
Figura 22. – Posicionamiento del selector.....	27
Figura 23. – Vista posterior de los selectores y displays .....	28
Figura 24. – Interruptor de recuperación de operación. ....	28
Figura 25. – Diagrama del interruptor de recuperación de operación .....	29
Figura 26. – Tapa vista frontal sin señalización.....	30
Figura 27. – Tapa vista frontal señalizada .....	31
Figura 28. – Distribución del cableado.....	33
Figura 29. – Diagrama unifilar de conexiones sistema de potencia.....	41
Figura 30. – Sujeción del cableado sucre y tierra .....	42
Figura 31. – Identificación acometida principal. ....	42
Figura 32. – Distribución del cableado.....	44
Figura 33. – Canaleta principal de acometida .....	44
Figura 34. – Canaletización de distribución a cada mesa de trabajo.....	45
Figura 35. – Canaletización lateral de mesas de trabajo .....	45
Figura 36. – Display de medición.....	46
Figura 37. – Funcionamiento intermitente de los contactores.....	54
Figura 38. – Funcionamiento ininterrumpido.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. – Grados de protección IP de los tableros.....	8
Tabla 2. – Categoría de los contactores.....	10
Tabla 3. – Características técnicas del contactor de 7 [A].....	11
Tabla 4. – Características técnicas del contactor de 32 [A]. .....	13
Tabla 5. – Designación de nomenclaturas para los elementos. ....	20
Tabla 6. – Nomenclatura de las conexiones internas.....	22
Tabla 7. – Distancia de la acometida a cada puesto de trabajo. ....	33
Tabla 8. – Código de colores según norma NEMA/ANSI. ....	35
Tabla 9. – Caída de tensión máxima admisible por categoría. ....	37
Tabla 10. – Equivalencia de AWG a mm <sup>2</sup> . ....	38
Tabla 11. – Calibre y amperaje de conductores.....	39
Tabla 12. – Interpretación para acometida de distribución.....	40
Tabla 13. – Interpretación para acometida principal.....	40
Tabla 14. – Revisión continuidad circuitos de control. ....	47
Tabla 15. – Revisión continuidad cableado de fuerza.....	47
Tabla 16. – Voltajes de la instalación.....	48
Tabla 17. – Caída de tensión en líneas de distribución. ....	49
Tabla 18. – Revisión elementos de protección en el tablero de control. ....	49
Tabla 19. – Revisión de funcionamiento luces piloto.....	50
Tabla 20. – Funcionamiento pulsadores verdes.....	51
Tabla 21. – Funcionamiento pulsadores rojos.....	51
Tabla 22. – Funcionamiento paro de emergencia.....	51
Tabla 23. – Voltaje de medición de displays.....	52
Tabla 24. – Funcionamiento selectores.....	52
Tabla 25. – Voltajes en tomacorrientes. ....	53
Tabla 26 – Desconexión sucesiva de fases (Una a la vez).....	53
Tabla 27 – Desconexión simultanea de dos fases.....	53
Tabla 28 – Desconexión las tres fases. ....	54

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Descripción del problema**

Los tableros de control se han convertido en una forma fácil y segura de controlar un proceso o una planta industrial, por este motivo cada fábrica o industria posee por lo menos uno que ayude a suministrar energía a un cierto componente o elemento para realizar un trabajo. Además, permite almacenar el cableado de los elementos en el interior de sí mismo lo que evita que las personas puedan accidentarse. Por lo tanto es una forma más ordenada y simplificada de utilizar los elementos de maniobra, accionamiento y de visualización necesarios dentro del proceso, sin la necesidad de estar cerca o en contacto del mismo y así evitar cualquier riesgo.

En los procesos industriales es necesario colocar un paro de emergencia como medida de seguridad ante eventualidades que involucren riesgos eléctricos, de igual manera, al operar grandes potencias es mejor realizarlo con elementos de maniobra como son pulsadores y selectores, ya que estos permiten el manejo de altas energías sin riesgo de descargas eléctricas en los usuarios. También es necesario llevar un control de los niveles de voltaje para evitar dañar los equipos, por ello se debe colocar un instrumento de medición que sirva como una medida de visualización y monitoreo. Además, como medida de seguridad se debe proporcionar un suministro de energía controlado para la operación y mantenimiento.

Debido a que la ESFOT no cuenta con un laboratorio de Análisis Instrumental y además que no existe un control de suministro de energía para el mismo, se ha propuesto la construcción del tablero de control para las 8 mesas de trabajo del laboratorio de Análisis Instrumental, brindando seguridad y facilidad de manejo para los estudiantes de las carreras de Tecnología en Electromecánica y Telecomunicaciones para la realización de diferentes prácticas con el fin de mejorar la relación entre la parte teórica y práctica de la enseñanza.

## **1.2. Objetivos**

### **Objetivo general**

Construir la acometida y el tablero de control de suministro de energía para el laboratorio de Análisis Instrumental

## Objetivos específicos

- Realizar el estudio de los requerimientos técnicos de la instalación.
- Construir el tablero de control.
- Construir la acometida principal y de distribución.
- Realizar pruebas de funcionamiento del tablero.
- Elaborar el manual de uso.

### 1.3. Justificación

Debido a que la ESFOT se encuentra en un proceso de crecimiento en el área de infraestructura relacionada con los laboratorios y la construcción de módulos que permiten el aprendizaje práctico, se propone implementar un tablero de control para el laboratorio de Análisis Instrumental que permitirá a los estudiantes de las carreras de telecomunicaciones y electromecánica adquirir nuevos conocimientos y fortalecer las habilidades en el área técnica por medio de la práctica y la utilización de las instalaciones.

Mediante la construcción del tablero de control se busca brindar facilidad y control de suministro de energía a cualquier módulo o planta. Para solventar los peligros relacionados a la manipulación de energía se pretende colocar un pulsador de paro de emergencia general que permita la desactivación de todas las mesas a través del tablero de control, de igual manera un pulsador de marcha general como prevención y seguridad al momento de energizar cada módulo. Para el suministro controlado de energía se propone utilizar un sistema de contactores que permitan la conexión y desconexión de las mesas según el pulsador presionado, para ello se tienen tres pulsadores uno de paro y uno de marcha ubicados en el tablero y uno de emergencia ubicado en las mesas de trabajo.

Para distribuir la energía en cada mesa de trabajo será necesaria la construcción de la acometida, la cual constará de cinco conductores uno de fase, dos pilotos para el paro de emergencia, un neutro y una tierra para protección contra descargas y equilibrio de cargas.

Los principales beneficios del proyecto son brindar seguridad al mantener el cableado y los dispositivos de potencia en el interior del tablero, además de permitir que el estudiante tenga un fácil manejo de los elementos de maniobra, suministrar energía a las diferentes estaciones de trabajo y a la vez poder interrumpir el suministro en caso de emergencia sin necesidad de estar cerca al proceso.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

Para la ejecución del proyecto será necesario plantearse la manera de cómo se van a obtener los recursos para lograrlo. Por tal motivo el proyecto presentado a continuación se realizó a base de la metodología aplicada, debido a que se trata de un proyecto práctico en el cual se emplearon conocimientos y habilidades adquiridas. También se toma en cuenta la metodología experimental, mediante la cual se procede a realizar pruebas y cálculos que permitan retroalimentar los conocimientos y mediante ello poder efectuar cambios o mejoras que garanticen un correcto funcionamiento del tablero. Para lograr todo ello es necesario seguir ciertos pasos o procedimientos que permitan determinar los aspectos más importantes del proyecto. (Lozada, 2014)

### **2.2. Pasos metodológicos**

Primero se realiza un estudio técnico del lugar de trabajo con el fin de determinar dónde se ubicará el tablero y conocer hasta dónde se tienen que llevar los cables para la acometida de distribución, para lo cual se realizó las mediciones respectivas del laboratorio.

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.

Para determinar los elementos de maniobra, de visualización, protección y actuadores será necesario identificar los requerimientos de los módulos y demás elementos que se necesitarán tanto para el interior del gabinete como para la puerta del mismo.

Los actuadores y elementos de protección deben ser seleccionados y dimensionados mediante la corriente nominal y de cortocircuito, aplicando el factor de dimensionamiento se obtiene la corriente de protección con la cual se seleccionarán dichos elementos.

Para identificar el calibre del conductor tanto para la acometida principal como de distribución se utiliza el método de caída tensión, mediante el cual se identifica por medio de una tabla el calibre correspondiente a dicha sección. Para aplicar la fórmula mencionada será necesario conocer las distancias que existen desde el tablero a los respectivos módulos, la corriente y caída de tensión máxima en los conductores que llegan a cada mesa.

Será necesario realizar un diagrama de control en el programa CAdE\_SIMU y un diagrama eléctrico en el programa AutoCAD de las acometidas para identificar cómo se efectuará

cada una de las conexiones evitando errores y obteniendo un esquema para los respectivos mantenimientos y posibles reparaciones.

Luego mediante los planos realizados se procederá con las conexiones tanto internas del tablero como de las respectivas acometidas para suministrar de manera efectiva la energía a cada módulo.

Por normas eléctricas se establece que para el cableado que se encuentra en la parte superior del laboratorio se debe proteger con manguera de luz, mientras que con canaletas para el cableado que desciende a cada módulo.

Para la energización del tablero de control del laboratorio de Análisis Instrumental es necesario conectarlo en paralelo al tablero de control ya existente en el laboratorio, siguiendo normas de seguridad como es la desenergización total de la acometida para evitar algún riesgo eléctrico.

Para realizar las pruebas del tablero se siguió un proceso de revisión que permite identificar el estado en que se encuentra cada uno de los elementos de maniobra, visualización y actuadores. Las pruebas se realizaron de forma práctica, es decir, para los elementos de maniobra se realizó un prueba de continuidad en los terminales, para los elementos de visualización se energizó comprobando su correcto funcionamiento, finalmente para los actuadores se activó y desactivó cada uno de los mismos de forma continua e intermitente para distinguir el tiempo de reacción con su correcto funcionamiento.

Por último es necesario que el tablero o que cualquier sistema eléctrico disponga de un manual de uso, el cual permita conocer el funcionamiento e incluya detalladamente el respectivo mantenimiento del tablero. El manual se realiza mediante figuras que permitan identificar cada uno de los elementos, su funcionamiento y su respectiva señalización.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se construyó el tablero de control, la acometida principal y de distribución para el laboratorio de Análisis Instrumental. Su funcionamiento consiste en el suministro de energía controlado por medio de pulsadores para el energizado y desenergizado, con luces piloto verdes para apreciar la energización, además del monitoreo de la energía en cada fase con el fin de otorgar seguridad al usuario de las mesas y a los equipos electrónicos presentes en las mismas. También se implementó un sistema para identificar algún fallo en la red de suministro por medio de las luces piloto rojas que muestran la falta de una fase para así evitar el daño de los equipos de laboratorio por algún fallo de energía y una luz piloto amarilla para evidenciar la activación del breaker general, como se observa en la figura 1 en la cual se aprecian todos los elementos del tablero.



Figura 1. – Tablero de control.

#### 3.1. Estudio técnico de requerimientos del laboratorio

##### Medición del laboratorio

El tablero de control es la parte fundamental del trabajo, por lo cual es necesario conocer su ubicación específica dentro del laboratorio de Análisis Instrumental, para ello se procedió a tomar las medidas generales del laboratorio y conocer la distribución de los módulos de trabajo para fijar un lugar donde el tablero se encuentre en condiciones de seguridad y que permita distribuir el cableado sin ningún problema. En la figura 2 se

muestra un plano en 2D realizado con el programa AutoCAD en el cual se muestran las dimensiones del laboratorio y la ubicación que se determinó para el tablero.

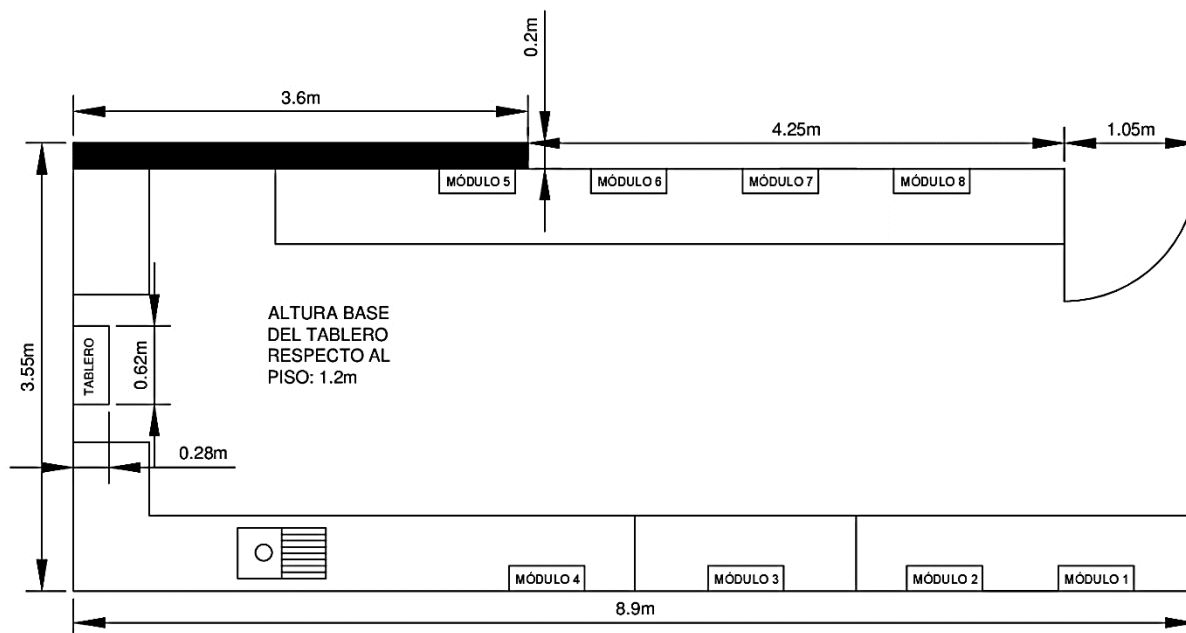


Figura 2. – Plano de las dimensiones del laboratorio de Análisis Instrumental.

El tablero se colocó a una altura de 1,2 [m] con respecto al piso con el fin de tener un acceso fácil y directo al mismo por parte de los docentes y estudiantes, también se consideró que debe estar en la parte del fondo del laboratorio para evitar posibles accidentes y tener el espacio suficiente para maniobrar cada uno de sus elementos. Además, permite contar con espacio libre frente al tablero de mínimo 1 [m] para los respectivos mantenimientos.

A partir de las mediciones del laboratorio también se podrán obtener las distancias desde cada módulo al tablero para de esta manera determinar la cantidad de cable.

### Identificación de elementos necesarios para el tablero.

Es necesario conocer los requerimientos propios del proyecto, es decir identificar los elementos indispensables y determinar la cantidad de los mismos.

Se realizó un estudio para conocer con cuántos puestos de trabajo contará el laboratorio, esto dependerá del espacio disponible y el espacio que ocupe cada módulo de trabajo en las mesas. Los módulos de trabajo mencionados están siendo realizados en otro trabajo de titulación, por lo cual no se especifican detalladamente las características de los mismos, sino únicamente las dimensiones de los módulos para determinar el espacio de trabajo. Las dimensiones son de 60 x 50 x 20 [cm] que representan largo, ancho y



profundidad respectivamente. A partir de ello se distribuyen los módulos en el espacio total del laboratorio obteniendo un total de 8 puestos de trabajo.

Los elementos necesarios del tablero son: nueve contactores de los cuales se utiliza un contactor de mayor amperaje para la energización de todo el tablero y ocho contactores de menor amperaje para energizar cada módulo, los valores y las respectivas características de los mismos se mencionarán en la subsección Contactores para energización del tablero y de cada módulo. Será necesario también un pulsador verde, rojo y luces piloto verdes por cada módulo para visualización, activación y desactivación de cada uno. Además, se utilizan protecciones termomagnéticas, las cuales reaccionan a elevadas temperaturas de cortocircuito que persisten por un lapso de tiempo; a diferencia de las protecciones de sobre corriente que actúan en presencia de un pico de corriente provocando posibles falsos cortocircuitos.

### Selección del gabinete

Para seleccionar el gabinete es importante conocer las condiciones ambientales a las que estará sometido el tablero dentro del laboratorio de Análisis Instrumental, teniendo en cuenta que no existe ninguna condición extrema. También se establecen las medidas del tablero; para ello es necesario adquirir los elementos que se van a utilizar y distribuirlos de forma que sea posible obtener las dimensiones del tablero, obteniendo una medición total de 80 x 60 x 28 [cm] que representan largo, ancho y profundidad respectivamente, a continuación en la figura 3 se muestra un gráfico realizado en el programa Auto CAD con las dimensiones antes mencionadas.

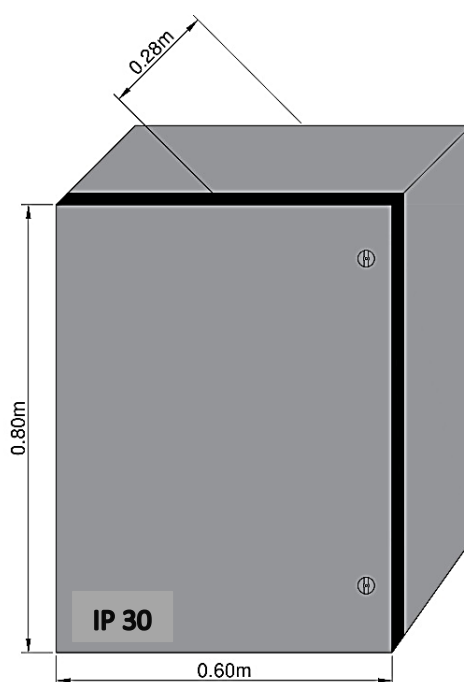


Figura 3. – Dimensiones del tablero de control.

Una vez conocidas las dimensiones del tablero, se debe seleccionar la protección IP del mismo, la IP (*international protection*) se refiere al grado de protección que un gabinete puede tener y este viene acompañado de dos números, el primer dígito representa la protección contra sólidos y el segundo la protección contra líquidos.

El tablero debe garantizar que las personas no puedan ingresar ningún tipo de objetos tales como herramientas o alguna parte de su cuerpo, por lo cual se determina que la protección contra sólidos debe ser de hasta 2.5 [mm] dentro de lo cual incluye piedras, tornillos, clavos, entre otras. De esta manera se garantiza la seguridad de los usuarios y se evitan daños en los equipos que se encuentran en el interior.

Para protección contra líquidos se toma en cuenta que las condiciones donde se encuentra el tablero es un cuarto cubierto, el cual no tiene ningún riesgo de lluvia o de algún líquido que pueda ingresar al gabinete, por lo cual no se considera necesario una protección específica para líquidos. A continuación, en la tabla 1 se muestran los tipos de protecciones que un tablero puede tener, mediante la tabla se determinará qué tipo de protección es necesaria para las condiciones antes mencionadas.

Tabla 1. – Grados de protección IP de los tableros.

IP	Prueba IP	IP	Prueba IP
0	Sin protección.	0	Sin protección.
1	Protegido contra objetos sólidos de hasta 50 [mm], por ejemplo toque accidental con las manos.	1	Protegido contra gotas de agua que caen verticalmente, por ejemplo condensación.
2	Protegido contra objetos sólidos de hasta 12 [mm], por ejemplo dedos.	2	Protegido contra rocío directo de agua hasta 15° de la vertical.
3	Protegido contra objetos sólidos de hasta 2.5 [mm], por ejemplo herramientas y alambres.	3	Protegido contra rocío a 60° de la vertical.
4	Protegido contra objetos sólidos de hasta 1 [mm].	4	Protegido contra rocío de agua desde todas las direcciones (se permite un ingreso limitado).
5	Protegido contra el polvo (ingreso limitado, sin acumulación dañina).	5	Protegido contra chorros a baja presión de agua desde todas las direcciones (se permite un ingreso limitado)
6	Totalmente protegido contra el polvo.	6	Protección contra chorros fuertes de agua
7		7	Protección contra los efectos de inmersión entre 15 [cm] y 1 [m]

Fuente: Instalaciones eléctricas y automatismos, 2013. D'Addario.

Luego de observar la tabla de protecciones se determina que la protección para el tablero es de tipo IP 30, es decir, protección contra sólidos 3 impidiendo el ingreso de cualquier objeto que mida más de 2.5 [mm] y la protección contra líquidos es 0 por motivo que el

tablero se encuentra en una habitación cerrada lo que impedirá el ingreso de lluvia o cualquier otro tipo de líquido.

### **Contactores para energización del tablero y de cada módulo.**

Para la selección de los contactores se debe conocer la carga que se instalará para de esta manera obtener la corriente máxima que circulará y aplicando un factor de dimensionamiento se obtiene el valor comercial de los contactores. También será necesario conocer el tipo de aplicación que las mesas tendrán para poder determinar la categoría del contactor, la cual depende de la carga a conectar. Mediante estos dos criterios se seleccionarán los contactores correspondientes para suministrar la corriente necesaria a cada módulo de trabajo.

### **Selección del contactor para los módulos de trabajo**

El grupo de trabajo encargado de la construcción de los módulos pertenecientes a otro trabajo de titulación, realizaron los cálculos de las corrientes y determinaron la protección de los mismos, dando así un valor de 6 [A]. Se conoce que el voltaje de alimentación de las mesas es de 120 [V] debido a que es un sistema monofásico, con estos dos parámetros se procede a calcular la máxima potencia que las mesas pueden soportar. Para ello se utiliza la ecuación 1.

$$P_m = V \cdot I \quad \text{Ec.1}$$

$P_m$  = Potencia de cada módulo [w]

V = Voltaje monofásico[V]

I = Corriente [A]

$$P_m = 120 \text{ [V]} \cdot 6 \text{ [A]} = 720 \text{ [w]}$$

Al seleccionar un contactor será necesario tener dos criterios, uno es la potencia máxima que soporta la mesa y la otra es conocer qué tipo de cargas se podrían conectar, con el fin de determinar la categoría del contactor así como se muestra a continuación.

Como se conoce que la corriente máxima de consumo de cada mesa es de 6 [A], a este valor se debe multiplicar un factor de dimensionamiento el cual puede variar entre 1 y 1,5 este rango de variación se obtuvo del folleto de Protecciones Eléctricas otorgado por el Ing. Henry Orozco Torres, para determinar el factor apropiado se considera el uso o demanda de cada módulo. Para determinar la corriente de protección para los contactores y termomagnéticos es necesario multiplicar la corriente nominal o de consumo por el factor de dimensionamiento antes mencionado.

Los módulos de trabajo únicamente se utilizarán en horas de clases y cinco días a la semana, con esta información se determinó un valor de 1,15 como factor de dimensionamiento y esta se aplica en la ecuación 2 que se observa a continuación.

$$I_{km} = I_c \cdot 1,15 \quad \text{Ec.2}$$

$I_{km}$  = Corriente de contactor de los módulos [A]

$I_c$  = Corriente de consumo [A]

1.15 = Factor de dimensionamiento

$$I_{km} = 6 \text{ [A]} \cdot 1,15 = 6,9 \text{ [A]}$$

Conociendo que la corriente que debe soportar el contactor es de 6,9 [A] se procede a seleccionar un contactor de valor comercial que sea del mismo o de mayor capacidad que lo calculado, teniendo así un contactor de 7 [A].

Ahora se procede a identificar qué tipo de cargas existen en el laboratorio, como el laboratorio es de Análisis Instrumental hay que tomar en cuenta que se realizan prácticas tales como acondicionamiento de sensores de presión y para ello se utilizan compresores y otro tipos de equipos como fuentes, caudalímetro, planchas para PCB, etc. Para la categoría del contactor se debe seleccionar uno que permita trabajar con compresores los cuales son el tipo de carga más representativa en el laboratorio. Mediante la tabla 2 se observa y se selecciona la categoría que más se asemeje a las necesidades del laboratorio.

Tabla 2. – Categoría de los contactores.

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>AC-1</b>	Cargas puramente resistivas para calefacción eléctrica.
<b>AC-2</b>	Motores asíncronos para mezcladoras, centrifugas.
<b>AC-3</b>	Motores asíncronos para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores.
<b>AC-4</b>	Motores asíncronos para grúas, ascensores.

Fuente: Manual de baja tensión, 2000. Sturm.

Mediante los criterios antes mencionados se determina utilizar contactores de categoría AC-3 por cuestiones del tipo de carga y con una capacidad de 7 [A]. A continuación, en la figura 4 se observa los contactores utilizados para la energización de los módulos.



Figura 4. – Contactores de 7 [A] para energización de módulos.

Ahora que se conoce la capacidad del contactor es necesario conocer las características técnicas propias de cada contactor, las cuales se obtuvieron de los respectivos manuales propios de la marca, así como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. – Características técnicas del contactor de 7 [A].

Contactor serie 3RT2015-1AF01	
Marca	Siemens
Categoría	AC-3
Protección frontal y de terminales	IP 20 para ambos casos
Voltaje de alimentación	AC 110 [V] 50/60 Hz
Corriente máxima que soporta	7 [A]
Contactos principales	3 contactos NA, 0 contactos NC
Contactos auxiliares	1 contacto NA, 0 contactos NC

Fuente: Manual de baja tensión, 2000. Sturm.

### Selección del contactor principal

Para determinar el contactor principal será necesario conocer la potencia máxima que soportará el tablero, para ello se necesita el valor de la potencia de cada módulo y luego a este valor multiplicarlo por el total de los puestos de trabajo. A continuación se utiliza la ecuación 3 para calcular la potencia total.

$$P_T = P_m \cdot \#m \quad \text{Ec.3}$$

$P_T$  = Potencia total [w]

$P_m$  = Potencia de cada módulo [w]

$\#m$  = Número de módulos

$$P_T = 720 \text{ [w]} \cdot 8 = 5760 \text{ [w]}$$

Con la potencia total obtenida se procede a calcular la corriente de consumo total del tablero, para ello hay que tomar en cuenta que el voltaje aplicado es trifásico para todo el tablero siendo este de 220 [V] entre líneas. Ahora mediante la ecuación 4 se obtiene la

corriente de consumo total y con ello se procederá a calcular la corriente del contactor principal.

$$I_{CT} = \frac{P_T}{V_T} \quad \text{Ec.4}$$

$I_{CT}$  = Corriente de consumo total [A]

$P_T$  = Potencia total [w]

$V_T$  = Voltaje trifásico [V]

$$I_{CT} = \frac{5760 \text{ [w]}}{220 \text{ [V]}} = 26,18 \text{ [A]}$$

Mediante la corriente de consumo total se procede a obtener la corriente del contactor principal para ello se debe multiplicar por un factor de dimensionamiento, debido a que el tablero soporta toda la carga y se energiza de forma regular, se determina emplear un factor de dimensionamiento de 1,15. En la ecuación 5 se obtiene la corriente que debe soportar el contactor principal.

$$I_{kP} = I_{CT} \cdot 1,15 \quad \text{Ec.5}$$

$I_{kP}$  = Corriente de contactor principal [A]

$I_{CT}$  = Corriente de consumo total [A]

1,15 = Factor de dimensionamiento

$$I_{kP} = 26,18 \text{ [A]} \cdot 1,15 = 30,11 \text{ [A]}$$

Conociendo el valor que debe soportar el contactor principal se selecciona uno de igual o mayor valor comercial, teniendo así un contactor de 32 [A] con el cual el tablero no experimentará ningún problema a la hora de trabajar todos los módulos al mismo tiempo. Para seleccionar la categoría del contactor hay que tomar en cuenta que este soporta a los contactores de los módulos por lo cual su categoría debe ser la misma ya que las cargas no han cambiado.

Tal como el caso anterior la categoría del contactor es AC-3 y con una capacidad de 32 [A]. En la figura 5 se observa el contactor principal utilizado para la energización del tablero.



Figura 5. – Contactor de 32 [A] para energización del tablero.

Ahora que se conoce la capacidad del contactor es necesario conocer las características más importantes del mismo para determinar si el contactor es apropiado, para ello observar la tabla 4 en la cual se detallan dichas características.

Tabla 4. – Características técnicas del contactor de 32 [A].

Contactor serie 3RT2027-1AG20	
Marca	Siemens
Categoría	AC-3
Protección frontal y de terminales	IP 20 para ambos casos
Voltaje de alimentación	AC 110 [V] 50/60 Hz
Corriente máxima que soporta	32 [A]
Contactos principales	3 contactos NA, 0 contactos NC
Contactos auxiliares	1 contacto NA, 1 contacto NC

Fuente: Manual de baja tensión, 2000. Sturm.

### **Protección termomagnética para el tablero y para tomacorrientes.**

El tablero de control posee una protección principal la cual se encarga de la protección total de los elementos y del cableado que se encuentra en el interior, también cuenta con dos protecciones para tomacorrientes tanto monofásicos como bifásicos. Para seleccionar la protección principal es necesario identificar las protecciones de los tomacorrientes y conocer las capacidades de los demás elementos con el fin de dimensionar una protección de igual o mayor capacidad a la necesaria. (Enríquez Harper, 2007)

#### **a. Selección protección de tomacorriente bifásico**

Es necesario distinguir que para la instalación de los tomacorrientes bifásicos será necesaria una protección bipolar para proteger cada una de las fases que alimentará al tomacorriente. Luego se debe distinguir o conocer qué tipo de carga se conectarán, como requerimiento por el encargado del laboratorio se conoce que posiblemente se realicen pruebas a cocinas de inducción.

Mediante este dato se determina que la corriente de una cocina de inducción está en un valor de 32 [A] debido a que la potencia que consume es de aproximadamente 7000 [w]. Se aplica un factor de dimensionamiento 1,15 porque su uso no será de forma regular pero siempre hay que tomar en cuenta que la protección sea la adecuada y por ello no se emplea un factor menor. Mediante la ecuación 6 se calcula la corriente de protección del tomacorriente bifásico.

$$I_{PB} = I_B \cdot 1,15 \quad \text{Ec.6}$$

$I_{PB}$  = Corriente de protección para tomacorrientes bifásicos [A]

$I_B$  = Corriente cocina de inducción [A]

1,15 = Factor de dimensionamiento

$$I_{PB} = 32 \text{ [A]} \cdot 1,15 = 36,8 \text{ [A]}$$

Con el valor obtenido se puede seleccionar una protección de igual o mayor valor dependiendo si existe el valor comercial. Por lo tanto la protección seleccionada es un termomagnético bipolar de 40 [A] que permitirá la conexión de cualquier equipo que tenga una potencia de aproximadamente 7000 [w]. A continuación en la figura 6 se muestra la protección seleccionada para los tomacorrientes bifásicos.



Figura 6. – Protección termomagnética bipolar de 40 [A].

### b. Selección de protección termomagnética principal

Para seleccionar la protección principal será necesario conocer la corriente que el tablero soporta en su totalidad, de esta manera se puede dimensionar el termomagnético principal, también hay que considerar que la protección principal no puede ser menor a las demás que se encuentran aguas abajo, para garantizar la detección de alguna falla y la desactivación del circuito.

Mediante la ecuación 5 antes utilizada se obtuvo el valor de la corriente máxima de protección para el contactor principal siendo así un valor de 22,75 [A] al cual se aplicará un factor de dimensionamiento de 1,25 porque el uso será continuo y de forma regular, para de



esta manera obtener la corriente de protección del termomagnético principal del tablero, en la ecuación 7 se muestra cómo se obtiene dicha corriente.

$$I_{TP} = I_{kP} \cdot 1,25 \quad \text{Ec.7}$$

$I_{TP}$  = Corriente de termomagnético principal [A]

$I_{kP}$  = Corriente de contactor principal [A]

1,25 = Factor de dimensionamiento

$$I_{PB} = 30,11 \text{ [A]} \cdot 1,25 = 37,64 \text{ [A]}$$

Con el valor obtenido se determina utilizar una protección termomagnética tripolar de 40 [A] la cual garantiza que el tablero estará protegido en sus tres fases de alimentación (R, S y T) sin ningún problema. A continuación, en la figura 7 se muestra la protección principal del tablero.



Figura 7. – Protección termomagnética tripolar de 40 [A].

### Relés de pérdida de fase

Un relé de pérdida de fase se instala en un tablero con la finalidad de conocer cuando en una línea de alimentación existe una falla, ya sea por falta de energía eléctrica o porque el conductor se cortó. Este tipo de elemento combinado con una luz piloto roja puede convertirse en un sistema de pérdida de fase muy útil para ciertos equipos delicados que necesitan dos o tres líneas de alimentación para funcionar correctamente. (Barbado Santana, Sierra, & Aparicio Bravo, 2013)

A continuación, en la figura 8 se muestra el tipo de relé utilizado en la instalación.



Figura 8. – Relés de pérdida de fase.

Los relés de pérdida de fase están asociados a las luces piloto de color rojo debido a que un tablero utiliza distintos colores en la visualización del funcionamiento, cuando una luz roja se enciende es porque algo sucede y se debe realizar algún mantenimiento. El relé posee una bobina la cual está conectada antes de la protección principal debido a que siempre debe estar alimentada para detectar si la línea de alimentación se pierde, así como en la figura 9 se observa la conexión del sistema de pérdida de fase representada por: PFR, PFS y PFT.

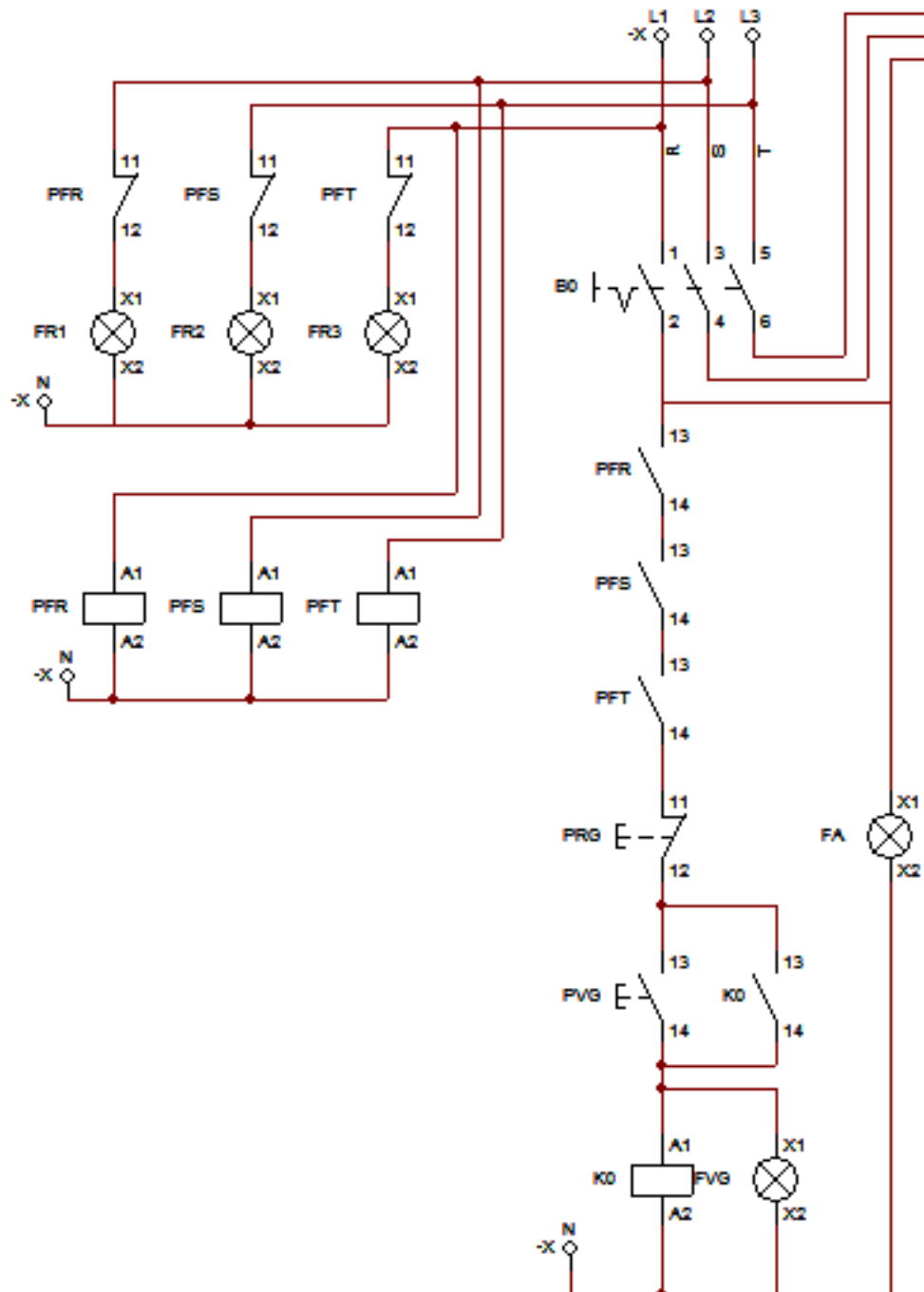


Figura 9. – Conexión de relés de pérdida de fase.

Los contactos normalmente abiertos deben estar conectados en serie en la rama principal de alimentación para que en caso de que una fase se pierda el tablero no se pueda energizar por cuestiones de protección de ciertos equipos conectados.

Los contactos normalmente cerrados van conectados a las luces piloto rojas para que cuando se pierda la energía la bobina se desenergiza provocando que los contactos estén en su posición original y cierran el circuito provocando que se enciendan las luces piloto.

A continuación en la figura 10 se muestra el funcionamiento de las luces piloto de pérdida de fase, la cual se tomó en condiciones reales de pérdida de fase.

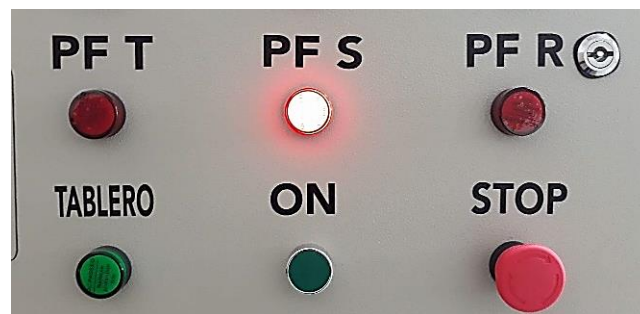


Figura 10. – Conexión de relés de pérdida de fase.

Es importante mencionar que cada luz piloto de la pérdida de fase está alimentada con la fase de la siguiente, es decir la luz piloto de la fase R está alimentada con la fase S para que cuando se pierda la fase R la luz pueda encenderse. Pero existe el inconveniente que si se pierden dos fases, únicamente se enciende una luz piloto porque una de las fases que alimentaba la otra luz se perdió. Cuando se pierden las tres fases no se podrá visualizar ninguna luz piloto encendida porque no existirá energía en ninguna línea, pero se apagará el sistema por completo.

### 3.2. Construcción del tablero de control

El tablero de control está compuesto por el gabinete y los accesorios de mando, visualización, actuadores y protecciones que se encuentran dentro y en la puerta del mismo. Un tablero de control no viene fabricado con todo lo mencionado anteriormente debido a que las necesidades de cada institución o cada empresa son distintas, por lo cual se analizan previamente los accesorios y espacio que van a ocupar cada uno en el tablero. Para ello, se divide el trabajo en dos partes principales que son: la parte mecánica del tablero, es decir realizar las adecuaciones del mismo para colocar los elementos tanto en el interior como en la puerta del gabinete y la otra parte es el cableado interno de todos los elementos que constituyen el tablero. (Cerdá Filiu, 2014)

### Adecuación mecánica del gabinete

Los gabinetes cuentan con una placa metálica en su interior, la cual permite trabajar independientemente del gabinete, es decir esta placa está diseñada para retirarla del gabinete y realizar el trabajo directamente en la misma, evitando que se perforo el gabinete y dando mayor facilidad de manejo al colocar las canaletas, rieles y barras de potencial.

Se realiza la distribución del espacio interno del gabinete, para colocar los rieles y las canaletas las mismas que deben tener un espacio aproximado de 10 [cm] entre sí, para poder maniobrarlos al momento de la conexión y por normas técnicas de los tableros. En la figura 11 se muestran la placa y los diferentes elementos mencionados anteriormente.

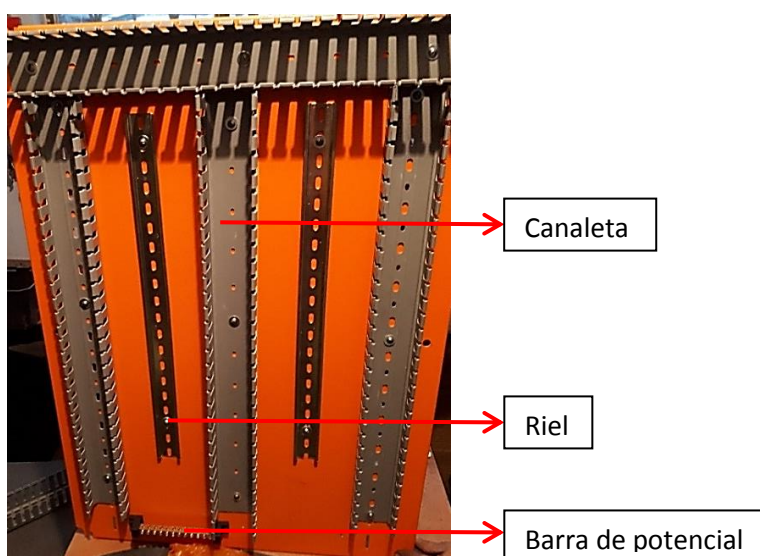


Figura 11. – Placa interior del gabinete con canaletas, riel y barra.

Las barras de potencia se colocan en la parte inferior de la placa para tener un punto común de las instalaciones tanto para el neutro como para la tierra. Estas dos barras son importantes en cualquier instalación porque se debe cuidar de los equipos y también la seguridad de las personas. (Casas-Ospina, 2010)

### Puerta del gabinete

Como se mencionó anteriormente será necesario realizar perforaciones en la puerta del gabinete para poder asegurar los elementos y ubicarlos en un solo lugar. Se realizó una distribución previa y se señaló el lugar donde se ubicarán los elementos, esto para tener una apropiada distribución de los mismos previo a realizar las perforaciones en la puerta del gabinete así como se muestra a continuación en la figura 12 en la cual se aprecia la ubicación de los elementos.



Figura 12. – Distribución de los elementos en la tapa del gabinete.

Se realizaron todas las perforaciones de la puerta y también del propio gabinete ya que fue necesario realizar 4 aberturas a los costados del gabinete para colocar los tomacorrientes, además una apertura en la parte superior la cual servirá para introducir los cables de distribución y también se colocó una tira de caucho en el filo con el fin de evitar que los cables al jalarse se vayan a pelar con los filos de la lata. En la figura 13 se observan las perforaciones mencionadas, las cuales servirán para los tomacorrientes y el cableado de distribución.



Figura 13. – Distribución de los elementos en la tapa del gabinete.

## Plano de conexión

Para elaborar el diagrama de control se utiliza el programa denominado CADe\_SIMU, el cual está diseñado para trabajar con sistemas de control y dentro de él se encuentran todas las herramientas necesarias para elaborar las correspondientes ramas de control. (Enríquez Harpe, 2000)

En el plano de conexión se detalla el correspondiente diagrama de control del tablero, es decir el circuito necesario que fue implementado para ejecutar las acciones de energización y desenergización de las correspondientes mesas y además, de la disposición de los relés de detección de pérdida de fase que se encuentran ubicados en el tablero.

Toda instalación eléctrica ya sea residencial o de un tablero de control requiere de su respectivo diagrama de control, en el cual se debe especificar la numeración de las conexiones de los diferentes elementos y se deben seguir las normas eléctricas como la colocación de la señalética en la instalación.

En la tabla 5 se puede distinguir las diferentes nomenclaturas utilizadas para la separación de los circuitos dentro del tablero de control.

Tabla 5. – Designación de nomenclaturas para los elementos.

<b>Elemento</b>	<b>Terminales</b>
Luces piloto	X1 y X2
Pulsadores NA	3 y 4
Pulsadores NC	1 y 2
Bobinas	A1 y A2
Selectores	S1, S2 y S3
Breakers	R, S y T
Switch	S
Pérdida de fase	PFR, PFS y PFT

Es importante mencionar que la nomenclatura que se muestra en las conexiones del programa no corresponden exactamente a cómo están establecidas dentro del tablero por motivos que el programa no permite colocar nombres de conexiones más extensos a tres caracteres, por ello se utiliza una combinación entre la nomenclatura del elemento conectado y la nomenclatura de los puntos de conexión. En la figura 14 se puede observar el correspondiente diagrama de control del tablero.

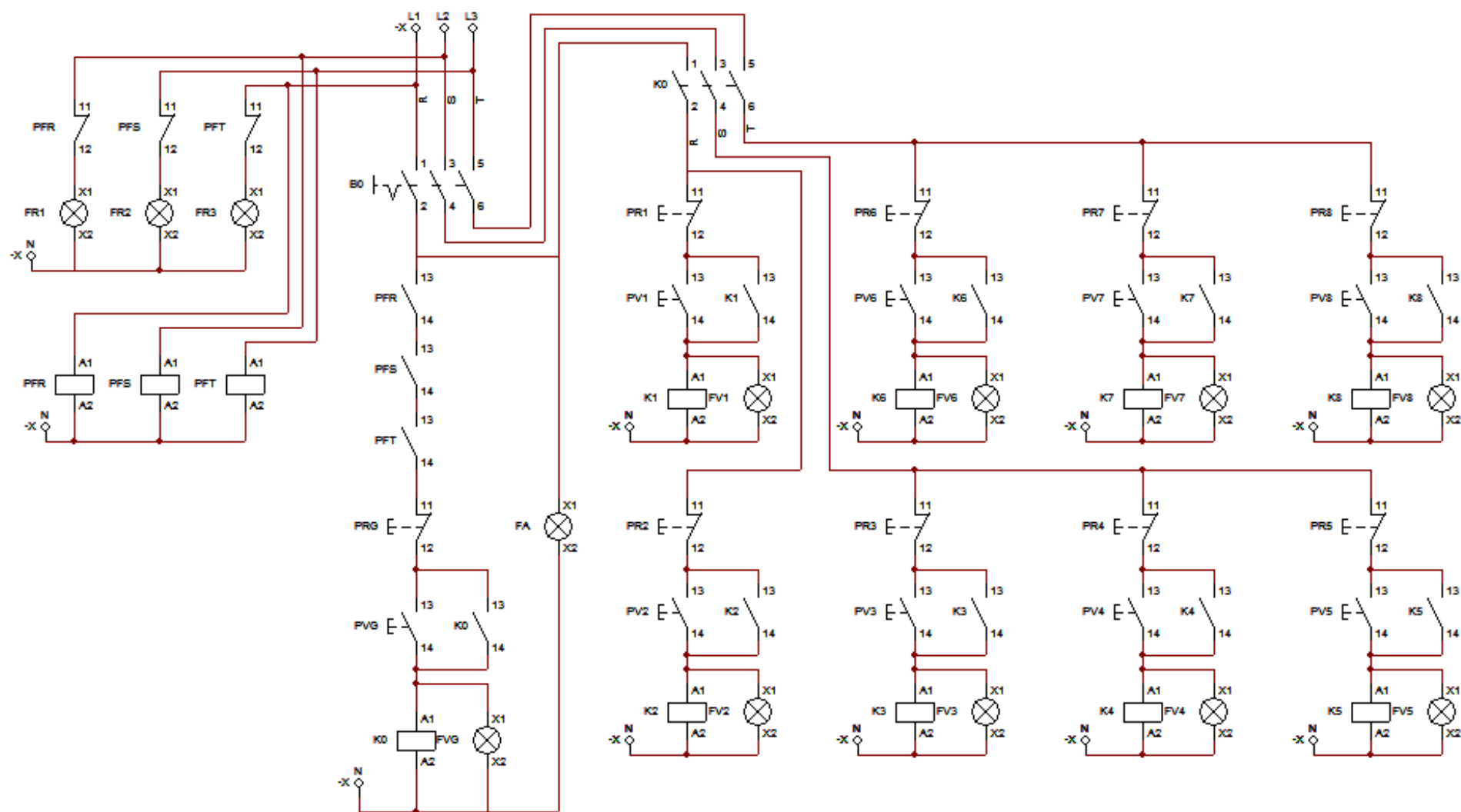


Figura 14. – Diagrama de control del tablero de Análisis Instrumental.



En la figura 15 se tiene la parte posterior del pulsador de energización del módulo de trabajo ocho, por lo cual se tiene una combinación del nombre del elemento al cual se nombra como PV de pulsador verde, y la nomenclatura de conexión es 13 y 14 indicando que la conexión es de un normalmente abierto. Para entender de mejor manera lo antes mencionado se presenta dicha figura para reconocer la señalización empleada en cada uno de los elementos internos del tablero.



Figura 15. – Señalización de conexiones en los elementos.

En la tabla 6 se observa la nomenclatura de los diferentes elementos, tomando la abreviatura del elemento, más el número de la rama, separada por un guión y seguidas por la nomenclatura de los puntos de conexión. A continuación, se muestra la señalización de los distintos elementos más sobresalientes.

Tabla 6. – Nomenclatura de las conexiones internas.

Elemento	Abreviatura	Número de la Rama	Nomenclatura de punto de conexión	Ejemplo de Nomenclatura de las conexiones
Pulsador verde	PV	General	13 y 14	PVG-13 y PVG-14
Pulsador rojo	PR	1	11 y 12	PR1-11 y PR1-12
Luz piloto verde	FV	3	X1 y X2	FV3-X1 y FV3-X2
Luz piloto roja	FR	4	X1 y X2	FR4-X1 y FR4-X2
Luz piloto amarilla	FA	--	X1 y X2	FA-X1 y FA-X2
Display	D	2	1 y 2	D2-1 y D2-2
Contacto auxiliar	K	7	13 y 14	K7-13 y K7-14
Bobina	K	8	1 y 2	K8-1 y K8-2
Neutro	N	--	--	N
Tierra	GND	--	--	GND
Breaker	B	General	--	B1
Selector	S	3	1 y 2	S3-1 y S3-2



## Colocación de los elementos en el interior y puerta del gabinete

Antes de empezar con el cableado, es necesario que se ubiquen los elementos en donde estos fueron asignados debido a criterio propio para facilitar el cableado interno del tablero, para ello se observa la figura 16.

Hay que considerar que como el cableado viene de la parte superior, será factible colocar los elementos de protección en la parte superior para que la distribución del cableado sea más corta y de forma ordenada ya que los demás elementos vienen después de las respectivas protecciones.

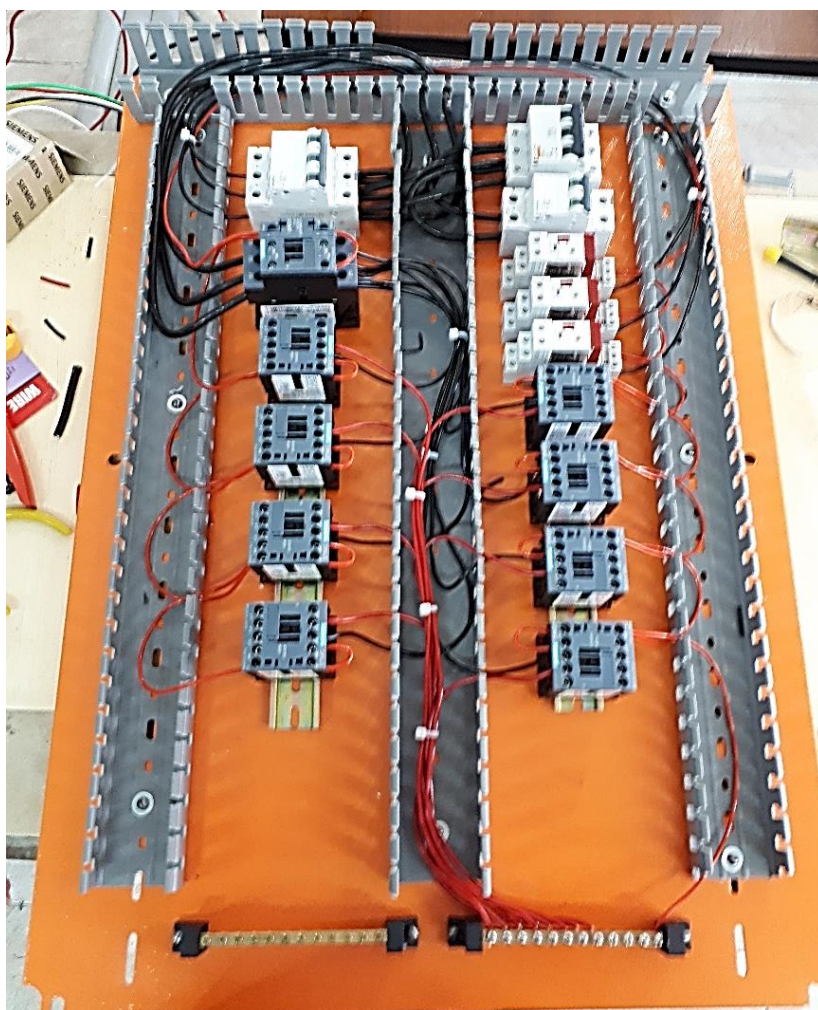


Figura 16. – Distribución de los elementos en interior del gabinete.

De la misma forma se deben asegurar los elementos de la puerta del gabinete, para esto se debe emplear el mecanismo propio que cada elemento posee.

Los pulsadores, selectores y las luces piloto contienen una tuerca plástica que permite asegurarlos desde la parte posterior, los displays no cuentan con ningún

seguro por lo que la perforación debe realizarse a la medida para que el elemento entre a presión. En la figura 17 se puede observar cómo se ubicó a los elementos.



Figura 17. – Distribución de los elementos en la tapa del gabinete.

### **Cableado de los elementos de maniobra de la puerta del gabinete.**

La conexión de los elementos de maniobra en la puerta del gabinete es de suma importancia ya que permite manejar la energización y desenergización de los puestos de trabajo sin necesidad de abrir el panel; el cable utilizado para la conexión interna es el mismo utilizado para la acometida de distribución, debido a que el conductor soporta los mismos valores de corriente. Esto se mostrará en la sección Construcción de la acometida.

En la figura 18 se muestra el respectivo cableado de los elementos que se encuentran en la puerta del gabinete hacia sus respectivos contactores y demás

elementos, en el cual se puede observar el cableado de los puntos comunes de neutro correspondientes a cada uno de los elementos tanto a los de maniobra como a los de visualización.



Figura 18. – Cableado de los puntos neutros de los elementos.

### **Conexión de los elementos de maniobra con los actuadores**

Para la ejecución de puentes con cable de calibre grueso como es el 8 AWG es necesario efectuar el paso del conductor a través de la canaleta, mientras que para un conductor de calibre delgado como el 16 AWG se lo realiza de forma directa con puentes pequeños sin necesariamente pasar por la canaleta, estos dos procesos se realizaron en la conexión de los elementos que se muestran a continuación en la figura 19.



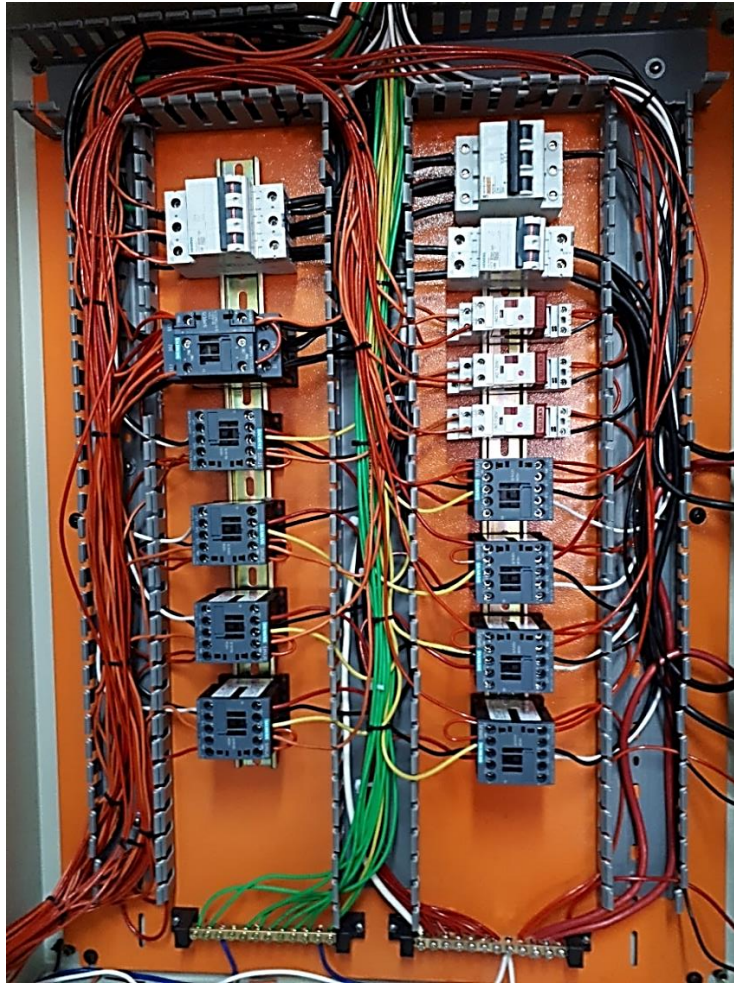


Figura 19. – Conexión de los elementos de maniobra con los actuadores.

### **Conexión tomacorriente monofásico**

Los tomacorrientes están conectados a una fase de alimentación (cable negro) y a la bornera del neutro (cable rojo), además cada uno posee la respectiva protección a tierra (cable verde). En la figura 20 se muestra el tomacorriente monofásico desde la parte posterior.



Figura 20. – Conexión de los tomacorrientes monofásicos.

## Conexión de los displays de medición de voltaje

Este tipo de dispositivo dispone de dos terminales en los que se conectarán los cables provenientes ya sean de las dos fases o de una fase y del neutro. El display está conectado para tener ambas mediciones de voltaje, es decir fase – neutro y fase – fase las cuales mediante un selector se podrá hacer el paso para cada medición. En la figura 21 se muestra la conexión de los displays utilizados.

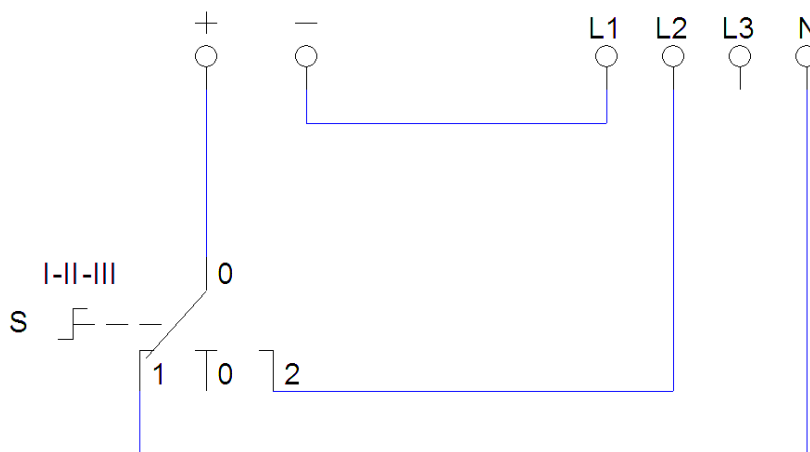


Figura 21 – Conexión de los display de medición de voltajes.

Cuando el selector está en la posición 1 se medirá el voltaje fase – neutro y cuando se lo coloque en la posición 2 medirá el voltaje fase – fase, se considera que el selector al estar inclinado al lado izquierdo está en la posición 1, en el centro posición 0 y al lado derecho la posición 2. Para entender de mejor manera la posición del selector observar la figura 22.



Figura 22. – Posicionamiento del selector.

En la figura 23 se muestra la vista posterior que corresponde a los tres selectores y los respectivos displays de medición de voltaje.

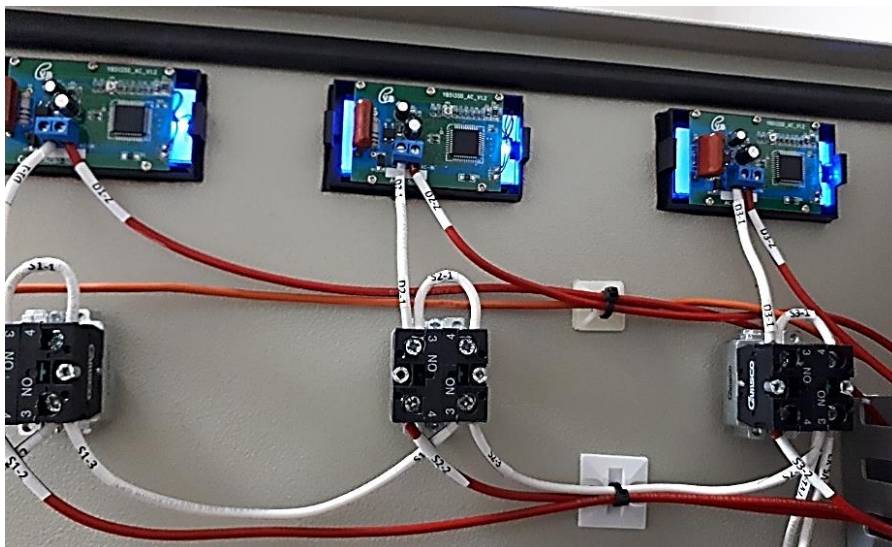


Figura 23. – Vista posterior de los selectores y displays.

### **Conexión de interruptor para energizar tablero luego de perder una fase**

Únicamente se puede utilizar el interruptor cuando se pierdan las fases S o T permitiendo utilizar los módulos asociados a dichas fases. No es posible utilizar el interruptor cuando se pierde la fase R debido a que en dicha fase se encuentra conectado el contactor principal que alimenta a todo el sistema. En la figura 24 se muestra dónde está ubicado el interruptor dentro del tablero, el cual servirá para restablecer ciertos módulos en caso de perder las fases antes mencionadas.



Figura 24. – Interruptor de recuperación de operación.

Es importante identificar como este está conectado en el circuito, para ello observar la figura 25 en la cual se muestra cómo es la conexión del mismo.

El interruptor está conectado en paralelo a los tres contactos normalmente abiertos, correspondientes a los relés de la pérdida de fase, el cual al activarse permite el paso directo de la energía pero únicamente sirve si no se perdió la fase R, este interruptor está colocado en la parte interna del tablero para ser usado solo en caso de emergencia y evitar la manipulación del mismo de forma inapropiada.

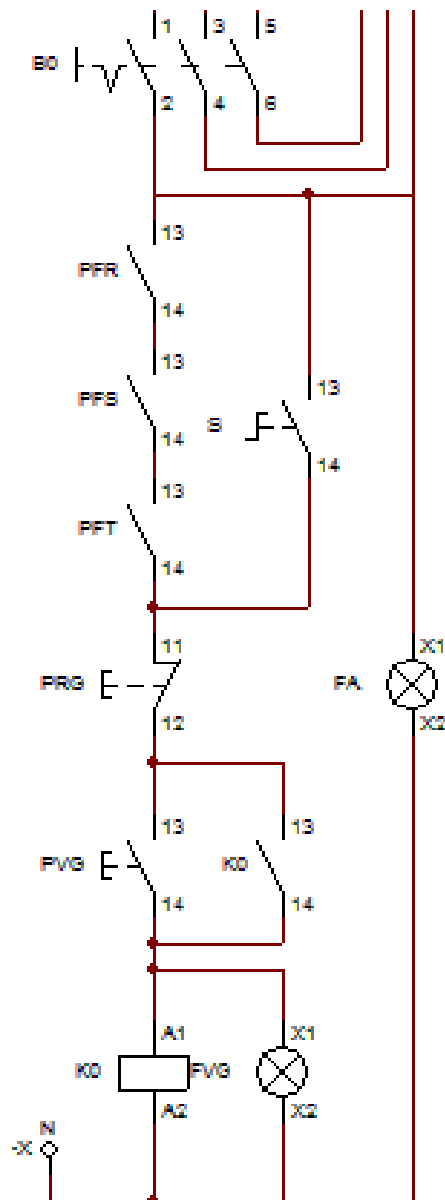


Figura 25. – Diagrama del interruptor de recuperación de operación.

### Señalización de las conexiones

Es necesario colocar señaléticas tanto en las conexiones como en los elementos que están colocados en la parte frontal de la tapa, con la finalidad de comprender la funcionalidad de cada elemento ya sean pulsadores, luces y displays. Con la respectiva señalización cualquier persona puede manejar el tablero de forma eficiente y sin ningún problema. En la figura 26 se observa cada uno de los elementos montados en el tablero sin ninguna señalización lo cual puede ser confuso.



Figura 26. – Tapa vista frontal sin señalización.

En la figura 27 se muestra la misma tapa del tablero con la respectiva señalética, en la cual se identifican las diferentes nomenclaturas como son:

F-N → Medición entre la fase correspondiente y neutro.

T-S → Medición entre la línea T y la línea S.

S-R → Medición entre la línea S y la línea R.

R-T → Medición entre la línea R y la línea T.

PF R → Pérdida de fase R.

PF S → Pérdida de fase S.

PF T → Pérdida de fase T.



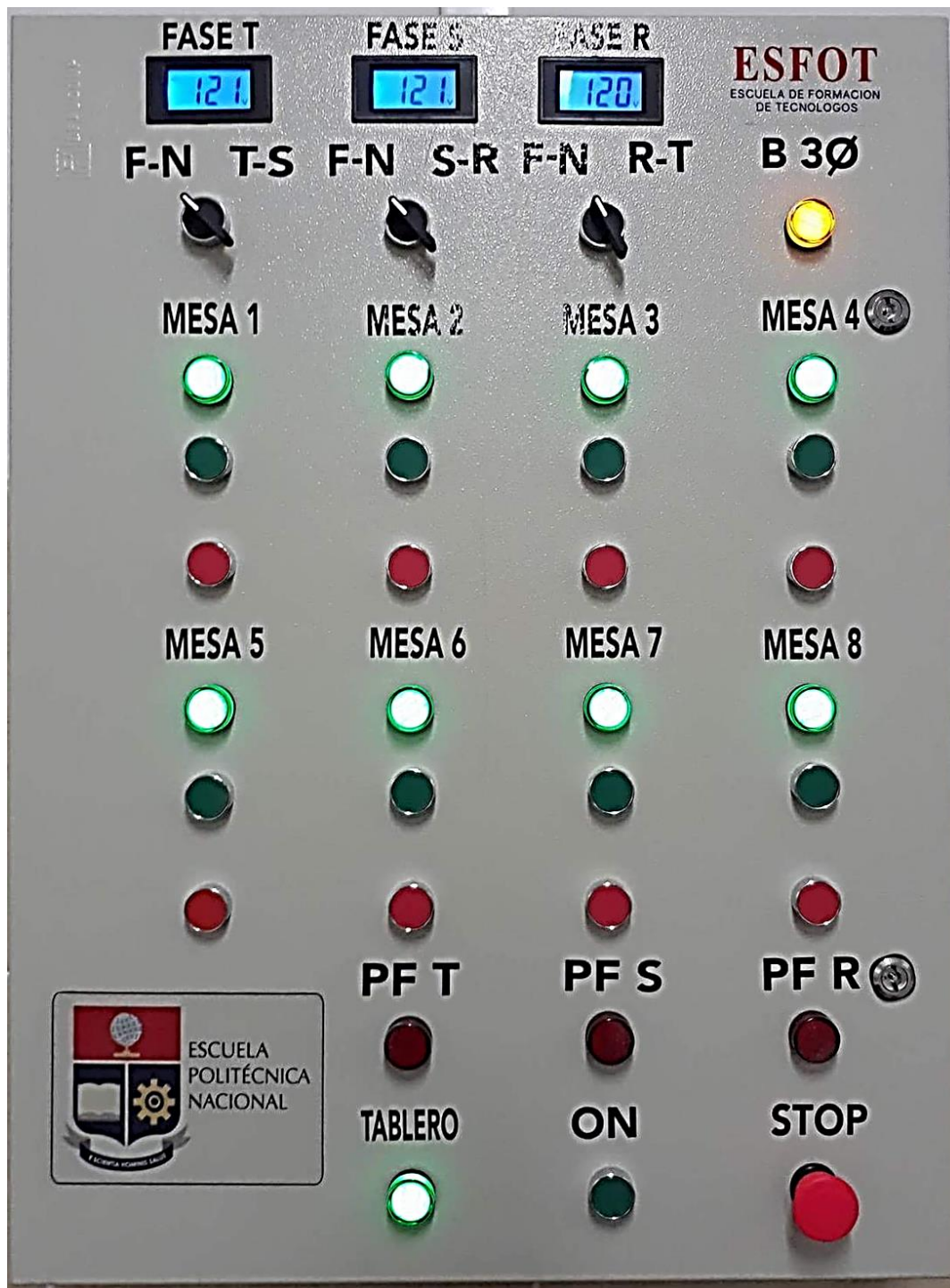


Figura 27. – Tapa vista frontal señalizada.

Ahora es notable la diferencia entre un tablero señalizado en el cual se puede identificar qué funcionalidad cumple cada elemento en el tablero.

### **3.3. Construcción de la acometida**

Se realizó la acometida principal para la energización de todo el tablero del laboratorio de Análisis Instrumental y la acometida de distribución desde el tablero de control hacia cada mesa de trabajo. Para determinar el calibre del cable se considera la distancia y la caída de tensión. (D'Addario, 2013)

Con el fin de tener la instalación correctamente diseñada y para garantizar la apropiada distribución de energía tanto para las mesas de trabajo como para el tablero de control, fue necesario determinar las cargas a conectarse, el voltaje de alimentación y por lo tanto la corriente que circulará.

#### **Requerimientos de la instalación**

Se determinaron los requisitos para la construcción de la acometida, los cuales son cinco, por lo que se detallará cada uno explicando que se realizó y el motivo del mismo.

- a. Identificación de los cables necesarios para la acometida de distribución.

Debido a los requisitos de las mesas de trabajo se logró identificar que se necesita cables de fase, neutro y tierra para el circuito de fuerza y dos cables pilotos para el circuito de control, los cuales fueron ensamblados en el botón de emergencia correspondiente a cada mesa.

Se determinó la cantidad de conductores necesario tanto para el circuito de fuerza como de control, además del tipo de conductor pudiendo ser sólido o flexible. Para este montaje fue seleccionado el cable flexible debido a la mayor cantidad de hilos internos, los cuales permiten el paso de corriente de manera fluida debido a que la corriente circula por el exterior del conductor (hilo) y al tener varios hilos fluye de manera adecuada.

- b. Se determinó la distancia de cada módulo de trabajo hacia el tablero de control.

Se realizaron las mediciones por medio de un flexómetro para determinar la distancia existente entre el tablero y cada uno de los módulos, además de la distancia de cada uno con referencia al tablero. Por lo que se logró obtener la figura 28, en la cual se aprecia la distribución del cableado a cada uno de los módulos, cada línea de diferente color representa al grupo de 5 conductores que representan fase, neutro, tierra y dos pilotos.

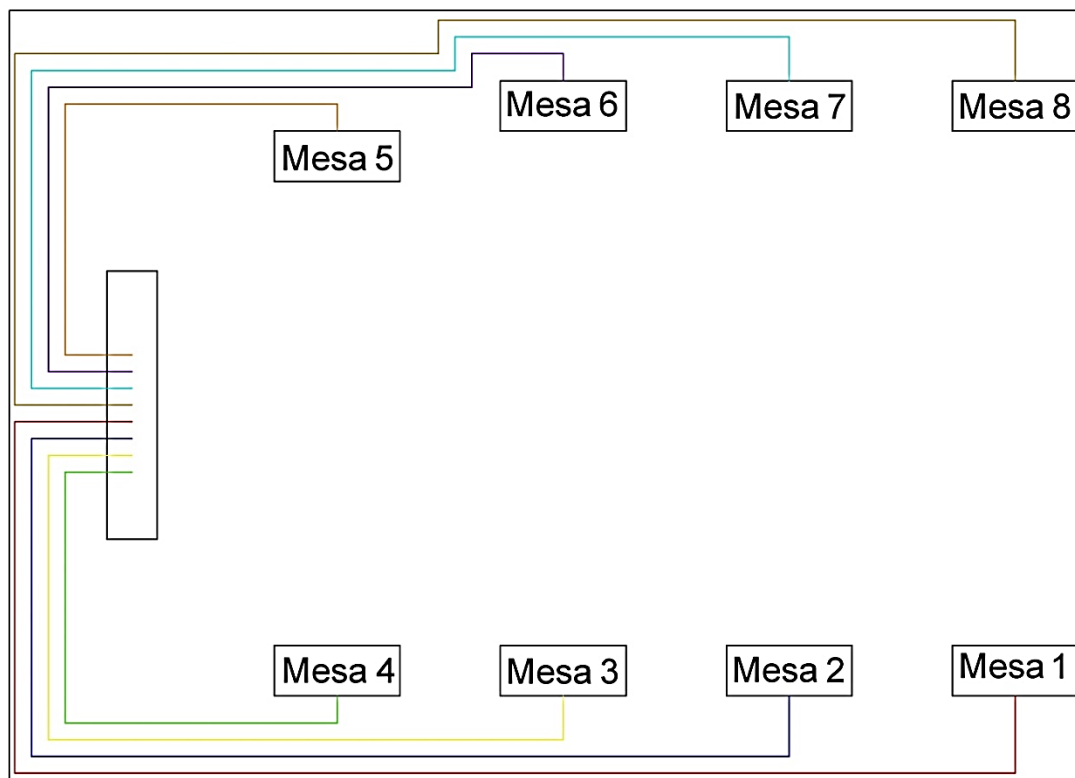


Figura 28. – Distribución del cableado.

Con las medidas tomadas se realizó la tabla 7 que sirve de guía para determinar la longitud total de cada cable que será necesario para la instalación. Además, con las distancias se puede identificar la caída de tensión ideal presente en cada módulo de trabajo

Tabla 7. – Distancia de la acometida a cada puesto de trabajo.

COLOR	MESA	RECORRIDO DEL CABLEADO [m]	DISTANCIA TABLERO - MESA [m]	VARIACIÓN RECORRIDO DEL CABLE Y LA DISTANCIA DEL MÓDULO AL TABLERO [m]
ROJO	1	15	9.35	5,65
AZUL	2	13.5	7.85	
AMARILLO	3	11.95	6.3	
VERDE	4	10.45	4.8	
CAFÉ	5	9.4	3.75	
CELESTE	6	10.15	4.5	
VIOLETA	7	11.45	5.8	
NARANJA	8	13	7.35	
TOTAL	-	95.1	-	

$$\text{Variación recorrido del cable y la distancia al tablero} = \text{Recorrido del cableado} - \text{Distancia tablero - mesa}$$

Por medio de tabla 7 se determinó la distancia total necesaria para el recorrido del cable con un total de 95.1 [m]. La medida es de un solo conductor por lo que este valor multiplicado por el número de cables necesarios, los cuales se definieron anteriormente en el numeral a, dando así un número de cinco conductores. Esto da como resultado la distancia requerida, utilizando la ecuación 8.

$$d_{\eta} = \#c \cdot d_t \quad \text{Ec.8}$$

$d_{\eta}$  = distancia necesaria en conjunto [m]

$\#c$  = número de conductores

$d_t$  = distancia total de un solo conductor [m]

$$d_{\eta} = 5 \cdot 95.1 = 475.5 \text{ [m]}$$

Con un resultado de 475.5 [m] en conjunto se pudo determinar que se necesitarán cinco rollos de cable debido a que estos vienen con una medida estandarizada de 100 [m] dando un total de 500 [m] y el sobrante utilizarlo para realizar el cableado interno del tablero de control.

**Nota:** La variación de la distancia de 5.65 [m] entre el recorrido del cable y la distancia del módulo al tablero es debido a que el recorrido del cable se lo realiza por encima del tumbado por lo que este tiene un mayor recorrido.

c. Se determinó el color del cableado para fase, neutro, tierra y los cables piloto.

Para la selección se utilizó la tabla 8, en la cual se muestran los colores asignados para cables eléctricos de una instalación, ya sea de forma residencial o industrial, por lo que para la asignación de los colores de las líneas se sugiere utilizar las normas NEMA/ANSI (Americana) o IEC (Europea). (Barbado Santana, Sierra, & Aparicio Bravo, 2013)

Con el fin de estandarizar la instalación y facilitar el reconocimiento del cableado por algún motivo de mantenimiento se siguió la norma NEMA/ANSI para una fase (1 $\Phi$ ) la cual se puede observar en la tabla 8, con la que se determinó lo siguiente:

- NEGRO – FASE
- BLANCO – NEUTRO
- VERDE o VERDE/AMARILLO – TIERRA
- ROJO Y AMARILLO – CABLE PILOTO (Paro emergencia de mesas de trabajo)

Tabla 8. – Código de colores según norma NEMA/ANSI.

SISTEMA	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ
TENSIONES NOMINALES	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/440	480/440	Más de 1000 V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES		 	  	  	  	  	  	  	  
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco		No aplica	No aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	 Desnudo	 Desnudo	 Desnudo	 Desnudo	 Desnudo	 Desnudo	 Desnudo	 Desnudo	 Desnudo
TIERRA AISLADA	 	 	 	No aplica	 	 	No aplica	No aplica	No aplica

Fuente: Normalización: Colores de los cables eléctricos en las instalaciones eléctricas, 2017. Domínguez.

- d. Con el método de caída de tensión ( $\Delta V$ ) se determina el calibre del cable necesario.

Se determinó el calibre de la acometida principal como el de distribución, con el fin de tener correctamente dimensionada la instalación, poder adquirir el cable apropiado para la misma y verificar que la caída de tensión en cada mesa de trabajo no sobrepase el 3%.

Para la acometida de distribución se calculó la caída de tensión en las líneas para determinar el calibre apropiado y por medio de la corriente máxima de la instalación se comprobó en la tabla 10. Se realizó el mismo proceso para la acometida principal, garantizando el correcto dimensionamiento y funcionamiento de la instalación.

$$s = \rho \cdot \frac{\#c \cdot L \cdot I}{\Delta V} \quad \text{Ec. 9}$$

$s$  = sección del cable en [ $\text{mm}^2$ ]

$\rho$  = resistencia del conductor  $0,01786 \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$

$\#c$  = número de conductores

$L$  = longitud del cable en [m]

$I$  = intensidad de corriente eléctrica en [A]

$\Delta V$  = caída de tensión máxima admisible [V]

$$\Delta V = \% \cdot V_{nom} \quad \text{Ec. 10}$$

$\%$  = Porcentaje de caída de tensión máxima admisible

$V_{nom}$  = Voltaje de la instalación [V]

La caída de tensión máxima se determinó por medio de la tabla 9, en la cual se observan los valores admisibles para dicho porcentaje, indicando las situaciones en dónde esto se presenta.

Tabla 9. – Caída de tensión máxima admisible por categoría.

Parte de la instalación	Para alimentar a:	Caída de tensión máxima en %	$e = \Delta U_m$	$e = \Delta U_l$
LGA: (Línea General de Alimentación)	Suministro de un único usuario	No existe LGA	--	--
	Contadores totalmente concentrados	0.5%	2V	--
	Centralizaciones parciales de contadores	1.0%	4V	--
DI: (Derivación Individual)	Suministro de un único usuario	1.5%	6V	3,45V
	Centralizaciones parciales de contadores	1.0%	4V	2,3V
	Contadores totalmente centralizados	0.5%	2V	1,15V
Circuitos Interiores	Circuitos interiores en viviendas	3%	12V	6,9V
	Circuitos de alumbrado que no sean vivienda	3%	12V	6,9V
	Circuito de fuerza que no sean viviendas	5%	20V	11,5V

Fuente: infootec.net, 2018

Para la acometida principal se determinó que la caída de tensión máxima admisible es de 0,5% debido a que los contadores están totalmente centralizados es decir que se encuentran en el tablero de control. La caída máxima es la indicada en la tabla 9 con color verde.

Teniendo en cuenta que el voltaje nominal es de 480 [V] y se considera que la caída de tensión de del 0.5 [%], mediante el uso de la ecuación 10 se tiene:

$$\Delta V = 0.5\% \cdot 480 = 2.4 [V]$$

Por lo tanto con el valor de la variación de tensión máxima se encuentra la sección del cable, aplicando la ecuación 9.

$$s = 0.01786 \cdot \frac{4 \cdot 6 \cdot 40}{2.4} = 7,14 [mm^2]$$

Debido a que la sección de la acometida principal es de 7,14 [mm<sup>2</sup>] se aproxima al inmediato superior, es decir de 10 [mm<sup>2</sup>] que equivale a un cable de 8 AWG como se puede observar en la tabla 10. En la tabla 11 se comprueba que el calibre es el apropiado por medio de la corriente del termomagnético trifásico que es de 40 [A].

**Nota:** En ambas tablas se resalta con verde la selección del calibre para la acometida principal.

Para la acometida de distribución se determinó la caída de tensión máxima en un 3% debido a que la instalación es un circuito interior y 120 [V] debido a que es un sistema monofásico, en la tabla 9 se lo puede identificar con color celeste.

$$\Delta V = 3\% \cdot 120 = 3.6 [V]$$

Con la caída de tensión obtenida se calcula la sección necesaria del cableado para la acometida, tomando en consideración la mesa más alejada en la cual se presenta mayor longitud del cableado. De esta manera el mismo tipo de cable será asignado a todas las mesas.

$$s = 0.01786 \frac{3 \cdot 15 \cdot 6}{3.6} = 1.33 [mm^2]$$

Con el valor de 1,33 [mm<sup>2</sup>] se comprueba si existe un valor cercano y se puede observar en la tabla 10 resaltado con anaranjado el valor de 1,31 [mm<sup>2</sup>] que corresponde a la sección normalizada de 1,5 [mm<sup>2</sup>] por lo que para la acometida de distribución fue necesario implementarla con alambre 16 AWG. Como se puede observar en la tabla 11 resaltada con anaranjado, la corriente que soporta este conductor es de 8 [A], mientras que en la instalación la corriente máxima es de 6 [A].

Tabla 10. – Equivalencia de AWG a mm<sup>2</sup>.

Indicación de sección norteamericana a buscada	Conversión geométrica	Sección nominal métrica que cumple los requisitos eléctricos	Sección nominal métrica buscada	Magnitud norteamericana que cumple los requisitos eléctricos
AWG	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	AWG
3/0	85,01	95	95	4/0
2/0	67,43	70	70	3/0
1/0	53,49			2/0
1	42,41	50	50	1/0
2	33,62	35	35	1
3	26,67			2
4	21,15	25	25	3
5	16,77			4
6	13,30	16	16	5
7	10,55			6
8	8,37	10	10	7
9	6,63			8
10	5,26	6	6	9
11	4,17			10
12	3,31	4	4	11
13	2,62			12
14	2,08	2,5	2,5	13
15	1,65			14
16	1,31	1,5	1,5	15
17	1,04			16
18	0,82	1	1	17
19	0,65	0,75	0,75	18
20	0,52			19

Fuente: LAPPGROUP, 2018



Tabla 11. – Calibre y amperaje de conductores.

CALIBRE AWG O MCM	ANTILLAMA 60 (TW) (60°C) 600V				VINANEL ANTILLAMA 60 (THW) (90°C 600V)					
	I AMPERES		DIAMETRO EXTERIOR NOMINAL (Pulg) (1)	PESO Kg/Km	I AMPERES				DIAMETRO EXTERIOR NOMINAL (Pulg) (1)	PESO Kg/Km
	CONDUIT (1-3 COND)	AIRE LIBRE (CHAROLA) 1 COND			CONDUIT (1-3 COND)		AIRE LIBRE (CHAROLA) 1 COND			
			75°C	90°C	75°C	90°C				
20	3	3	.088	9.3						
18	5	5	.098	12.9						
16	8	8	.107	18.4						
14	15	20	.1356	29.2	15	25	20	30	.1365	28.6
12	20	25	.1546	42.5	20	30	25	40	.1555	41.7
10	30	40	.1786	63	30	40	40	55	.1795	62.1
8	40	55	.240	105.3	45	50	65	70	.242	103.6
6	55	80	.309	170.4	65	70	95	100	.311	167.5
4	70	105	.357	252.9	85	90	125	135	.359	249.4
2	95	140	.417	380.9	115	120	170	180	.419	376.5
1/0	125	195	.537	606.3	150	155	230	245	.540	599.3
2/0	145	225	.583	747.1	175	185	265	285	.586	739.2
3/0	165	260	.634	922.5	200	210	310	330	.637	913.7
4/0	195	300	.692	1143.1	230	235	360	385	.695	1133.1
250					255	270	405	425	.769	1346.5
300					285	300	445	480	.824	1595.7
350					310	325	505	530	.875	1843.7
400					335	360	545	575	.922	2089.8
500					380	405	620	660	1.007	2580.4
600					420	455	690	740	1.117	3111.5
750					475	500	785	845	1.222	3844.4
1000					545	585	935	1000	1.376	5050.6

Fuente: Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales, 2007. Enríquez Harper.

e. Diseño y ejecución del diagrama unifilar de la instalación realizada.

Con los puntos anteriores, se procede a diseñar la instalación con los requisitos obtenidos en un plano de AutoCAD. Por medio del plano y la respectiva nomenclatura se tiene acceso a la información de la instalación, con el fin de facilitar el montaje y poder interpretarlos en caso de mantenimiento. (Rodríguez Fernández, 2015)

En la figura 29 se observa lo que es el diagrama unifilar realizado en AutoCAD, en este se puede interpretar fácilmente aspectos como: el cableado de la instalación, el número de conductores, el tipo de conductor, la longitud a la que se encuentra la acometida de cada módulo, además de la caída de tensión presente en la línea de cualquier mesa de trabajo. En la misma figura en la parte lateral derecha se encuentra la instalación realizada para los tomacorrientes la cual se encuentra dentro del tablero de control.

En la tabla 12 se aprecia la nomenclatura utilizada para la instalación en las mesas de trabajo y en la tabla 13 para la acometida principal.

Tabla 12. – Interpretación para acometida de distribución.

R/S/T + N + GND + 2P
R/S/T = Fase asignada a la mesa. (Sistema monofásico)
N = Cable de neutro.
GND = Cable de tierra.
2P = Cables pilotos para el botón de emergencia de cada mesa.
5x16 THHN
5 = Número de conductores en la mesa
16 THHN = Calibre del conductor más el recubrimiento.

Tabla 13. – Interpretación para acometida principal.

R + S + T + N + GND
R + S + T = Distribución de tres fases (Sistema trifásico)
N = Cable de neutro.
GND = Cable de tierra.
4x8 SUCRE + 2x16 THHN
4 = Número de conductores de la acometida.
8 SUCRE = Calibre del conductor más el tipo de aislamiento, usados para fases y neutro.
2 = Número de conductores utilizados.
16 THHN = Calibre del conductor más el recubrimiento, usados para tierra en el tablero de control

**Nota:** Sucre significa que está compuesto por tres o más conductores dentro de un recubrimiento, mientras que THHN significa que tienen doble resistencia al calor de máximo 90 °C aislado con PVC y Nylon.

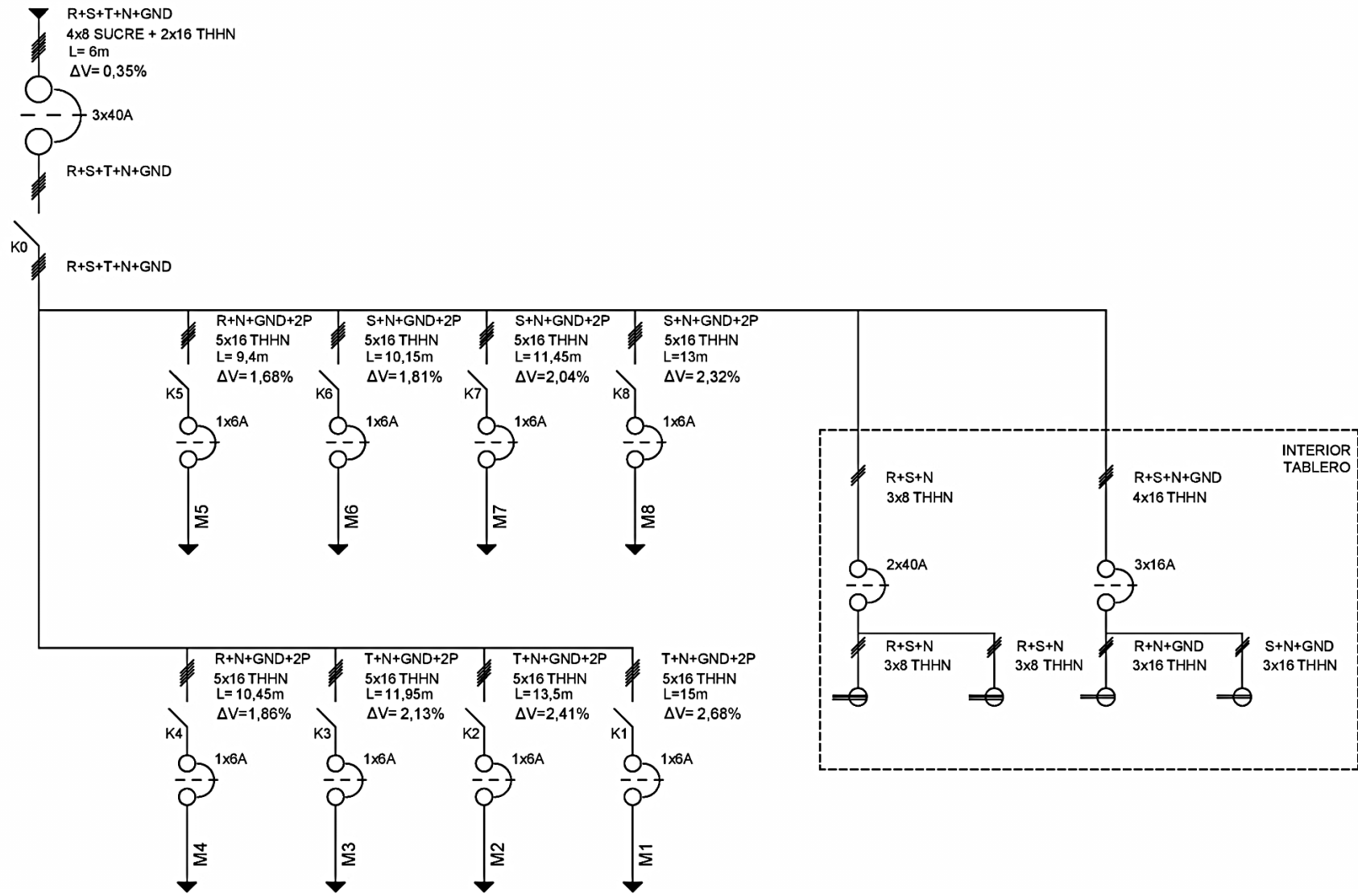


Figura 29 – Diagrama unifilar de conexiones sistema de potencia.

## Acometida principal

La acometida principal consiste en el cableado necesario para la energización del tablero de control, el cual se realizó por medio de un cable sucre de 4 hilos con un calibre 8 AWG, para poder colocar en paralelo el tablero de control del laboratorio de Análisis Instrumental con el tablero de control industrial. Este tipo de conexión se la realiza cuando las conexiones del tablero se encuentran listas y se energiza para corroborar el funcionamiento. (Enríquez Harper, 2007)

En la figura 30 se observa la sujeción del cableado para energizar al tablero.

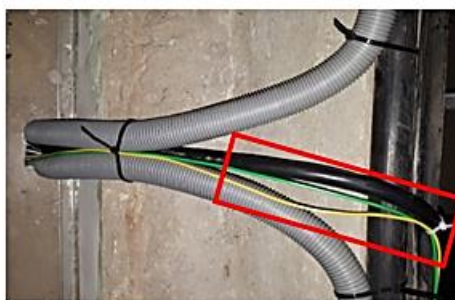


Figura 30. – Sujeción del cableado sucre y tierra.

En la figura 31 se describe la acometida principal la cual consiste de 5 cables, 3 de fases, 1 de neutro y uno de tierra. Por lo que se explicará numeral por numeral para un mayor entendimiento de la consistencia del cableado.

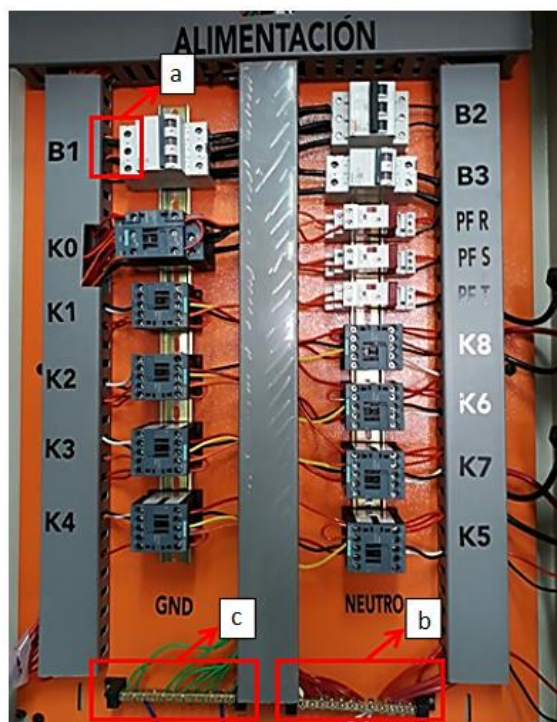


Figura 31. – Identificación acometida principal.

- Cables de fase: como se puede ver en el numeral 31a se tiene 3 cables de diferentes colores con un calibre 8 AWG los cuales se pueden identificar a que línea pertenecen, para de esta forma tener la certeza de una correcta conexión. Como se explicó previamente las conexiones por colores se clasifica de la siguiente manera:
  - R – Verde.
  - S – Negro.
  - T – Rojo.
- Cable de neutro: permite el retorno de la corriente para cerrar de manera eficiente el circuito, como se puede ver en el numeral 31b que apunta a la barra de neutro en la parte inferior derecha del tablero.
- Cable de tierra: debido a que la corriente que retorna a través del conductor de tierra es casi nula, se utiliza una conexión en paralelo entre 2 cables 16 AWG uno de color verde y otro de color amarillo, como se pudo apreciar en la figura 30.

### **Acometida de distribución**

El objetivo de la canaletización es el de brindar una protección al cableado y el de dar un aspecto más estético a la instalación ya que el cableado sin ningún recubrimiento tiende a disgustar a la vista además de la inseguridad de poder manipularlos ya sea para baja, media o alta tensión. (Trashorras Montecelos, 2016)

Se optó por realizar la instalación por encima del tumbado por cuestiones económicas, ya que el costo al utilizar canaleta incrementaba en aproximadamente el doble, además que da un aspecto estético en la infraestructura al no tener elementos adicionales empotrados en la pared. (Cerde Filiu, Rodríguez Fernández, & Bezos Sánchez-Horneros, 2014)

Con el fin de garantizar y facilitar la distribución apropiada del cableado a cada punto de trabajo, se agrupa los 5 conductores y se traspasa desde el tablero de control hacia la mesa de trabajo con ayuda del alambre galvanizado teniendo como resultado la figura 32, en la cual se aprecia la sujeción de la manguera en el tumbado brindando seguridad al no tener los conductores sueltos, además se observan los diferentes puntos en donde descienden los grupos de conductores hacia las mesas de trabajo.

La figura 32a abarca la distribución del cableado hasta cada punto de trabajo ya establecido. Mientras que la figura 32b muestra el descenso del cable a través de la canaleta de distribución de dos maneras ya sea directa (línea recta) e indirecta (a un costado de la pared) hasta la altura asignada de las mesas.

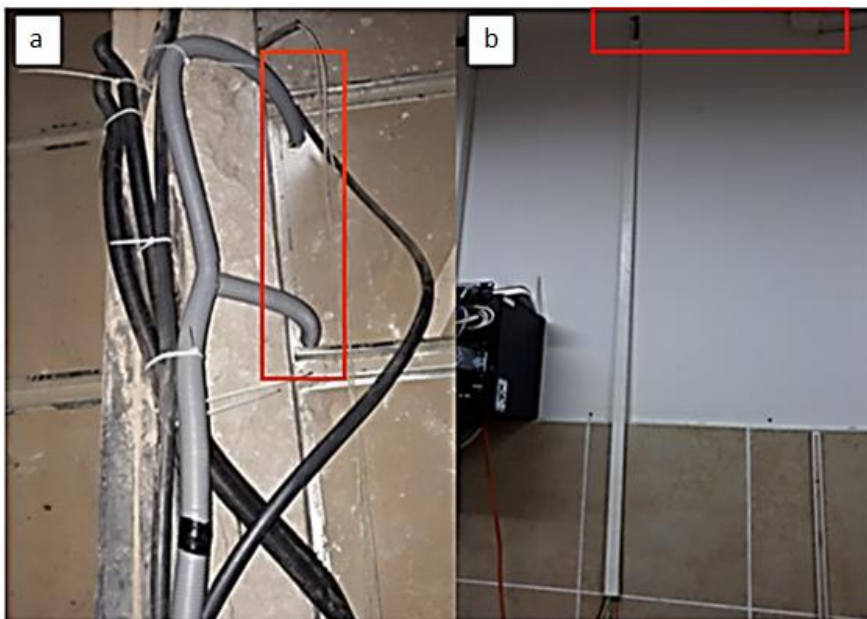


Figura 32. – Distribución del cableado

En la figura 33 existen dos numerales 33a y 33b, en el primero se puede apreciar la canaleta montada en la pared previo al cableado de la instalación y en el segundo se puede observar la canaleta una vez realizada la instalación.



Figura 33. – Canaleta principal de acometida.

Se observa el resultado de la distribución del cableado desde el tablero de control hacia cada módulo, en la cual se aprecia la canaleta correctamente colocada hasta una altura

aproximada de 1,10 [m] desde el piso. La línea roja delimita el espacio que ocupa el módulo con relación a la mesa tal como se observa en la figura 34.



Figura 34. – Canaletización de distribución a cada mesa de trabajo.

En la figura 35 se muestra la alternativa tomada para la distribución del cableado a tres mesas de trabajo, las cuales no cuentan con una pared para descender el cableado. Por lo que se tomó como alternativa realizarlo a un costado del mesón.

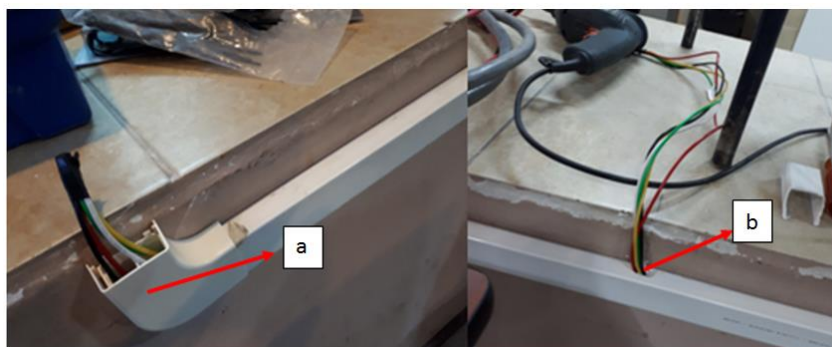


Figura 35. – Canaletización lateral de mesas de trabajo.

En la figura 35a se observa la distribución del cableado de la acometida por medio de accesorios como fue el codo, esto en el caso del final del recorrido de la canaleta. En la figura 35b es el caso de mitad de la canaleta y al ser este un lugar donde no es factible utilizar accesorios por cuestiones económicas, se realizó un hueco con espacio suficiente para el paso de 5 cables y se colocó un pedazo de manguera rugosa para ocultar los conductores.



## Displays de medición de voltaje



Figura 36. – Display de medición

**36a. Display de medición de voltajes:** este elemento sirve para la visualización de voltaje que se encuentra en esta línea con respecto al neutro y voltaje entre líneas según sea la posición del selector.

**36b. Selector:** con la ayuda del selector se selecciona la posición 1 o la posición 2 de ser el caso o la elección del operario.

**36c. Nomenclatura:** permite identificar la fase mostrada en el display, la cual puede ser R, S o T.

**36d. Posición 1:** esta posición es seleccionada por medio del selector para visualizar en el display el voltaje de fase – neutro.

**36e. Posición 2:** esta posición es seleccionada por medio del selector para visualizar en el display el voltaje de línea – línea o fase – fase.

### 3.4. Pruebas de funcionamiento del tablero

Una vez cumplidos los objetivos anteriores de la construcción del tablero y la construcción de la acometida tanto de distribución como la principal, se procedieron a realizar las pruebas pertinentes del funcionamiento conjunto de la instalación realizada en el laboratorio de Análisis Instrumental.

Las pruebas realizadas para la comprobación del funcionamiento del tablero de control y de la acometida fueron las siguientes:

- Identificación del grupo de conductores de cada módulo.

Con un multímetro digital se comprobó la distribución de cables para la conexión, es decir que por medio del parámetro de continuidad se verificó cable por cable con el fin de



asegurar la correcta asignación dentro del circuito y de tal forma garantizar la energización y desenergización respectiva de las mesas de trabajo.

En los circuitos de control se revisó cable por cable para comprobar que se encuentren en buen estado y como se puede observar en la tabla 14 el cableado de cada sistema cumplió con el requisito de continuidad por lo que este sistema es idóneo y no presenta problemas.

Tabla 14. – Revisión continuidad circuitos de control.

PRUEBAS DE CONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS.			
	SISTEMA DE ENCENDIDO	SISTEMA DE APAGADO	SISTEMA DE SEGURIDAD
MESA 1	✓	✓	✓
MESA 2	✓	✓	✓
MESA 3	✓	✓	✓
MESA 4	✓	✓	✓
MESA 5	✓	✓	✓
MESA 6	✓	✓	✓
MESA 7	✓	✓	✓
MESA 8	✓	✓	✓
TABLERO DE CONTROL	✓	✓	✓

En la tabla 15 se observa el correcto cumplimiento del cableado de fuerza para todos los puestos de trabajo y el tablero de control con lo cual se garantiza un funcionamiento apropiado de las instalaciones.

Tabla 15. – Revisión continuidad cableado de fuerza.

PRUEBAS DE CONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS.					
	FASE	NEUTRO	TIERRA	PILOTO 1	PILOTO 2
MESA 1	✓	✓	✓	✓	✓
MESA 2	✓	✓	✓	✓	✓
MESA 3	✓	✓	✓	✓	✓
MESA 4	✓	✓	✓	✓	✓
MESA 5	✓	✓	✓	✓	✓
MESA 6	✓	✓	✓	✓	✓
MESA 7	✓	✓	✓	✓	✓
MESA 8	✓	✓	✓	✓	✓
TABLERO DE CONTROL	✓	✓	✓	--	--

- Prueba del circuito de potencia.

Se realizaron mediciones en las líneas de fuerza de las mesas con el fin de comprobar el voltaje entregado desde el tablero de control.

Los valores obtenidos en cada línea de fuerza proveniente del tablero de control hacia las mesas muestran un valor promedio, el cual fue especificado en la tabla 16. La instalación tiene el voltaje de alimentación correcto al medir fase-neutro y fase-tierra ya que estos valores deben ser próximos entre sí.

Mientras que el voltaje neutro-tierra idealmente tiene que ser cero, pero por la norma IEC en una instalación ya implementada este valor debe ser máximo hasta 3 [V], se puede observar que para la instalación el valor tiene un rango de 1,8 a 2,8 [V] por lo que se puede asumir que se encuentra en óptimas condiciones, pero si este valor se desea reducir todavía más y aproximarlos a 0 se conecta la tierra con el neutro.

Tabla 16. – Voltajes de la instalación.

MESA	VOLTAJE (F – N)	VOLTAJE (F – T)	VOLTAJE (N – T)
M1	122,8 [V]	122,3 [V]	2,75 [V]
M2	123,0 [V]	122,4 [V]	1,82 [V]
M3	122,5 [V]	123,0 [V]	2,05 [V]
M4	121,0 [V]	122,8 [V]	2,15 [V]
M5	121,0 [V]	123,0 [V]	2,02 [V]
M6	124,6 [V]	123,0 [V]	2,20 [V]
M7	124,4 [V]	123,2 [V]	1,85 [V]
M8	124,8 [V]	123,7 [V]	1,90 [V]

- Prueba de caída de tensión en cada mesa de trabajo.

Se midió el voltaje en el contactor que se encuentra en el tablero de control correspondiente a cada mesa de trabajo y se registró este valor, luego se midió el voltaje en la mesa de trabajo y de igual forma se registró el valor.

Se realizó esta prueba para verificar la caída de tensión real en cada mesa de trabajo con el fin de corroborar que la caída máxima sea del 3%, por tal motivo se tomaron dos valores para poder determinar dicho parámetro. Para lo cual se utiliza la ecuación 11.

$$\Delta V = \frac{V1 - V2}{V1} \cdot 100 \quad \text{Ec. 11}$$

$\Delta V$  = Caída de tensión [%]

$V1$  = Voltaje en el tablero. [V]

$V2$  = Voltaje en mesas de trabajo. [V]

A continuación, se muestra un ejemplo de la obtención de este valor para una mesa de trabajo como se muestra en el Ej. 1 y se repite el proceso para cada uno, considerando que este valor no debe ser negativo, de ser el caso se retira la negación.

$$\Delta V_{real} = \frac{123,8 - 122,8}{123,8} \cdot 100 = 0,81 \text{ [%]} \quad \text{Ej. 1}$$

En la tabla 17 se tiene la caída de tensión individual correspondiente a cada módulo de trabajo, en la cual se puede observar que la caída de tensión ideal es superior a la real de la instalación. Por lo que se determinó que al utilizar cable 16 AWG el dimensionamiento de la instalación es el correcto al no superar en ninguna de las ocasiones el 2%.

Tabla 17. – Caída de tensión en líneas de distribución.

LUGAR	V1 [V]	V2 [V]	$\Delta V$ real [%]	$\Delta V$ calculada [%]	% ERROR
M1	123,8	122,8	0,81	2,68	69,77
M2	123,6	123,0	0,49	2,41	79,66
M3	124,0	122,5	1,21	2,13	43,19
M4	122,0	121,0	0,82	1,86	55,91
M5	121,6	121,0	0,50	1,68	70,23
M6	124,6	122,8	1,47	1,81	18,78
M7	124,4	124,0	0,32	2,04	84,31
M8	124,8	122,7	1,71	2,32	26,29

Teóricamente se debe cumplir que a mayor longitud de cable, mayor es la caída de tensión; sin embargo dentro de la instalación se pudo comprobar que en algunas de las mesas la caída de tensión fue menor a pesar de tener una mayor longitud. Además, se observa que los porcentajes de error más elevados se dan cuando la instalación tiene una caída de tensión muy por debajo de la ideal.

- Revisión elementos de protección.

Se comprobó si los elementos de protección (termomagnéticos) del tablero de control cortaban el paso de corriente cuando se generaba una corriente pico de cortocircuito, esto para garantizar el corte de corriente en caso de emergencia, por lo que con ello se brinda seguridad a las personas además a los elementos electrónicos conectados a ellos.

Como se observa en la tabla 18 los breakers que se encuentran montados en el tablero de control muestran un funcionamiento correcto en presencia de una corriente de cortocircuito, la cual fue simulada al cerrar el circuito entre dos fases lo que provocó un corte inmediatamente del suministro al sistema; esta prueba demostró que los elementos cumplen con la función para la cual fueron seleccionados, de tal manera que brindan la seguridad apropiada al sistema.

Tabla 18. – Revisión elementos de protección en el tablero de control.

BREAKER	Protege	No Protege
B1	✓	
B2	✓	
B3	✓	

- Prueba de funcionamiento luces piloto

Se energizaron los sistemas para comprobar el funcionamiento de las luces piloto con el fin de garantizar que la instalación se encuentre en condiciones apropiadas y que el elemento de visualización cumpla con el funcionamiento adecuado dentro del sistema.

Con esta prueba se pudo verificar que todas las luces piloto se encuentran en perfecto funcionamiento como se puede observar en la tabla 19. La luz piloto amarilla, si se encuentra energizada con dos líneas de alimentación, puede surgir un problema de desviación de voltaje de una fase a la otra cuando se pierde o se retira una fase por lo que para solucionar este problema se optó por conectar como un sistema monofásico.

Tabla 19. – Revisión de funcionamiento luces piloto.

LUCES PILOTO VERDES		
LUGAR	ENERGIZADA	DESENERGIZADA
MESA 1	✓	
MESA 2	✓	
MESA 3	✓	
MESA 4	✓	
MESA 5	✓	
MESA 6	✓	
MESA 7	✓	
MESA 8	✓	
LUCES PILOTO ROJAS		
PÉRDIDA FASE R	✓	
PÉRDIDA FASE S	✓	
PÉRDIDA FASE T	✓	
LUZ PILOTO AMARILLA		
BREAKER PRINCIPAL	✓	

- Verificación del funcionamiento de elementos de maniobra.

Se verificaron los elementos de maniobra: pulsadores y botones de paro de emergencia, para ello se energizó y desenergizó el sistema para comprobar que estos elementos funcionen adecuadamente.

Con el fin de garantizar el corte de energía en cada módulo, se activaron tanto los pulsadores rojos que se encuentran colocados en el tablero como los botones de paro de emergencia que poseen cada mesa de trabajo, respondiendo de forma inmediata al corte de corriente.

En la tabla 20 se comprobó que el funcionamiento de los pulsadores verdes para energizar el sistema, se encuentran en óptimas condiciones, por lo tanto en el encendido de las mesas de trabajo no se presenta ningún defecto.

Tabla 20. – Funcionamiento pulsadores verdes.

PULSADORES VERDES				
LUGAR	ENERGIZA	NO ENERGIZA	RETORANA	NO RETORNA
MESA 1	✓		✓	
MESA 2	✓		✓	
MESA 3	✓		✓	
MESA 4	✓		✓	
MESA 5	✓		✓	
MESA 6	✓		✓	
MESA 7	✓		✓	
MESA 8	✓		✓	

En la tabla 21 se comprobó que el funcionamiento de los pulsadores rojos para desenergizar el sistema se encuentran en óptimas condiciones, consecuentemente se garantiza que los sistemas de control de encendido y apagado de las mesas de trabajo se encuentran funcionales y sin ningún problema según el resultado de estas dos pruebas.

Tabla 21. – Funcionamiento pulsadores rojos.

PULSADORES ROJOS				
LUGAR	DESENERGIZA	NO DESENERGIZA	RETORNA	NO RETORNA
MESA 1	✓		✓	
MESA 2	✓		✓	
MESA 3	✓		✓	
MESA 4	✓		✓	
MESA 5	✓		✓	
MESA 6	✓		✓	
MESA 7	✓		✓	
MESA 8	✓		✓	

En la tabla 22 se determinó que el botón funciona adecuadamente y este se queda accionado hasta que el usuario quite el seguro para permitir nuevamente el paso de corriente, el parámetro de seguridad que este posee de antirretorno involuntario protege adecuadamente al sistema, al usuario y a equipos conectados en la instalación.

Tabla 22. – Funcionamiento paro de emergencia.

PARO EMERGENCIA				
LUGAR	DESENERGIZA	NO DESENERGIZA	RETORNA	NO RETORNA
MESA 1	✓			✓
MESA 2	✓			✓
MESA 3	✓			✓
MESA 4	✓			✓
MESA 5	✓			✓
MESA 6	✓			✓
MESA 7	✓			✓
MESA 8	✓			✓
GENERAL	✓			✓

Mediante el *check list* mostrado anteriormente se corroboró del correcto funcionamiento de los botones de paro de emergencia correspondientes a cada mesa de trabajo, además del que se encuentra propiamente en el tablero de control para verificar la correcta desenergización del sistema, además de garantizar la seguridad en una situación de riesgo para desactivar inmediatamente el paso de corriente.

- Verificación del funcionamiento de elementos de medición.

Se comprobó la medición de voltaje de línea y entre líneas de la instalación, al utilizar el sistema de monitoreo implementado y comparándolo con un valor obtenido por un multímetro.

En la tabla 23 se puede observar que el límite de tolerancia de los displays se encuentra entre 0,47 y 0,83 % de error, lo cual garantiza que los displays marcan un voltaje próximo al ideal.

Tabla 23. – Voltaje de medición de displays.

DISPLAY	Voltaje F – N			Voltaje F – F		
	REAL	MEDIDO	ERROR	REAL	MEDIDO	ERROR
FASE R	120 [V]	119 [V]	0,83 %	210 [V]	211 [V]	0,48 %
FASE S	121 [V]	120 [V]	0,82 %	212 [V]	211 [V]	0,47 %
FASE T	123 [V]	122 [V]	0,81 %	214 [V]	215 [V]	0,47 %

Como se observa en la tabla 24, los selectores funcionan adecuadamente tanto en la posición 1 para la medición entre fase y neutro, como en la posición 2 para la medición entre dos líneas.

Tabla 24. – Funcionamiento selectores.

PERTENECE A:	SELECCIÓN F-N	SELECCIÓN F-F	DEFECTUOSO
FASE R	✓	✓	
FASE S	✓	✓	
FASE T	✓	✓	

Este sistema presenta un inconveniente al momento de realizar la medición entre líneas y perder una de sus fases de alimentación, provocando una desviación de 60 [V] de una línea hacia la otra, esto se genera por la circuitería electrónica interna del display. Para corregir esto se coloca el selector en la posición 1 y el sistema funciona correctamente.

- Prueba de caída de tensión en los tomacorrientes del tablero.

Para garantizar la efectividad de la instalación, se verifica que la caída de tensión no sea mayor a 3% y se comprueba que los voltajes en los terminales de los tomacorrientes correspondan a los valores ideales.

Para determinar la caída de tensión presente en los tomacorrientes se utilizó la ecuación 9, de esta manera se obtuvieron los valores de la tabla 25, mientras que los parámetros V1

(voltaje en los terminales del breaker) y V2 (voltaje en los terminales del tomacorriente) fueron obtenidos mediante la medición en la instalación.

Tabla 25. – Voltajes en tomacorrientes.

TOMACORRIENTE	V1 [V]		V2 [V]		$\Delta V$ [%]	
	F – F	F – N	F – F	F – N	F – F	F – N
T1	214	--	213	--	0,46	--
T2	214	--	213,8	--	0,09	--
T3	--	122,4	--	122,8	--	0,32
T4	--	122,2	--	121,9	--	0,82
TOTAL					1,69	

El valor de 1,69 % en la caída de tensión es el adecuado y esperado ya que este no supera el máximo valor permitido en la instalación. Indicando que el diseño es correcto y no presenta variaciones amplias de voltaje.

- Revisión sistema de pérdida de fase.

Se desconectó la alimentación del relé asignado a la luz piloto roja de muestra de pérdida de fase para comprobar que el circuito se encuentre funcional y que muestre si se pierde una fase ya sea en la instalación, como en la red de suministro eléctrico. En la tabla 26 se aprecia la desconexión de una fase a la vez, en donde el sistema funciona adecuadamente, indicando por medio de las luces piloto rojas qué fase se perdió.

Tabla 26 – Desconexión sucesiva de fases (Una a la vez).

SISTEMA DE PÉRDIDA DE FASE			
RELÉ DESCONECTADO	LUCES PILOTO		
	FASE R	FASE S	FASE T
FASE R	✓		
FASE S		✓	
FASE T			✓

En la tabla 27 se observa lo que sucede cuando se pierden dos fases simultáneamente, lo que ocurre es que el sistema es ineficiente de mostrar las fases perdidas por lo que solo muestra una en las luces piloto, esto sucede debido a la alimentación que las luces necesita.

Tabla 27 – Desconexión simultanea de dos fases.

SISTEMA DE PÉRDIDA DE FASE			
RELÉ DESCONECTADO	LUCES PILOTO		
	FASE R	FASE S	FASE T
FASE R y S	✓		
FASE S Y T		✓	
FASE T Y R			✓

Debido a lo antes mencionado, cuando se desconectan las tres fases el sistema no funciona debido a la alimentación que este necesita como se puede observar en la tabla 28 donde ninguna luz piloto se encuentra encendida. Este problema se puede solucionar con un medio de alimentación externo al suministro eléctrico, lo cual no se recomienda ya que incrementa el valor de la instalación. Además, como seguro adicional se tiene que si falla una fase, no es posible energizar el tablero a menos que se accione el *switch* interno que este posee, lo cual solo debe ser realizado por el supervisor del laboratorio.

Tabla 28 – Desconexión las tres fases.

SISTEMA DE PÉRDIDA DE FASE			
RELÉ DESCONECTADO	LUCES PILOTO		
	FASE R	FASE S	FASE T
FASE R, S y T			

- Verificación de los actuadores.

Se comprobó el estado de los contactores al momento de realizar la acción del enclavamiento, por lo que se realizó la simulación de un tren de pulsos y se lo dejó enclavado por un tiempo indeterminado. (Sturm, 2000)

En la figura 37 se muestra lo que es el encendido y el apagado constante de los contactores con el fin de verificar el cierre y la apertura de los contactos que este posee. Se obtuvo el resultado de un pico máximo y un pico mínimo constante por tal razón se garantiza que este proceso de forma repetitiva no afectará al normal funcionamiento del tablero.

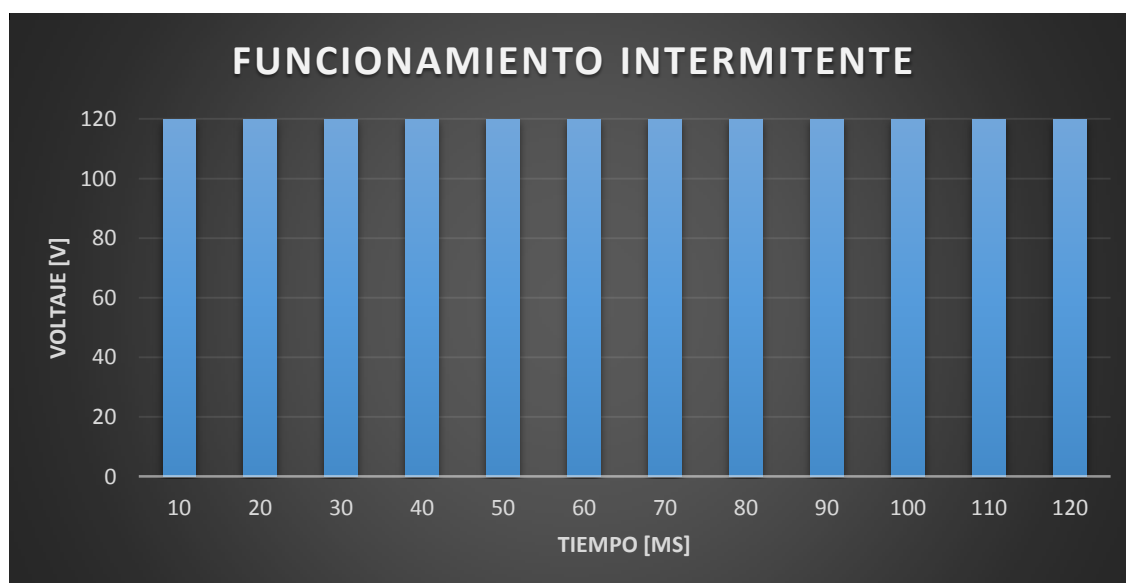


Figura 37. – Funcionamiento intermitente de los contactores.



Además, se realizó la curva de la gráfica de trabajo constante, esto quiere decir que en periodos largos de tiempo el actuador mantiene un voltaje de suministro constante y este no se ve afectado más que por la caída de tensión en el cableado.

En la figura 38 se tiene la gráfica del enclavamiento por un lapso prolongado de tiempo para verificar que no corte el paso de energía sin antes haber tenido una señal de negación que impida la continuidad. Para este, caso como se puede observar los resultados fueron los adecuados y los contactores estuvieron encendidos sin problemas en el sistema.

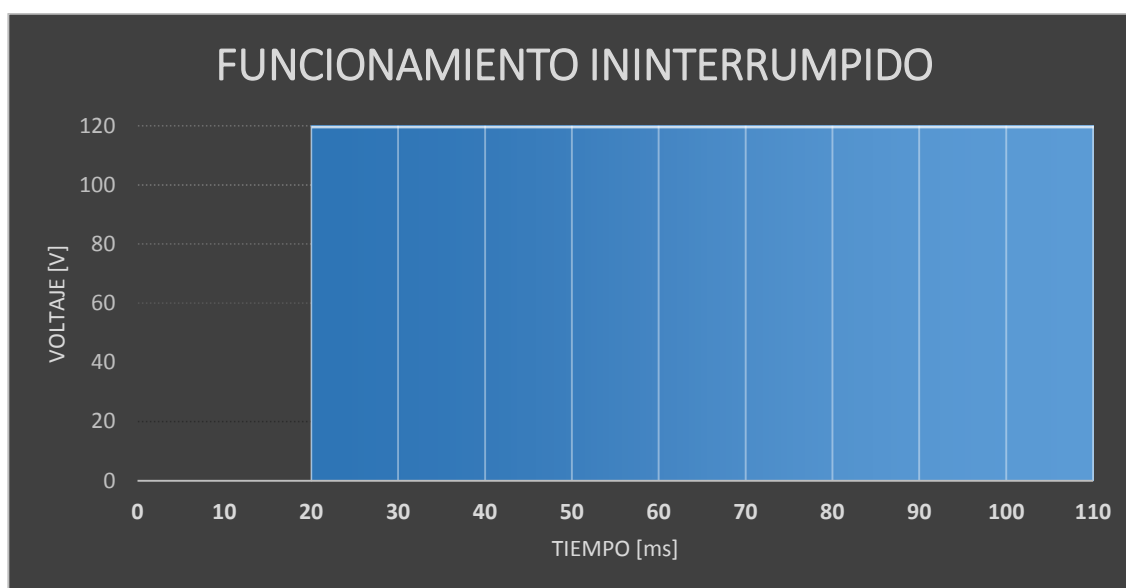


Figura 38. – Funcionamiento ininterrumpido.

Con las dos gráficas obtenidas de forma experimental al realizar la energización y desenergización repetitiva en periodos cortos y largos de tiempo, se demuestra que el tablero de control del laboratorio de Análisis Instrumental no tendrá ningún problema en cortos o largos periodos de funcionamiento. Comprobando ambos casos, el funcionamiento es el adecuado y por lo tanto se determinó que es preferible realizar un funcionamiento ininterrumpido debido al desgaste existente de los contactos al estar expuestos a una fricción repetitiva entre ellos.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

1. Se construyó el tablero de control del laboratorio de Análisis Instrumental, cumpliendo con los requisitos técnicos del laboratorio y siguiendo normas eléctricas vigentes.
2. Se construyó la acometida principal y de distribución para el tablero de control de Análisis Instrumental, cumpliendo con la caída de tensión máxima admisible y con las normas eléctricas para instalaciones domésticas y residenciales.
3. El sistema de pérdida de fase funciona adecuadamente ya que éste apaga el tablero en caso de perder una fase, pero el mecanismo de visualización por luces piloto no funciona al perder dos o tres fases esto se debe a la alimentación que este sistema presenta con las propias fases, no se lo solucionó por falta de recursos económicos.
4. Al tener elementos como luces piloto y displays de medición que se encuentran con una alimentación de 220 [V] se puede apreciar un desvío de 60 [V] de una fase hacia la otra, siempre y cuando se pierda una de las fases, debido a que se desequilibra el sistema y existe interferencia entre fases por los dispositivos electrónicos.
5. Se cumple con la caída de tensión máxima admisible ya que en ningún módulo se supera el valor de 3 [V], se observa que dentro de la instalación los valores obtenidos son mejores que los ideales, debido a que estos se encuentran en un rango de 0,81 y 1,71 [V] lo cual indica que la selección de los conductores fue la adecuada.
6. Los elementos de visualización ayudan a determinar el funcionamiento del sistema ya sea erróneo o apropiado sin necesidad de realizar pruebas.
7. Los pulsadores de emergencia brindan seguridad al sistema debido a que estos al ser accionados impiden el paso de corriente en cuestión de milisegundos, ya sea en las mesas de trabajo como en el tablero de control, sin olvidar que el accionamiento depende del ser humano.
8. Por medio de las pruebas realizadas a los elementos del tablero de control se determinó que estos se encuentran en correctas condiciones por lo que éste funcionará adecuadamente, de tal manera se garantiza el suministro controlado de energía y seguridad.
9. Las pruebas realizadas a los contactores muestran una correcta eficiencia de los mismos, tanto para uso indefinido como para uso intermitente ya que no se

corta la corriente de imprevisto y permite la activación o desactivación de los módulos de forma constante.

10. El suministro controlado de energía permite que las mesas de trabajo no se encuentren constantemente energizadas, brindando seguridad al usuario y además, evitan daños en las fuentes de computadoras instaladas por parte del otro grupo de trabajo que se encuentran internamente en las mesas, las cuales presentan un tiempo de vida útil mayor debido a que no están constantemente energizadas.

## **4.2. Recomendaciones**

1. Como futuro trabajo, se recomienda buscar la manera de alimentar el sistema de pérdida de fase con una fuente independiente para que este sistema muestre alguna falla sin importar el número de fases perdidas.
2. No activar y desactivar las mesas de trabajo constantemente, si bien los contactores funcionan adecuadamente esta acción reduce la vida útil de los mismos llegando al punto de requerir ser remplazados.
3. Revisar constantemente los elementos de maniobra y visualización para garantizar el correcto funcionamiento de los mismos.
4. Realizar una limpieza interna del tablero de control periódicamente para así evitar la acumulación de polvo interno en el mismo.
5. Seguir el manual de mantenimiento con los periodos de mantenimiento establecidos para cada elemento del tablero de control para así evitar algún mantenimiento correctivo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

1. Acedo Sánchez, J. (2013). Instrumentación y control básico de procesos. España: Díaz de Santos.
2. Barbado Santana, J., Sierra, J. M., & Aparicio Bravo, J. (2013). Automatismos industriales. México: Alfaomega.
3. Casas-Ospina, F. (2010). Tierras. Bogotá: Icontec.
4. Cerdá Filiu, L. (2014). Instalaciones eléctricas y automatismos. Madrid: Paraninfo.
5. Cerda Filiu, L., Rodríguez Fernández, J., & Bezos Sánchez-Horneros, R. (2014). Automatismos industriales. Madrid: Paraninfo.
6. D'Addario, M. (2013). Instalaciones eléctricas y automatismos. USA: Lulu Com.
7. Enríquez Harper, G. (2000). El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión. México: Limusa Norega.
8. Enríquez Harper, G. (2007). Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales. México: Limusa S.A de C.V.
9. Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelctual e Industrial. Quito.
10. Rodríguez Fernández, J. (2015). Instalaciones eléctricas y domóticas. Madrid: Paraninfo.
11. Sturm, W. (2000). Manual de baja tensión. Múnich: Publicis MCD.
12. Suarez Creo, J. (2011). Protección de instalaciones y redes eléctricas. Santiago de Compostela: Andavira.
13. Trashorras Montecelos, J. (2016). UF1335 Planificación de las instalaciones eléctricas en locales con características especiales e instalaciones con fines especiales. Barcelona: Marcombo.
14. LAPPGROUP. (2018). Uruwire.com. Obtenido de <http://uruwire.com/wp-content/uploads/2015/07/Tabla-de-equivalencias-AWG-a-MM2.pdf>.
15. infootec.net. (2018). Obtenido de <https://www.infootec.net/calculo-la-seccion-cable/>
16. Domínguez, R. (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>

## **ANEXOS**

## **ANEXO A: DIAGRAMA DE CONTROL**

## **ANEXO B: DIAGRAMA UNIFILAR**

# **ANEXO C: CERTIFICADO FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL.**

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 y la acometida de alimentación y distribución para la sección de Análisis Instrumental, los cuales 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



# ANEXO D: GUÍA DE FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL

## Introducción

La presente guía permite al usuario reconocer los elementos y el papel que desempeñan dentro del tablero ya sea para acciones de control o de fuerza.

## Elementos y funcionamiento del tablero

Los elementos utilizados en el tablero son descritos a continuación y para facilidad de identificación se coloca la numeración de página en donde se encuentran.

Display de medición de voltajes de líneas y fases .....	ii
Breaker principal de alimentación del tablero .....	iii
Luz piloto y pulsadores para encendido y apagado del tablero .....	iv
Luces piloto y pulsadores para encendido y apagado de mesas .....	v
Luces piloto de pérdida de fases .....	vi
Tomacorrientes de alimentación externa del tablero .....	vii
Switch para activación de tablero por pérdida de fase.....	viii
Manual de mantenimiento .....	ix

## DISPLAY DE MEDICIÓN DE VOLTAJES DE LÍNEAS Y FASES



### **Selector: Posición 1**

Medición voltaje de fase – neutro.  
Hace referencia a la fase indicada en la parte superior del display.  
(F-N)



### **Selector: Posición 2**

Medición voltaje de fase – fase.  
Hace referencia a la fase indicada en la parte superior del display y a la de la fase del siguiente. (T-S)

## BREAKER PRINCIPAL DE ALIMENTACIÓN DEL TABLERO

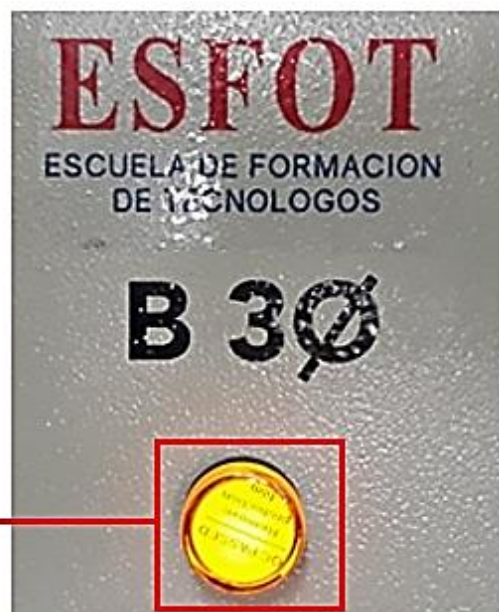


*Breaker principal de alimentación del tablero*



***Luz piloto amarilla***

Luz apagada, indica que el breaker principal de alimentación está desenergizado.



***Luz piloto amarilla***

Luz encendida, indica que el breaker principal de alimentación está energizado.

## LUZ PILOTO Y PULSADORES PARA ENCENDIDO Y APAGADO DEL TABLERO



### **Luz Piloto Verde:**

Luz apagada, indica que el contactor principal (K0) está desactivado.

### **Pulsador Paro de Emergencia:**

Permite la desactivación total del tablero.



### **Luz Piloto Verde:**

Luz encendida, indica que el contactor principal (K0) está activado.

### **Pulsador Verde General:**

Permite la activación total del tablero.



**Contactor Principal**



## LUCES PILOTO Y PULSADORES PARA ENCENDIDO Y APAGADO DE MESAS



### **Luz Piloto verde:**

Luz apagada, indica que el contactor (K) correspondiente al número de la mesa está desactivado.

### **Pulsador Rojo:**

Permite la desactivación de la mesa correspondiente al número indicado en la parte superior.

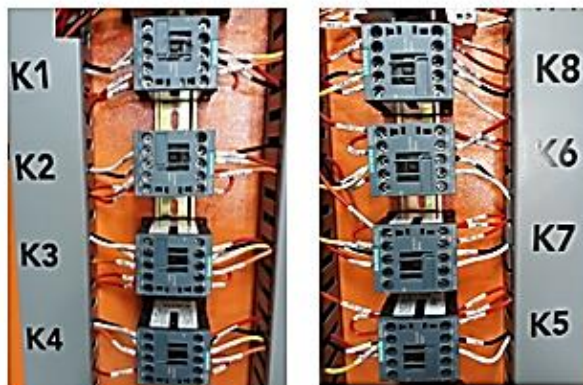


### **Pulsador Verde:**

Permite la activación de la mesa correspondiente al número indicado en la parte superior.

### **Luz Piloto verde:**

Luz encendida, indica que el contactor (K) correspondiente al número de la mesa está activado.



*Contadores de las mesas de trabajo*

## LUCES PILOTO DE PÉRDIDA DE FASES



### **Luz Piloto Roja:**

Luces apagadas, indica que el tablero cuenta con las tres fases de alimentación.



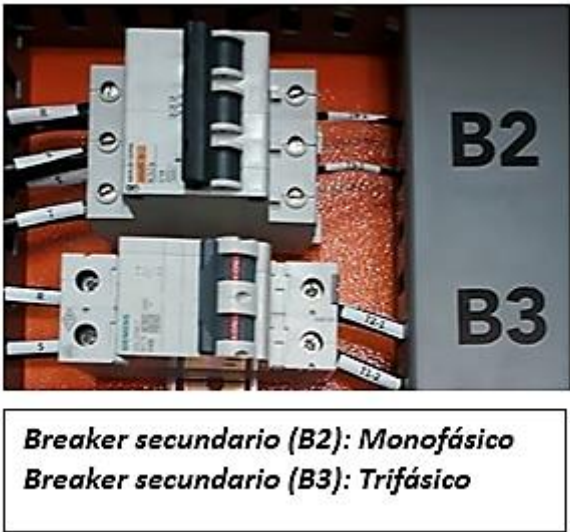
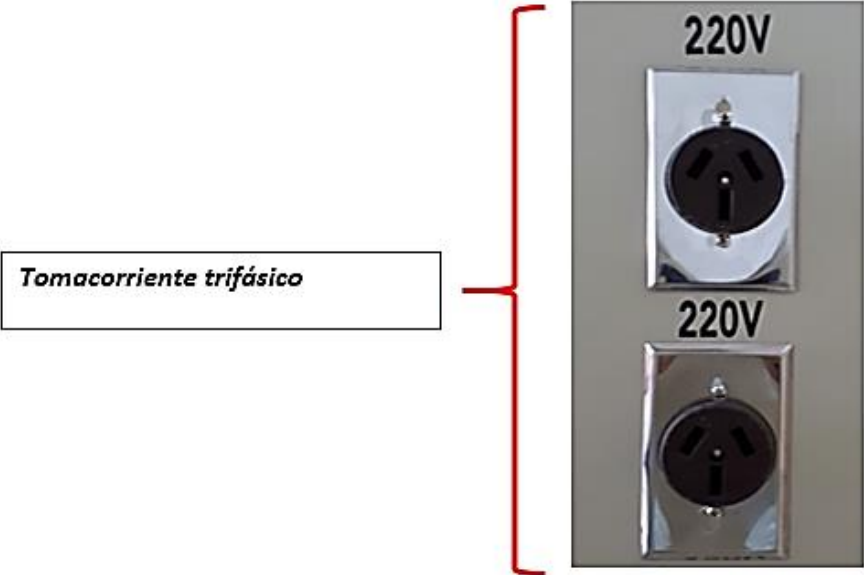
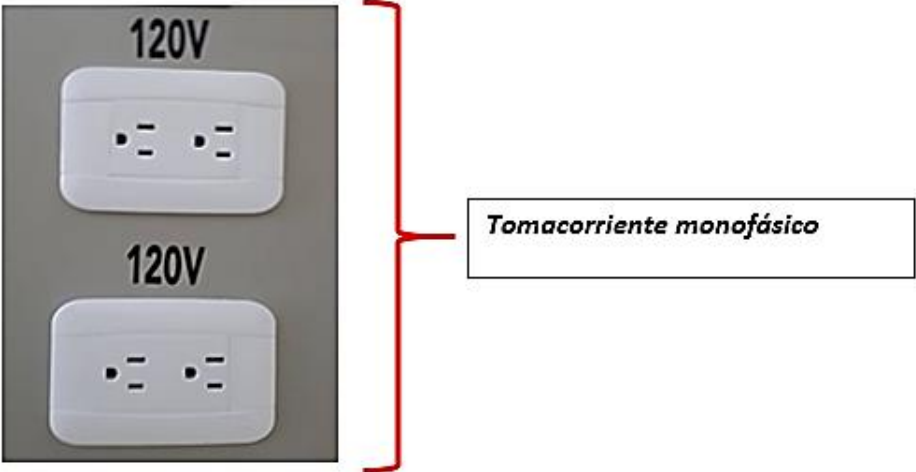
### **Luz Piloto Roja:**

Luz encendida, indica que el tablero ha perdido una o varias fases correspondientes a la fase indicada en la parte superior.



**Relés indicadores de pérdida de fase**

# TOMACORRIENTES DE ALIMENTACIÓN EXTERNA DEL TABLERO





## SWITCH PARA ACTIVACION DE TABLERO POR PÉRDIDA DE FASE



***Switch con luz piloto interna:***

Permite activar el tablero una vez que se pierde una fase, exceptuando cuando se pierde la fase R.



# MANUAL DE MANTENIMIENTO

## Guía de mantenimiento preventivo:

1. Revisar los nueve contactores del tablero de control cada 3 meses o en su defecto a las 1000 horas de uso.

Se debe comprobar la correcta energización de la bobina del contactor, midiendo el voltaje de suministro en la misma y verificando su estado al dejarlo energizado por un lapso de 5 minutos, además de medir el voltaje en los terminales de los contactos de fuerza para apreciar si existe algún desgaste.

2. Revisar los elementos de protección cada 6 meses.

Se debe comprobar el aislamiento entre fases con el breaker activado, para lo cual se utiliza la continuidad de un multímetro verificando que no exista conducción entre fases pero sí en una sola línea, este debe estar desconectado de la carga y de la alimentación.

Prueba de conexiones, se revisa los contactos del breaker para determinar si existe una correcta unión y que este no sufre un sobre esfuerzo, además se puede realizar una prueba de disparo para verificar que este elemento se encuentre correctamente funcional.

3. Mantenimiento de pulsadores y selectores cada 6 meses.

Revisar que el retorno al presionar los pulsadores verdes y rojos sea el adecuado, de no serlo se procede a desarmar el pulsador y cambiar el resorte interno que estos poseen.

Comprobar el funcionamiento de los contactos, es decir, verificar el cierre en el caso de pulsadores verdes, la apertura en los pulsadores rojos y el cierre del contacto en los selectores teniendo cuidado y verificando que se encuentren aislados un lado del otro.

4. Verificar el funcionamiento de las luces piloto.

Debido a que no es posible determinar el tiempo para realizar el mantenimiento, visualmente se comprueba el energizado además de medir el voltaje en los terminales.

## 5. Mantenimiento de displays de medición de voltaje.

Comprobar que estos se encuentran en condiciones apropiadas, es decir, observar que se encuentre mostrando un valor constante y ratificar que el valor es el adecuado por medio de un multímetro, esto con el fin de comprobar que el sistema muestre valores correctos, de igual forma este no tiene un tiempo establecido de mantenimiento, por lo que se recomienda realizar constantemente este proceso.

### **Recomendaciones de mantenimiento:**

- Se recomienda pasar una brocha por todos los terminales de los elementos para retirar desechos sólidos como es el polvo para su posterior limpiado con limpia contactos cada 6 meses con el fin de tener el tablero totalmente limpio.
- Para el desenergizado de las mesas de trabajo, no utilizar el breaker debido a que este tiene un límite de acciones, por lo que es preferible realizar esta acción con los pulsadores de paro general de cada módulo los cuales tienen un tiempo de vida superior.
- En el manual de mantenimiento se recomienda realizar los mantenimientos a los distintos dispositivos en un lapso de 6 meses o en el mínimo de 3 meses, pero si es posible realizar en lapsos de tiempo más cortos se garantizará que la instalación funcione adecuadamente.
- Si se tiene alguna duda sobre cómo realizar el mantenimiento se debe consultar en manuales o procesos publicados para tener conocimiento de cómo ejecutar el mantenimiento.
- Cumplir con los mantenimientos periódicos para así no recurrir en ninguna ocasión a mantenimientos correctivos.