

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE MÓDULOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA**

ROBERTO JAVIER DURÁN BENITEZ

dudi_6@hotmail.com

DENNYS RICARDO CABRERA GODOY

dennysricardo93@hotmail.com

DIRECTORA: ING. GABRIELA ARAUJO VIZUETE, MSc

gabriela.araujo@epn.edu.ec

CODIRECTORA: ING. MÓNICA VINUEZA RHOR, MSc

monica.vinueza@epn.edu.ec

Quito, Febrero de 2018

DECLARACIÓN

Nosotros, Dennys Ricardo Cabrera Godoy y Roberto Javier Durán Benítez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros 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.

Dennys Ricardo Cabrera Godoy

Roberto Javier Durán Benítez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Dennys Ricardo Cabrera Godoy y Roberto Javier Durán Benítez, bajo mi supervisión.

MsC. Ing. Gabriela Araujo Vizuite

DIRECTORA DEL PROYECTO

Ing. Mónica Vinueza Rhor

CODIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios, por brindarnos fortaleza y bendiciones en todo momento.

Agradecemos a nuestros Padres, que con su aliento y motivación nunca dejaron de apoyarnos en cada momento que parecíamos desfallecer durante todo nuestro periodo académico.

Agradecemos a nuestra directora de proyecto la Ing. Gabriela Araujo, por su calidad humana, predisposición y tiempo brindado para culminar con satisfacción nuestro trabajo final.

Agradecemos a nuestra codirectora de proyecto la Ing. Mónica Vinueza, por el tiempo brindado y su calidad humana.

Agradecemos a la ESFOT, profesores de la Institución por todo el conocimiento y consejos impartidos a lo largo de nuestro paso por tan noble institución, formándonos como buenos ciudadanos y excelentes profesionales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3	OBJETIVOS.....	2
1.3.1	OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	3
1.4.1	GENERALIDADES.....	3
1.5	DESCRIPCIÓN DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	9
1.5.1	NIVELES DE VOLTAJE	10
1.5.2	ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	10
1.5.3	NORMAS GENERALES DE LOS CONDUCTORES	14
1.5.4	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	14
1.5.5	PUESTA A TIERRA	20
1.5.6	NORMAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	21
1.5.7	SIMBOLOGÍA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	22
2	METODOLOGÍA	23
2.1	FORMULACIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL PROYECTO	23
2.2	INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES DEL LABORATORIO	25
2.2.1	TRANSFORMADOR	25
2.3	ESTUDIO DE CARGA DE LAS INSTALACIONES EN EL LABORATORIO.....	26
2.3.1	PARÁMETROS PARA DISEÑO DE ESTUDIO DE CARGA.....	27
2.4	DIMENSIONAMIENTO DE ESTUDIO DE CARGA	29
2.5	DISPONIBILIDAD DE CARGA DE LA ESFOT.....	31
2.5.1	ALIMENTACIÓN 1	32
2.5.2	ALIMENTACIÓN 2.....	34

2.6 ASIGNACIÓN DE ALIMENTACIÓN	38
2.6.1 TABULACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE ALIMENTACIONES.	38
2.6.2 EVALUACIÓN DE ALIMENTACIONES	40
2.6.3 EVALUACIÓN TOTAL	41
2.7 INSTALACIÓN DE CANALETIZACIÓN Y CONDUCTORES.....	42
2.7.1 CANALETIZACIÓN DE CONDUCTORES DE PROTECCIÓN PRINCIPAL.....	42
2.7.2 CANALETIZACIÓN DE CIRCUITOS DERIVADOS.	43
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
3.1 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO	47
3.1.1 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS INSTRUMENTAL.....	47
3.1.2 TABLERO METÁLICO	50
3.1.3 CÁLCULO DE ALIMENTADORES	51
3.1.4 DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	57
3.1.5 PROTECCIONES	61
3.1.6 CIRCUITO DE CONTROL Y FUERZA DE CADA MÓDULO	66
3.1.7 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.	70
3.1.8 DISEÑO ESTRUCTURAL	71
3.2 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO.....	76
3.2.1 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS	76
3.2.2 TABULACIÓN DE RESULTADOS	79
3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	84
3.3.1 Pruebas sin Carga	84
3.3.2 Pruebas con Carga.	85
3.4 MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	88
3.4.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	88
3.4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	90
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94

4.1 CONCLUSIONES.....	94
4.2 RECOMENDACIONES.....	95
5 Bibliografía.....	96
ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ángulos de Fase	6
Figura 2: (a) Campo de capacitores, (b) Campo en Inductor	6
Figura 3: Caída de voltaje	8
Figura 4: (a) Acometida aérea, (b) Acometida subterránea	11
Figura 5: Contador eléctrico Londian de EEQ.....	12
Figura 6: Alimentador de tablero de distribución de vivienda	12
Figura 7: Alimentadores de tablero de distribución de vivienda.	13
Figura 8: Tablero de Distribución Centro Comercial el Recreo	14
Figura 9: Contactor y simbología	15
Figura 10: Interruptor Termomagnético y símbolo	16
Figura 11: Barras de cobre.....	17
Figura 12: Aisladores	17
Figura 13: Pulsadores	18
Figura 14. Pinza Amperimétrica	19
Figura 15: Voltímetro analógico	19
Figura 16 Amperímetro Analógico.....	19
Figura 17. Tomacorriente de 120 v	20
Figura 18: Canaleta plástica semilunar	20
Figura 19: Puesta a tierra.....	21
Figura 20: Transformador perteneciente a la EEQ.....	25

Figura 21: Ubicación de Alimentación 1	32
Figura 22: Breaker de 70 A en tablero de distribución.	33
Figura 23: Contador eléctrico 76020 perteneciente a le EEQ	34
Figura 24: Alimentación 2, ubicada en parte posterior de oficina 28	35
Figura 25: Acometida desde líneas de alimentación a contactor 4287 de la EEQ. ...	35
Figura 26: Contador Eléctrico 4287.....	36
Figura 27: Breaker de 75 A conectado a contador 4287	36
Figura 28: (a) Tablero de Servicios Generales, (b) Subtablero de distribución	37
Figura 29: Plano Superior de Laboratorio de Control y Análisis Instrumental 1	43
Figura 30: Alimentadores de tablero principal con canaleta desde techo	43
Figura 31: Disposición de canaletas de piso y canaleta rectangular	44
Figura 32: Canaletización de cables de circuitos derivados.....	45
Figura 33: Circuitos de Laboratorio de Control y Análisis Instrumental.....	45
Figura 34: Circuitos de tomacorrientes.....	46
Figura 35: Distribución de Mesas del Lab de Control y Análisis Instrumental	47
Figura 36: Diagrama de conexiones de Lab de Control y Análisis Instrumental.	49
Figura 37. Tablero de distribución Laboratorio de Control y Análisis Industrial.....	51
Figura 38: Tomacorriente de Mesa 1	55
Figura 39: Barras de Cobre de 12 x 2, capacidad 108 A desnuda.....	57
Figura 40: Diagrama Unifilar de Cableado	59
Figura 41: Interruptor ECZ100N 40 A.....	62

Figura 42: Breaker de 16 Amperios para circuitos de tomacorrientes.....	63
Figura 43: Breaker de Mesa 1.....	63
Figura 44: Diagrama de Protecciones Laboratorio de Control	65
Figura 45: Circuito de control mesa 1 y mesa 2.....	67
Figura 46: Pulsador y Luz Piloto de Mesas de Trabajo.....	68
Figura 47: Paro de Emergencia Mesa 1.....	68
Figura 48: Diagrama circuito de fuerza mesa 1.....	70
Figura 49: Disposición de Instrumentos de Medición.....	71
Figura 50: Distancia de 1 metro desde el suelo a TDP.....	72
Figura 51: Agrupamiento de barras de cobre.....	74
Figura 52: Vista Frontal Puerta Cerrada.....	75
Figura 53: Vista Frontal Puerta Abierta.....	75
Figura 54: Vista Lateral.....	76
Figura 55: Vista Superior (izquierda), Vista Inferior (superior).....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resistividad y coeficiente térmico	4
Tabla 2: Resumen de Potencia.....	5
Tabla 3: Constantes de circuitos por número de fases.	9
Tabla 4: Niveles de Tensión.....	10
Tabla 5: Instrumento eléctricos a instalarse en Laboratorio de Control	26
Tabla 6: Factor de potencia de las cargas más comunes	28
Tabla 7: Estudio de carga de Laboratorio de Control.....	30
Tabla 8: Carga total instalada en el Laboratorio de Control y Análisis Instrumental	31
Tabla 9: Mediciones de Voltaje en tablero de distribución alimentador 1	34
Tabla 10: Mediciones de Voltaje en Tablero de Distribución Alimentador 2.....	37
Tabla 11: Valoración de Criterios	38
Tabla 12: Evaluación de cada criterio	39
Tabla 13: Evaluación de las soluciones respecto a la facilidad de montaje	40
Tabla 14: Evaluación de las soluciones respecto a costo de montaje	40
Tabla 15: Evaluación de las soluciones respecto alimentador adecuado	41
Tabla 16: Evaluación de las soluciones respecto a puesta a tierra.....	41
Tabla 17: Valoración de Alimentaciones disponibles	42
Tabla 18: Simbología de Conexiones de Lab de Control y Análisis Instrumental	48
Tabla 19: Calibres AWG y su corriente máxima admisible.....	52
Tabla 20: Caídas de Voltajes de mesas de trabajo	54

Tabla 21: Caídas de voltaje circuitos de tomacorrientes	56
Tabla 22: Acometidas.....	60
Tabla 23: Simbología Diagrama de Protecciones	64
Tabla 24: Simbología Circuito de Control.....	66
Tabla 25 Simbología de Circuito de Fuerza	69
Tabla 26: Distancias entre barras de cobre energizadas	73
Tabla 27: Mediciones de Acometida Principal.....	79
Tabla 28: Mediciones de Acometida TDP – Mesa 1	79
Tabla 29: Acometida TDP – Mesa 2.....	80
Tabla 30: Acometida TDP – Mesa 3.....	80
Tabla 31: Acometida TDP – Mesa 4.....	81
Tabla 32: Activación e inactivación de mesas de trabajo	81
Tabla 33: Cortocircuito breaker principal 3Px40A (caja moldeada).....	82
Tabla 34: Cortocircuito breaker tomacorrientes mesa 1 y 2	82
Tabla 35: Cortocircuito breaker tomacorrientes mesa 3 y 4	82
Tabla 36: Medición voltajes alimentador mesa 1	83
Tabla 37: Medición voltajes mesa 4	83
Tabla 38: Caída de voltaje mesa 1	86
Tabla 39: Caída de voltaje mesa 4.....	87
Tabla 40: Error en alimentador mesa 1	88
Tabla 41: Problemas en tablero de distribución y acciones correctivas	89

Tabla 42: Cronograma de mantenimiento preventivo 92

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: TABLAS AMERICAN WIRE GAGE	99
ANEXO 2: CAPACIDAD AMPERIMETRICA DE BARRAS DE COBRE	100
ANEXO 3 : AISLADORES	101
ANEXO 4: PRESUPUESTO.....	102
ANEXO 5: FORMATOS DE PRUEBAS	105
ANEXO 6 : MANUAL DE USUARIO.....	114

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT), actualmente no cuenta con un laboratorio de Control Industrial, disciplina transcendental para la formación de los estudiantes de la carrera de Electromecánica.

Bajo este contexto, resulta imperioso contar un laboratorio que esté de acuerdo con los avances tecnológicos y que cuente con equipos que dominan el campo laboral, de tal manera que los alumnos puedan desarrollar aplicaciones prácticas que refuercen los conocimientos teóricos.

El laboratorio requiere la instalación de la alimentación trifásica, ya que en este se van a disponer de varios módulos de control que permiten implementar simulaciones de procesos industriales, las mismas que se aplican comúnmente en el ámbito profesional. Estos módulos didácticos deben contar con la alimentación adecuada para garantizar un funcionamiento eficiente y continuo. Debido a que la utilización de los módulos será de carácter didáctico, las protecciones estarán propensas a sufrir distintos tipos de errores en conexiones, desconexiones inesperadas, cortocircuitos etc.; por este motivo, el tablero de protección principal debe proteger a circuitos tanto propios como ajenos al local de instalación. (Harper I. G., Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas, 1993)

Es por ello, que este proyecto pretende el diseño e implementación de un centro de carga completo y estable para la protección de todos los elementos eléctricos tales como: módulos didácticos, computadoras, circuitos de iluminación, accesorios (proyectores), compresores, bombas, motores y otros.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tiene gran importancia dentro de la institución y dentro de formación de los estudiantes, ya que es indispensable que estos refuercen los conocimientos teóricos, fundamentos y principios en las diferentes prácticas, las

mismas que les permitirá comprender el comportamiento de los distintos equipos instalados en las mesas de trabajo, por lo tanto, estos módulos que conforman las mesas de trabajo deben cumplir con normas de seguridad y contar con protecciones para su uso.

Los elementos que conforman cada módulo didáctico son: interruptores, pulsadores, tomacorrientes, contactores, Logo, PLCs, relés térmicos, entre otros. Además, a través de estos es posible el accionamiento de motores trifásicos y otras cargas industriales relacionadas.

Es necesario la alimentación trifásica debido a la naturaleza de las cargas que conformen la instalación. Todas las consideraciones que se hagan para los concernientes diseños de las instalaciones eléctricas requeridas para alimentar y distribuir energía en el local cumplirán con normas tanto nacionales como internacionales, entre ellas la vigente en Ecuador Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 019 (2001) y la normativa IEC (La Comisión Electrotécnica Internacional) como referencia internacional.

El centro de carga a implementarse para dar servicio al Laboratorio de Control Industrial de la ESFOT hace de este confiable y seguro, para que los estudiantes realicen las distintas prácticas con seguridad, de tal forma que se garantice protección contra choques eléctricos, sobre intensidades e indudablemente proteger cualquier error humano. (CODIGO ELECTRICO NACIONAL INEN, 2001)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un tablero de distribución para la protección de módulos de control y automatización en la Escuela de Formación de Tecnólogos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio de carga de todos los equipos a instalarse en el laboratorio.

- Analizar la capacidad y disponibilidad de carga en los centros de carga principales y secundarios instalados en la Escuela de Formación de Tecnólogos.
- Diseñar el sistema eléctrico y tablero para el laboratorio (memoria, planos).
- Realizar el análisis técnico económico que permitirá adquirir los elementos necesarios a implementarse en el centro de carga.
- Implementar el sistema eléctrico planteado.
- Realizar las respectivas pruebas que avalen el funcionamiento del sistema.
- Elaborar el manual de operación y mantenimiento.

1.4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.4.1 GENERALIDADES

❖ Electricidad

La electricidad es una de las principales formas de energía usadas en el mundo actual, pues impulsa el desarrollo de diferentes tecnologías para sustentar las diferentes necesidades de la humanidad (Harper, 1990).

❖ Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es la rapidez con la que las cargas eléctricas se desplazan de un punto a otro a través de un medio conductor o en un circuito eléctrico.

➤ Corriente Continua

Es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, en ella las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos).

➤ Corriente Alterna

La corriente alterna (CA) es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos.

❖ Diferencia de potencial o voltaje

La diferencia de potencial se conoce como la energía potencial eléctrica por unidad de carga, es responsable de la conducción de una corriente de un electrón a otro electrón.

❖ Resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica es una característica de los materiales que presentan una baja conductancia, los cuales se oponen o resisten al flujo de los electrones.

➤ Coeficiente de resistividad

El coeficiente de resistividad varía de acuerdo al material utilizado, en instalaciones eléctricas los más usuales son el cobre y el aluminio ver Tabla 1.

Tabla 1: Resistividad y coeficiente térmico

Material	Resistividad (ρ) a 20°C	Coeficiente Térmico (α)
Aluminio	0,028	0,00435
Cobre	0,0172	0,0028
Hierro	0,105	0,005
Mercurio	0,942	0,00088
Plata	0,016	0,0039
Tungsteno	0,054	
Constantán	0,5	0
Carbono	**	-0,003

Fuente: (Maldonado, 2003)

❖ Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es la razón de entrega o absorción de energía en cierto tiempo, o la rapidez con la que se realiza un trabajo eléctrico (Mileaf, 1979).

➤ **Potencia Activa**

La potencia activa es la que consumen los electrodomésticos y aparatos eléctricos para desarrollar diferentes resultados, esta potencia es la que las empresas de abastecimiento brindan a través de sus diferentes estaciones de distribución y viene dada en Vatios (W) (Wildi, 2007).

➤ **Potencia Reactiva**

La potencia reactiva varia de positiva a negativa debido a que libera y almacena energía magnética. Es positiva cuando la potencia es entregada del generador a la carga, y negativa cuando representa la potencia instantánea suministrada por el reactor al generador, para distinguirla se la simboliza con la letra Q y se la mide en Voltamperio Reactivo (VAR) (Harper, 1990).

➤ **Potencia Aparente**

La potencia aparente consiste en un componente activo (W) y un componente reactivo (VAR). Por esta razón, el producto $V \cdot I$ se llama potencia aparente. El símbolo de la potencia aparente es S. La potencia aparente se expresa en voltamperios (VA) (Wildi, 2007), en la tabla 2 se muestran sus respectivas expresiones.

Tabla 2: Resumen de Potencia.

Potencia		
Aparente (VA)	Activa (W)	Reactiva (VAR)
$S = I \cdot V$	$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$	$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$

Fuente: (Wildi, 2007)

❖ **Ángulo de Fase**

El ángulo de fase expresa la diferencia de fase que hay entre tensiones y corrientes alternas, se expresa en grados e indica el retraso o adelanto entre las dos

cantidades vectoriales (Mileaf, 1979), estos comportamientos resultan del tipo de carga conectadas al circuito, estos se muestran en la Figura 1.



Figura 1: Ángulos de Fase
Fuente: Propia

➤ **Factor de Potencia**

En circuitos que contienen reactancias la relación entre tensión, corriente y potencia se expresa de acuerdo al comportamiento de los elementos que componen al circuito como capacitores e inductores. La potencia tomada de la fuente por estos elementos se almacena en campos electrostáticos y magnéticos respectivamente (Mileaf, 1979) ver Figura 2.

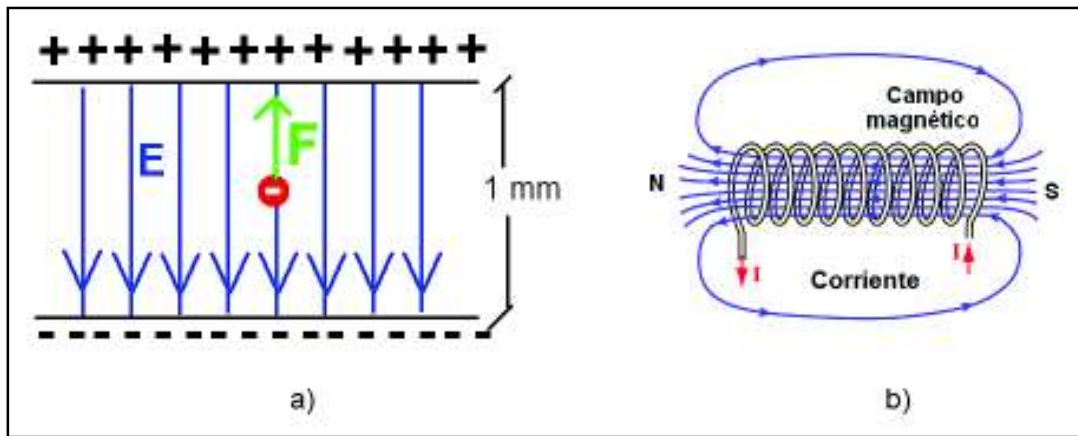


Figura 2: (a) Campo de capacitores, (b) Campo en Inductor
Fuente: (fen.upc, 2017)

Lo que provoca que cuando se mide la tensión y la corriente en circuitos con inductores y capacitores, se obtendría una potencia aparente. Esta es la potencia absorbida por el circuito, pero no es la potencia consumida por el circuito, que es la potencia real.

El cálculo del factor de potencia (f.d.p), resulta de la división de potencia activa (P) y la potencia aparente (S) como se puede ver en la ecuación 1, para voltajes de baja.

$$\text{f. d. p} = \frac{P}{S} = \cos \varphi \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Esta relación no debe ser menor a $0,92 \pm 0,05$ (RTE INEN, 2008), como especifica el Instituto Ecuatoriano de Normalización; parte 4.2.7, de la norma de factor de potencia, para obtener una eficiencia energética.

❖ **Caída de voltaje**

En la figura 3 se muestra que si de una fuente de corriente de voltaje V_0 se alimenta un receptor de potencia P mediante una línea de longitud L y sección de los conductores d, en los bornes de dicha carga la tensión V será menor que V_0 , debido al paso de la corriente I, consumida por el receptor y por los conductores de la línea que tienen una resistencia R. Esta diferencia entre V y V_0 se conoce con el nombre de caída de voltaje (Colmenar, 2012), ecuación 2.

$$e\% = \frac{K \cdot I \cdot L}{d \cdot V} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Donde:

$e\%$ = Caída de tensión en porcentaje.

I = corriente que circula por el conductor.

L = longitud del conductor.

K = Constante de acuerdo a número de fases del circuito.

d = sección del conductor en mm^2 .

V = voltaje de operación.

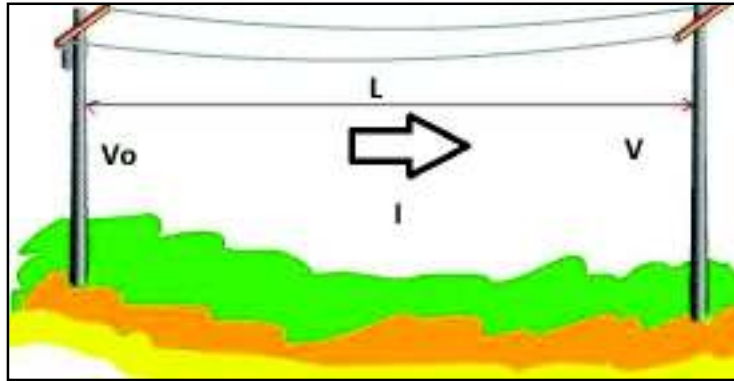


Figura 3: Caída de voltaje

Fuente: (Inelmantenimientos, 2017)

La sección de los conductores de los alimentadores y subalimentadores será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda el 3% del voltaje nominal, de acuerdo a la normativa NEC 2011, capítulo 15 (NEC, 2011).

➤ **Sistemas monofásicos**

Estos sistemas se encuentran conformados por conexiones que disponen de una Fase (R) y neutro (N).

➤ **Sistemas bifásicos**

Estos sistemas se encuentran conformados por conexiones que disponen de dos Fases (R, S) y neutro (N).

➤ **Sistemas trifásicos**

Estos sistemas se encuentran conformados por conexiones que disponen de tres Fases (R, S, T) y neutro (N).

En la tabla 3, se muestran los voltajes y constantes de los sistemas antes mencionados.

Tabla 3: Constantes de circuitos por número de fases.

CIRCUITOS		
MONOFÁSICOS	BIFÁSICOS	TRIFÁSICOS
V_{F-N} (fase neutro) = 127 V	V_{F-F} (fases) = 220 V	V_{F-F} (fases) = 220 V
K = 4	K = 2	K = $2\sqrt{3}$

Fuente: (Mileaf, 1979)

1.5 DESCRIPCIÓN DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Una instalación eléctrica es la agrupación de elementos que permiten la distribución en baja tensión para diferentes usos, los cuales tienen que estar en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad.

Las instalaciones eléctricas en Ecuador deben cumplir con la norma NEC capítulo 15 instalaciones electromecánicas (NEC, 2011) que son:

15.1.5.0.1. Toda instalación deberá ser proyectada y ejecutada dando estricto cumplimiento a las disposiciones de esta norma.

15.1.5.0.2. Toda instalación deberá ejecutarse de acuerdo a un proyecto plenamente concebido, el cual debe asegurar que la instalación no presente riesgo para operadores o usuarios, sea eficiente, proporcione un buen servicio, permita un adecuado y eficiente mantenimiento y tenga la flexibilidad necesaria como para permitir modificaciones o ampliaciones con facilidad.

15.1.5.0.3. Toda instalación debe ser proyectada y ejecutada bajo la supervisión directa de un profesional de Ingeniería Eléctrica o Electrónica, debidamente autorizado por el órgano competente.

15.1.5.0.4. En uso de sus atribuciones el órgano competente podrá controlar las instalaciones eléctricas en sus etapas de su proyecto, ejecución, operación y mantenimiento.

1.5.1 NIVELES DE VOLTAJE

Están considerados tres niveles según el Consejo Nacional de Electrificación Tabla 4.

Tabla 4: Niveles de Tensión

Niveles de Voltaje en Ecuador	
Alta Tensión	69kV – 138 (KV) – 230 (KV)
Media Tensión	13,8 (KV) – 23 (KV)
Baja Tensión	220/127 V – 208/120 V

Fuente: (NEC, 2011)

En Ecuador el voltaje es de 120 V con frecuencia de 60 (Hz), características eléctricas a la que operan los distintos aparatos eléctricos.

1.5.2 ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

❖ ACOMETIDA

Se denomina acometida a la parte de la instalación de la red de distribución, en este caso de la Empresa Eléctrica Quito que alimenta la caja o cajas generales de protección. Las acometidas pueden ser:

➤ **Aéreas**

Que, a su vez, pueden ser posadas sobre fachada o tensadas sobre poste.

➤ **Subterráneas**

Conductores directamente enterrados o bajo tubo.

➤ **Mixtas**

Se realizan parte en instalación aérea y parte en instalación subterránea, las mismas se muestran en la figura 4.



Figura 4: (a) Acometida aérea, (b) Acometida subterránea

Fuente: (Quispe, 2014)

❖ **CONTADOR ELÉCTRICO**

El contador eléctrico figura 5, es un sistema que se encarga de medir el consumo eléctrico, su instalación es realizada por la Empresa Eléctrica Quito, las instalaciones de la vivienda se efectúan a partir de las salidas de los breakers de este sistema, en Ecuador.



Figura 5: Contador eléctrico Londian de EEQ

Fuente: Propia

❖ ALIMENTADORES

El alimentador es el cable comprendido desde el medio de desconexión hasta el elemento contra las sobrecargas, equivalen a los cables que alimentan a todos los circuitos derivados del tablero principal. (Richter, 1972). La normativa NEC 2011 capítulo 15, establece que la sección de los alimentadores y subalimentadores será, por lo menos, la suficiente para servir las cargas determinadas, en el mismo se indica que la sección mínima permisible será No 10 AWG, dependiendo de las cargas utilizadas. En la figura 6, se muestra los alimentadores 8 AWG (negro y rojo), de una vivienda.



Figura 6: Alimentador de tablero de distribución de vivienda

Fuente: Propia

La caída de tensión no debe exceder el 3% del voltaje nominal, y en casos de conexiones largas el 5% del voltaje nominal.

❖ **CIRCUITOS DERIVADOS**

Son conductores eléctricos que transportan energía eléctrica, su dimensionamiento es de acuerdo a las características de la carga a utilizarse. Las especificaciones de la normativa NEC 2011 capítulo 15, establecen que la selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse la suficiente capacidad de transporte de corriente, una caída de voltaje dentro de los límites permitidos, una adecuada resistencia mecánica y un buen comportamiento ante las condiciones ambientales. En la figura 7 se muestra el cableado de circuitos derivados como son toma corrientes, iluminación, lavadora, calefón eléctrico, etc (cables azules).



Figura 7: Alimentadores de tablero de distribución de vivienda.

Fuente: Propia

Los conductores a ser utilizados están aprobados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y deben tener impreso en su cubierta o chaqueta los siguientes requisitos: nombre de fabricante o marca, tipo de conductor y sección de conductor en AWG.

1.5.3 NORMAS GENERALES DE LOS CONDUCTORES

En las instalaciones eléctricas se disponen de conductores con diferentes características dependiendo del diámetro, corriente máxima permisible, material de construcción y temperatura de trabajo, estas características están definidas por la American Wire Gage (AWG) que se muestra en el ANEXO 1.

La identificación de los cables se los determina por medio de las normas NEC 2011 Capítulo 15 (NEC, 2011); Conceptos Generales:

Conductor de fase: Se especifica con el color rojo, negro y azul.

Conductor de neutro: Se especifica con el color blanco.

Conductor tierra: Se especifica con el color verde o desnudo.

1.5.4 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

Los tableros son equipos eléctricos de una instalación, que concentran dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella y deben proveer un alto nivel de seguridad y confiabilidad en la protección de personas e instalaciones, la electricidad es suministrada desde el medidor de la Empresa Eléctrica Quito, mediante un breaker previamente dimensionado, de acuerdo a la carga a conectar, en la figura 8 se muestra uno de los tableros instalados en el centro comercial El Recreo.



Figura 8: Tablero de Distribución Centro Comercial el Recreo

Fuente: Propia

❖ **Contactor Electromagnético**

El contactor es un dispositivo designado para cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos, normalmente funcionan con mandos a distancia, en lugar de ser operados manualmente (Ver figura 9)

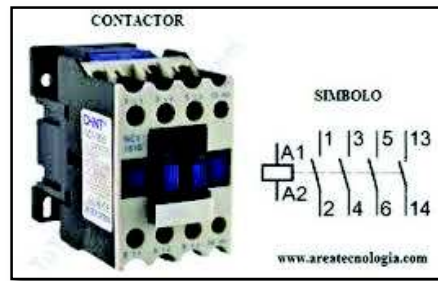


Figura 9: Contactor y simbología

Fuente: (Ingmecafenix, 2010)

❖ **Interruptor Termomagnético.**

El Interruptor Termomagnético es un dispositivo de protección de circuitos eléctricos (Ver Figura 10), que está provisto de un accionamiento manual, el mismo actúa ante dos distintos tipos de eventos. La parte térmica actúa cuando el circuito se encuentra sobrecargado, es decir cuando circula por el mismo más corriente de la que admite el conductor (Acomee distribuidor eléctrico, 2017)

Está formada por un elemento bimetálico y un contacto móvil que permanece cerrado mientras circula la corriente, este par bimetálico está calibrado de acuerdo a una corriente nominal (I_n), cuando circula una corriente superior a esta (I_n) este par bimetálico comienza a deformarse hasta que el contacto se abre y por lo tanto se corta la circulación de la corriente, cuando el par recupera la temperatura ambiente se puede cerrar nuevamente el interruptor y circulará nuevamente la corriente (Colmenar, 2012), (Ver figura 10).

La parte magnética actúa cuando se produce un cortocircuito en la instalación. Está formado por un elemento magnético o bobina, que tiene un contacto fijo que mantiene cerrado el circuito mientras que circula la corriente, al ocurrir un cortocircuito, por un instante hay una circulación de una gran cantidad de corriente

(varias veces superior a la corriente nominal (I_n) esto produce un gran campo magnético que hace que la bobina se contraiga hacia abajo, al contraerse el contacto que mantiene cerrado el interruptor se abre y corta la circulación de la corriente (Cortez, 2010).

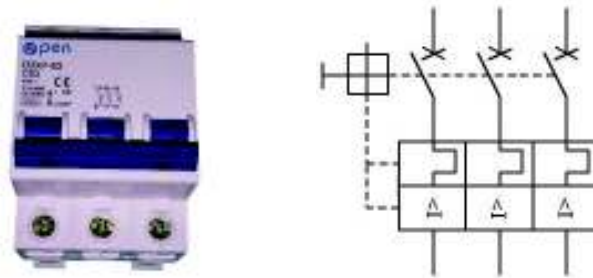


Figura 10: Interruptor Termomagnético y símbolo

Fuente: (Electromars, 2012)

❖ **Barras de cobre**

Las barras son preferidas para realizar los nodos de la red eléctrica, desde donde se derivan cables o líneas aéreas, estos puntos están representados en tableros, cabinas eléctricas, o estaciones eléctricas, desde donde se reparte la energía (Richter, 1972), como se muestra en la figura 11.

La instalación con barras tiene algunas ventajas: rigidez, claridad de conexiones y seguridad de las distancias, etc. Estas ventajas justifican la preferencia dentro de los tableros con corrientes elevadas, también se utilizan barras rígidas en las conexiones de alta tensión.



Figura 11: Barras de cobre

Fuente: Propia

❖ **Aisladores**

Las aplicaciones de los aisladores son múltiples. Adecuados para separar toda clase de pletinas de cobre o aluminio (ver figura 12), pudiendo trabajar con tensiones de hasta 3400 V y pudiendo soportar cortocircuitos entre 15 y 50 kA durante un segundo.



Figura 12: Aisladores

Fuente: (Insulators, 2006)

❖ **Pulsadores**

Son dispositivos clasificados como interruptores con poder de retroceso, que son accionados manualmente y se emplean para el mando de pequeñas potencias. Los pulsadores son los elementos de mando más utilizados en la operación de contactores y fundamentalmente, en el mando de circuitos auxiliares, para señalización y para el mando de relés ver Figura 13.

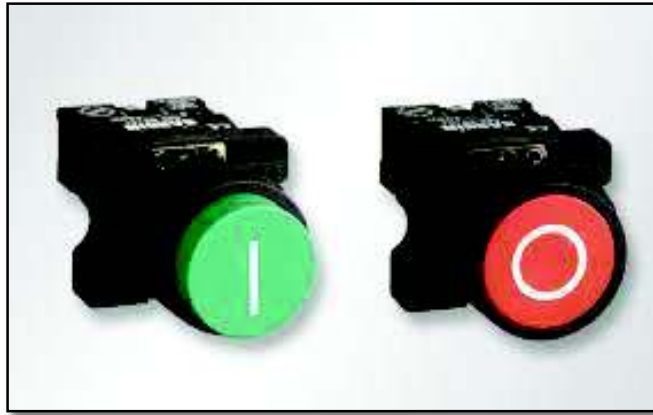


Figura 13: Pulsadores
Fuente: (Picclick, 2011)

❖ Instrumentos de medida

➤ Voltímetro

Un voltímetro es un instrumento de medición que se utiliza para medir la diferencia de potencial eléctrico, también conocido como voltaje, entre dos puntos (Mileaf, 1979).

➤ Amperímetro

Un amperímetro es un dispositivo que permite medir la intensidad de corriente eléctrica (Mileaf, 1979). La medición consiste en hacer que la corriente eléctrica circule a través del aparato. La resistencia interna del amperímetro es muy pequeña para que no se produzca una caída de tensión a la hora de la medición.

Si se desea medir la corriente sin la apertura del circuito, es necesario emplear una clase particular de amperímetro conocida como pinza amperimétrica (Ver Figura 14), que mide la intensidad de manera indirecta mediante el campo magnético que genera la corriente en cuestión.



Figura 14. Pinza Amperimétrica

Fuente: (Amprobe, 2014)

Existen varios tipos de amperímetros, que a grandes rasgos se pueden dividir en tres grupos: los analógicos y digitales. En las Figuras 15, 16 se muestran instrumentos de voltaje y corriente analógicos.



Figura 15: Voltímetro analógico



Figura 16 Amperímetro Analógico

Fuente: (Directindustry, 2009)

❖ Tomacorrientes

Es un dispositivo cuya función es poner en contacto eléctrico la tensión de la red con el receptor; es decir, un aparato eléctrico “toma-corriente” a través de dicho receptáculo. Sus contactos han de soportar la corriente que consume el receptor sin producirse calentamiento alguno (Harper I. G., Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas, 1993).

Cuentan con tres terminales, (Ver Figura 17) el más pequeño para conectar el conductor de fase, otro terminal para conectar el conductor de neutro y el tercer terminal para conectar el conductor de puesta a tierra.

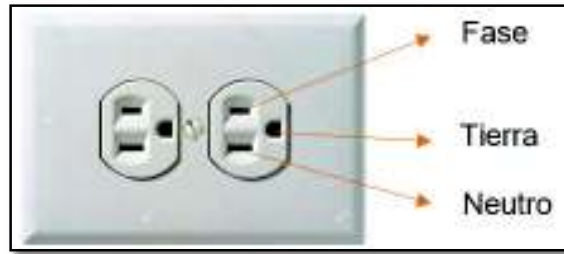


Figura 17. Tomacorriente de 120 v
Fuente: (Directindustry, 2009)

❖ **Canaletas Plásticas.**

Facilita la distribución de cables, se utilizan para fijación a paredes, chasis y paneles, vertical y horizontalmente. (Ver figura 18). Las canaletas, en toda su longitud, están provistas de líneas de pre-ruptura dispuestas en la base para facilitar el corte de un segmento de la pared para su acoplamiento con otras canales formando T, L, salida de cables, etc.



Figura 18: Canaleta plástica semilunar
Fuente: (Hentel, 2007)

1.5.5 PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra es un mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.

La norma NEC 2011 capítulo 15 (NEC, 2011) establece que toda instalación eléctrica cubierta por la presente Norma, excepto donde se indique expresamente lo contrario, debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que

cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla (ver Figura 19).



Figura 19: Puesta a tierra

Fuente: Propia

Los objetivos de una puesta a tierra de la norma NEC 2011 capítulo 15 (NEC, 2011) son: i) la seguridad de las personas: Para equalizar los niveles de potencial que se pueden inducir generando niveles peligrosos de voltaje cuando ocurre una descarga eléctrica o una condición de falla eléctrica; ii) la protección de las instalaciones: Para proveer un camino específico para corrientes de falla hacia el electrodo de puesta a tierra con el propósito de dar una operación confiable y segura para el personal. Esto incluye el proveer una referencia para todas las fuentes de poder AC y DC; iii) la compatibilidad electromagnética: Para reducir el efecto de las perturbaciones provocadas por electricidad estática, interferencia electromagnética, interferencia de radiofrecuencia y transitorios espurios que pueden llegar a través de la red provocados por la operación de equipos eléctricos en el sitio.

1.5.6 NORMAS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

En Ecuador se encuentran a disposición las normas NEC – 2011 capítulo 15, Instalaciones Electromecánicas, esta norma tiene por objeto fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas en bajo voltaje,

con el fin de salvaguardar a las personas que las operan o hacen uso de ellas, proteger los equipos y preservar el ambiente en que han sido construidas.

Su cumplimiento, junto a un adecuado mantenimiento, garantiza una instalación libre de riesgos; sin embargo, no garantiza la eficiencia, buen servicio, flexibilidad y facilidad de ampliación de las instalaciones. En la misma se establece que los materiales deben contar con certificados establecidos por una entidad autorizada, como es el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

1.5.7 SIMBOLOGÍA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para el diseño de instalaciones eléctricas es importante la nomenclatura, así como la aplicación correcta de su simbología, para la presente investigación se utilizará la norma DIN (Deutsches Institut für Normung), la cual es una de las más usadas en el medio profesional eléctrico.

2 METODOLOGÍA

2.1 FORMULACIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL PROYECTO

Para el presente proyecto que pretende brindar seguridad y continuidad de los módulos didácticos de control y automatización industrial, se realizará el estudio de todos los equipos que se conectarán a la instalación eléctrica en base a normas vigentes. Para ello, se calculará la demanda total de energía tomando en cuenta la ubicación de cada módulo y los niveles de corriente, teniendo en cuenta el tiempo que permanecerán activos los circuitos (factor de utilización), su capacidad y la disponibilidad de los mismos.

Todos estos datos permiten calcular la potencia de diseño para la cual se realizará el diseño de la instalación eléctrica (planos y memorias). (Harper E. , 1998)

El centro de carga se seleccionará en función de la cantidad de circuitos derivados que requiere la aplicación. Para el laboratorio se implementarán 4 mesas de trabajo iguales. Además, se dejará cierta flexibilidad que permita el crecimiento del servicio.

También, se prevé instalar un interruptor general, el cual recibirá la alimentación general conforme a los datos previstos de carga. Además, esto permite brindar mayor seguridad a la instalación y facilitar el mantenimiento de la misma. Otro aspecto versátil del diseño del centro de carga es que en su interior incluye una barra de neutro aislado y una barra de tierra, por lo que este equipo es adecuado para ser utilizado como tablero de entrada de servicio (tablero al que llega la acometida eléctrica de la compañía suministradora), o bien como tablero derivado.

De acuerdo a las características de la arquitectura de distribución de energía en el y las exigencias de seguridad, se instalarán protecciones individuales para cada circuito derivado.

Luego de esto, se analiza la conexión a la red de distribución, lo que permitirá proveer energía a la instalación prevista, el dimensionamiento de la acometida o alimentación trifásica se hará bajo el método de cálculos de caídas de voltaje. El equipo de distribución relacionado con (cuadros, maniobra y protección) se determinará partir de los planos de construcción, la ubicación y agrupación de las cargas.

Considerando la acometida principal, el tablero no debe estar a menos de 1 metro de altura con respecto al piso y precisar de un interruptor termo magnético de caja moldeada conectado a las barras de fases, neutro y tierra, que distribuye energía mediante canaletas a los interruptores tripolares y monopolares secundarios, amperímetros, voltímetros, tomacorrientes y pulsadores de emergencia.

Una vez que el sistema se conecte a red y a tierra, deben implementarse los dispositivos protectores apropiados de cada módulo didáctico, para lograr una protección contra los riesgos de descargas inesperadas, tanto para contacto directo como indirecto.

Cada circuito se estudiará en detalle a partir de las corrientes nominales de cargas, el nivel de la corriente de cortocircuito y el tipo de dispositivo protector, pudiendo así determinar la sección de los cables conductores de cada circuito secundario. (© Schneider Electric España, S.A., 2008)

Estos estudios previos permitirán adquirir los elementos necesarios para la instalación con el fin de implementarlos de manera adecuada en el entorno del laboratorio.

Cabe recalcar que el material para realizar las instalaciones de canalización, puestas a tierras y conductores, serán seleccionados en base a estándares de calidad para brindar la protección buscada.

Una vez instalados todos los equipos, se realizarán pruebas del sistema, operación y mantenimiento correspondientes para verificar el funcionamiento óptimo.

Por último, se procede a elaborar un manual de operación y mantenimiento, al cual se hará referencia en cualquier momento durante la operación del laboratorio.

2.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES DEL LABORATORIO

El Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, fue montado en la antigua sala de lectura de la Escuela de Formación de Tecnólogos, la cual se encuentra entre las aulas TE-033 y TE-034, cuenta con 139.05 (m²), en la que se verifican el estado de las conexiones, conductores y protecciones eléctricas.

2.2.1 TRANSFORMADOR

El transformador trifásico perteneciente a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), tiene una capacidad de 45 KVA, de marca ESEMEC, frecuencia de 60 Hz, tensión nominal primaria 13800 V y tensión nominal secundaria 220 – 127 V. (Este proyecto no abarca el estudio del transformador)



Figura 20: Transformador perteneciente a la EEQ.

Fuente: Propia

El transformador alimenta a tres contadores (ver Figura 20), dos situados en la ESFOT (76020, 4287) y otro en la facultad de petróleos (75001438), los cuales proveen de energía eléctrica a estas dependencias.

2.3 ESTUDIO DE CARGA DE LAS INSTALACIONES EN EL LABORATORIO.

Los estudios de carga contribuyen a ahorrar energía y mejorar la seguridad de la distribución de alimentación eléctrica (Harper I. G., 2002), para lo cual se detalla las necesidades de carga eléctrica en el laboratorio.

❖ Descripción de Carga en Laboratorio.

El laboratorio está diseñado para 4 mesas de trabajo iguales con los instrumentos eléctricos descritos en la Tabla 5.

Tabla 5: Instrumento eléctricos a instalarse en Laboratorio de Control

Descripción	Cantidad	Potencia W
Motor 1HP	4	746 W
Motor Dahlander	4	746 W
Luces Piloto	16	16 W
Contactador	24	55 W
Relé	4	50 W
PLC	4	30 W
Logo	4	20 W
Computador	4	220 W
Tomacorrientes	4	250 W

Fuente: Propia

2.3.1 PARÁMETROS PARA DISEÑO DE ESTUDIO DE CARGA

Para el transformador de 45 (KVA) mencionado en el literal 2.2.1 del presente proyecto se describe el consumo energético del laboratorio. Se muestra en la Tabla 8, la carga total considerando los siguientes parámetros:

❖ **Potencia nominal (Pn)**

La potencia máxima que demanda una máquina o aparato en condiciones de uso normales, este valor se encuentra determinado por el fabricante (EEQ Parte A; Guía para diseño de redes de distribución, 2009).

❖ **Carga instalada (CI)**

Se obtiene multiplicando el número de carga con la potencia nominal de cada artefacto como se muestra en la ecuación 3. (EEQ Parte A; Guía para diseño de redes de distribución, 2009).

$$CI = CANT \cdot Pn \quad \text{[Ecuación 3]}$$

❖ **Carga instalada representativa (CIR)**

Se obtiene el valor con la siguiente Ecuación 4. (EEQ Parte A; Guía para diseño de redes de distribución, 2009), Cálculo de CIR:

$$CIR = CI \cdot \frac{FD}{100} \quad \text{[Ecuación 4]}$$

❖ **Factor de simultaneidad (Fsn)**

Se lo describe de acuerdo al tiempo de utilización del aparato eléctrico el cual es establecido por el proyectista. Este valor se lo expresa en porcentaje (EEQ Parte A; Guía para diseño de redes de distribución, 2009).

❖ Demanda Máxima Unitaria (DMU)

El valor máximo de la potencia que en un intervalo de tiempo de 15 minutos es requerida de la red por el consumidor comercial o industrial individual, expresada en (W), es convertida a voltamperios (VA), considerando el factor de potencia establecido por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) Ecuación 5. Cálculo de DMU (EEQ Parte A; Guía para diseño de redes de distribución, 2009):

$$DMU[W] = CIR \cdot \frac{Fsn}{100} \quad \text{[Ecuación 5]}$$

❖ Factor de Demanda (FD)

Conocido como factor de utilización, es la relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo, indicada en la Ecuación 6. (EEQ Parte A; Guía para diseño de redes de distribución, 2009).

$$FD = \frac{DMU_{Total}}{CIR_{Total}} \quad \text{[Ecuación 6]}$$

❖ Factor de potencia (FP)

El factor de potencia mide la eficiencia de su consumo eléctrico, a la hora de convertirlo en potencia útil, como luz, calor o movimiento mecánico. Se considera el factor de potencia nominal de las cargas más frecuentes en la Tabla 6.

Tabla 6: Factor de potencia de las cargas más comunes

Aparato	Carga	Factor de Potencia
Motor Asíncrono	0%	0,17
	25%	0,55
	50%	0,73
	75%	0,80
	100%	0,85

Aparato	Carga	Factor de Potencia
Lámparas incandescentes		1
Lámparas fluorescentes		0,5
Lámparas de descarga		0,4 a 0,6
Hornos de Resistencia		1
Máquinas de soldar por resistencia		0,8 a 0,9
Soldadora de arco monofásica		0,5
Soldadora de arco con transformador-rectificador		0,7 a 0,9
Hornos de arco		0,8

Fuente: (Sanabria, 2015)

❖ **Factor de Demanda Total (FDM)**

Definido por la relación entre Demanda Máxima Unitaria (DMU) y la Carga Instalada (CI), indica la carga instalada que es utilizada en un periodo de máxima carga, el FDM debe ser máximo de 0,6 como especifica la Norma para Sistemas de Distribución, Parte A de la Empresa Eléctrica Quito. (EEQ Parte A; Guía para diseño de redes de distribución, 2009)

2.4 DIMENSIONAMIENTO DE ESTUDIO DE CARGA

En todo diseño se especifica un 30% adicional a la Demanda Máxima Unitaria (DMU) para futuras implementaciones, en la tabla 7 se detalla el estudio de carga del Laboratorio de Control.

Tabla 7: Estudio de carga de Laboratorio de Control

Descripción	Cant.	Pn [W]	CI [W]	FD [%]	CIR [W]	FSN [%]	DMU [W]	FP	DMU [VA]
MOTOR 1HP	4	746	2984,0	100%	2984	60%	1790,4	0,85	1521,84
Descripción	Cant.	Pn [W]	CI [W]	FD [%]	CIR [W]	FSN [%]	DMU [W]	FP	DMU [VA]
MOTOR DAHLANDER	4	746	2984,0	100%	2984	60%	1790,4	0,85	1521,84
LUCES PILOTO	16	16	256,0	100%	256	80%	204,8	0,85	174,08
CONTACTOR	24	55	1320,0	100%	1320	80%	1056	0,85	897,6
RELE	4	50	200,0	100%	200	80%	160	0,85	136
PLC	4	30	120,0	100%	120	80%	96	0,85	81,6
LOGO	4	20	80,0	100%	80	80%	64	0,85	54,4
COMPUTADOR	4	220	880,0	100%	880	80%	704	0,85	598,4
TOMACORRIENTES	4	250	1000,0	100%	1000	80%	800	0,85	680
TOTALES			9824,0		9824		6665,6		5665,76

Fuente: Propia

La flexibilidad que se va a aplicar a la instalación es de un 30% para lo cual el

TOTALES

Carga Instalada (**CI**) = 9824 [W]

Demanda Máxima Unitaria (**DMU**) = 5665,76 [VA]

Flexibilidad = 1,30

Demanda Diaria = 5665,76 × 1,30 = 7365,49 [VA]

Demanda Diaria – Mesa = 7365,49 / 4 = 1841,372 [VA]

Factor de Demanda (**FDM – DMU**) = **DMU / CI** = 5665,76 / 9824 = 57,67 %

Factor de Demanda (**FDM – DD**) = 7365,49 / 9824 = 74,97 %

factor de demanda queda determinado de la siguiente manera:

En el Laboratorio de Control y Análisis Instrumental se ha diseñado el estudio de carga, para lo cual se suman todas las potencias utilizadas en cada mesa de trabajo como son: motores, luces piloto, contactores, relés, computadoras, y tomando en cuenta posibles expansiones.

En la Tabla 8, se muestra la carga total instalada en el Laboratorio de Control y Análisis Instrumental; especificando el porcentaje de consumo, se aprecia que existe un consumo de 16,37 % del total del transformador, el 83,63 % corresponde a la potencia que es suministrada a los departamentos de administración, aulas posteriores de la Escuela de Formación de Tecnólogos.

Tabla 8: Carga total instalada en el Laboratorio de Control y Análisis Instrumental

CARGA TOTAL INSTALADA EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS INSTRUMENTAL		
Transformador EEQ [KVA]	45 KVA	100%
Potencia Total Instalada [KVA]	7,365 KVA	16,37%
Potencia de Instalaciones alrededor de ESFOT [KVA]	37,635 KVA	83,63%

Fuente: Propia

2.5 DISPONIBILIDAD DE CARGA DE LA ESFOT.

En la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional, existen dos alimentaciones principales, las mismas disponen contadores independientes.

2.5.1 ALIMENTACIÓN 1

Esta se encuentra ubicada en la parte posterior de los servicios higiénicos que se encuentran a continuación del aula número 28, como se muestra en la Figura 21.



Figura 21: Ubicación de Alimentación 1

Fuente: Propia

En la alimentación se encuentra instalado un tablero de distribución con un breaker tripolar de 70 A, como se muestra en la Figura 22.



Figura 22: Breaker de 70 A en tablero de distribución.

Fuente: Propia

El tablero de distribución se encuentra censado por un contador número 76020 (Ver Figura 23), perteneciente la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), el cual se encuentra en buen estado, con instalación de puesta a tierra como se especifica en las normas NEC 2011 Capítulo 15 (NEC, 2011), cuyas bobinas de salida alimentan al tablero de distribución con cable de cobre número 8 AWG.



Figura 23: Contador eléctrico 76020 perteneciente a le EEQ

Fuente: Propia

La acometida del contador es un cable 4 x 8 de cobre, el cual se encuentra dispuesto a una distancia de 30 metros, a partir del transformador. Al tablero de distribución del alimentador 1 se obtuvieron las siguientes mediciones de voltaje indicadas en la Tabla 9, las cuales se realizaron en las borneras del tablero de distribución (Figura 22).

Tabla 9: Mediciones de Voltaje en tablero de distribución alimentador 1

Voltaje V	R	S	T
Neutro	116	116	113
Voltaje V	Fase R - S	Fase S -T	Fase T – R
	206	207	206

Fuente: Propia

2.5.2 ALIMENTACIÓN 2

La alimentación 2 está ubicada en la parte posterior de la oficina 28 de la ESFOT, la cual se encuentra a 2 metros del suelo en una caja metálica como se muestra en la Figura 24.



Figura 24: Alimentación 2, ubicada en parte posterior de oficina 28

Fuente: Propia

La acometida del contador es un cable de cobre número 4 AWG, el cual está a 4 metros de la línea de distribución del transformador (Ver Figura 25).



Figura 25: Acometida desde líneas de alimentación a contador 4287 de la EEQ.

Fuente: Propia

En esta alimentación se encuentra un contador trifásico (3 fases y un neutro), con la numeración 4287 (Ver figura 26), que se encuentra en buen estado, con instalación de puesta a tierra como se especifica en las normas NEC 2011 Capítulo 15 (NEC, 2011) , perteneciente a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ).



Figura 26: Contador Eléctrico 4287.

Fuente: Propia

En el contador indicado en la Figura 26, se encuentra conectado un breaker de 75 A como se muestra en la figura 27, desde las bobinas de salida del contador al breaker se dispone con cable número 4 AWG de cobre, así como las salidas del breaker.



Figura 27: Breaker de 75 A conectado a contador 4287

Fuente: Propia

La alimentación de salida de los breakers alimenta un tablero trifásico de servicios generales en el cual se encuentra conectado un breaker de 63 A, el cual suministra energía eléctrica al tablero del Laboratorio de Control y Análisis

Instrumental, con un cable número 6 AWG de cobre, el mismo que no presenta ningún empalme.

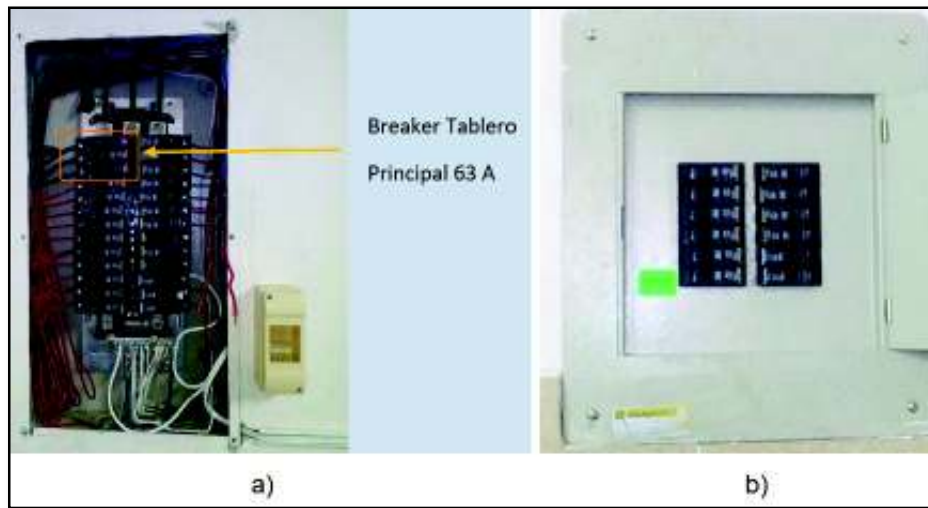


Figura 28: (a) Tablero de Servicios Generales, (b) Subtablero de distribución

Fuente: Propia

Las mediciones de voltaje obtenidas en este alimentador se muestran en la Tabla 10, las cuales se realizaron en las borneras del tablero de distribución indicado en la Figura 28.

Tabla 10: Mediciones de Voltaje en Tablero de Distribución Alimentador 2

	R - N	S - N	T - N
Voltaje de Fase V	117 V	117 V	115 V
Voltaje de Línea V	Fase R - S	Fase S - T	Fase T - R
	207 V	207 V	206 V

Fuente: Propia

2.6 ASIGNACIÓN DE ALIMENTACIÓN

Para la selección del alimentador, se va a realizar un análisis comparativo de las alimentaciones existentes, antes descritas en los literales 2.5.1 y 2.5.2.

2.6.1 TABULACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE ALIMENTACIONES.

Para determinar cuál de las dos alimentaciones es la óptima, se usará la matriz de Holmes, la cual se basa en una tabla donde cada criterio (o solución para un determinado criterio) se confronta con los otros, con la cual se hace posible determinar alternativas para establecer prioridades entre un conjunto de elementos para facilitar la toma de decisiones.

Tabla 11: Valoración de Criterios

Valor	Criterio
1	Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas.
0.5	Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (=) al de las columnas.
0	Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas.

Fuente: Propia

❖ CRITERIOS DE VALORACIÓN

Los criterios de valoración más importantes son mostrados en la Tabla 12:

Facilidad de montaje: condiciones de versatilidad para realizar ampliaciones y mantenimiento del equipo.

Costo de montaje: materiales a utilizar sean económicos y de buena calidad.

Alimentador adecuado: cable de alimentación presente condiciones óptimas para soportar la carga deseada.

Puesta a tierra: necesario para la seguridad de los equipos y personal a manipular.

Tabla 12: Evaluación de cada criterio

	Facilidad de Montaje	Costo de Montaje	Alimentador Adecuado	Puesta a Tierra	$\Sigma + 1$	Ponderación
Facilidad de Montaje		0,5	0	0	1,5	0,15
Costo de Montaje	0,5		0	0	1,5	0,15
Alimentador Adecuado	1	1		1	4	0,4
Puesta a Tierra	1	1	0		3	0,3
				Total	10	1
Alimentador adecuado > puesta a tierra > costo de montaje = facilidad de montaje						

Fuente: Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos se determina el principal criterio de valoración con que se seleccionará el alimentador, el cual es aquel que presente las mejores características eléctricas para el desempeño óptimo del tablero de distribución.

El segundo criterio de valoración es la puesta a tierra, con lo que se garantiza la seguridad de las personas, así como de los instrumentos a utilizarse en las diferentes prácticas.

Los criterios restantes tienen igual valoración, cabe recalcar que los materiales a ser utilizados cumplen con las normativas NEC 2011, capítulo 15.

2.6.2 EVALUACIÓN DE ALIMENTACIONES

Se evalúa cada uno de los criterios con respecto a las opciones alimentador 1 y alimentador 2. La solución para la Facilidad de Montaje se muestra en la Tabla 13, la solución para costo de montaje se muestra en la Tabla 14, la solución para alimentador adecuado se muestra en la Tabla 15, y la solución con respecto a puesta a tierra se muestra en la Tabla 16.

Tabla 13: Evaluación de las soluciones respecto a la facilidad de montaje

Facilidad de Montaje	Alimentación 1	Alimentación 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alimentación 1		0	1	0,333
Alimentación 2	1		2	0,667
		Total	3	1
Alimentación 2 > Alimentación 1				

Fuente: Propia

Tabla 14: Evaluación de las soluciones respecto a costo de montaje

Costo de Montaje	Alimentación 1	Alimentación 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alimentación 1		0	1	0,333
Alimentación 2	1		2	0,667
		Total	3	1
Alimentación 2 > Alimentación 1				

Fuente: Propia

Tabla 15: Evaluación de las soluciones respecto alimentador adecuado

Alimentación Adecuada	Alimentación 1	Alimentación 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alimentación 1		0	1	0,333
Alimentación 2	1		2	0,667
		Total	3	1
Alimentación 2 > Alimentación 1				

Fuente: Propia

Tabla 16: Evaluación de las soluciones respecto a puesta a tierra

Puesta a Tierra	Alimentación 1	Alimentación 2	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alimentación 1		0,5	1,5	0,5
Alimentación 2	0,5		1,5	0,5
		Total	3	1
Alimentación 2 = Alimentación 1				

Fuente: Propia

2.6.3 EVALUACIÓN TOTAL

Finalmente, para llegar a la evaluación total de cada solución se realiza el producto de la suma de los productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio; estos resultados se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17: Valoración de Alimentaciones disponibles

	Facilidad de Montaje	Costo de Montaje	Alimentación Adecuado	Puesta a Tierra	Σ	Prioridad
Alimentación 1	0,333 · 0,15	0,333 · 0,15	0,333 · 0,4	0,5 · 0,3	0,38	2
Alimentación 2	0,666 · 0,15	0,333 · 0,15	0,666 · 0,4	0,5 · 0,3	0,62	1

Fuente: Propia

Por lo tanto, de acuerdo a la Tabla 17 la solución que más se ajusta a los criterios es la alimentación 2, la misma que presenta mayores facilidades de montaje y características eléctricas de operatividad.

2.7 INSTALACIÓN DE CANALETIZACIÓN Y CONDUCTORES.

La canalización de los conductores hacia la protección se la realizó con canaletas de diferente dimensión debido a que la infraestructura del área asignada para el Laboratorio de Control y Análisis Instrumental no fue diseñada para este fin.

2.7.1 CANALETIZACIÓN DE CONDUCTORES DE PROTECCIÓN PRINCIPAL.

De acuerdo al análisis en el literal 2.6.3 se seleccionó la alimentación 2, la cual cuenta con un tablero de servicios generales, del mismo que se deriva un subtablero (Ver figura 29) a las instalaciones donde se va a realizar la implementación del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental

La conexión se la realizó desde las borneras del subtablero, al disyuntor de 40 A seleccionado en el diseño, por medio de una manguera de $\frac{3}{4}$ de pulgada que se encontraba vacía en la parte superior del tablero, la misma que desemboca en la parte superior del techo del laboratorio.

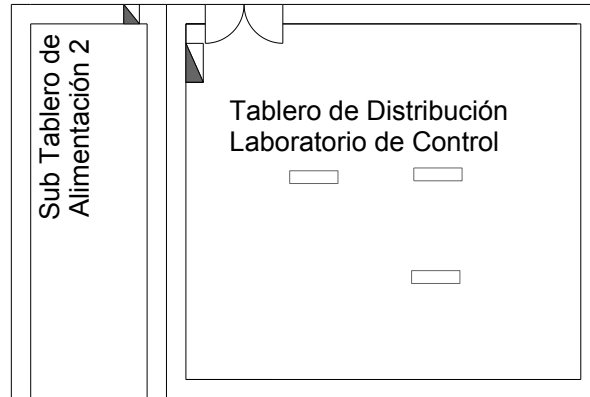


Figura 29: Plano Superior de Laboratorio de Control y Análisis Instrumental 1

Fuente: Propia

Se instaló un metro de canaleta rectangular de 60 x 40 mm, como se muestra en la Figura 30 para el alimentador 4 x 8 de cobre de 3.5 metros de longitud, el mismo que desemboca en la parte derecha del tablero de distribución. La puesta a tierra se instaló mediante un conductor número 10 de cobre color amarillo, previamente conectado en la barra de tierra existente en el subtablero de alimentación.

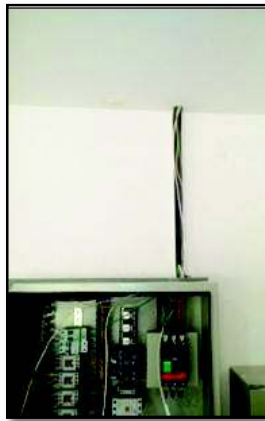


Figura 30: Alimentadores de tablero principal con canaleta desde techo

Fuente: Propia

2.7.2 CANALETIZACIÓN DE CIRCUITOS DERIVADOS.

La canaletización de los circuitos derivados se realizó con canaletas rectangulares de 60 x 40 mm las cuales se situaron a 10 cm del suelo

ajustadas a la pared lateral del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental y canaletas semilunares o de piso 60 x 15 mm dispuestas en el suelo aseguradas con tornillos y tacos número 6.

La utilización de estos dos tipos de canaletas se debe a que las instalaciones para cada mesa son independientes, desde el tablero de distribución a cada estación de trabajo como se muestra en la Figura 31 las cuales se encuentran perpendicularmente a cada estación de trabajo.

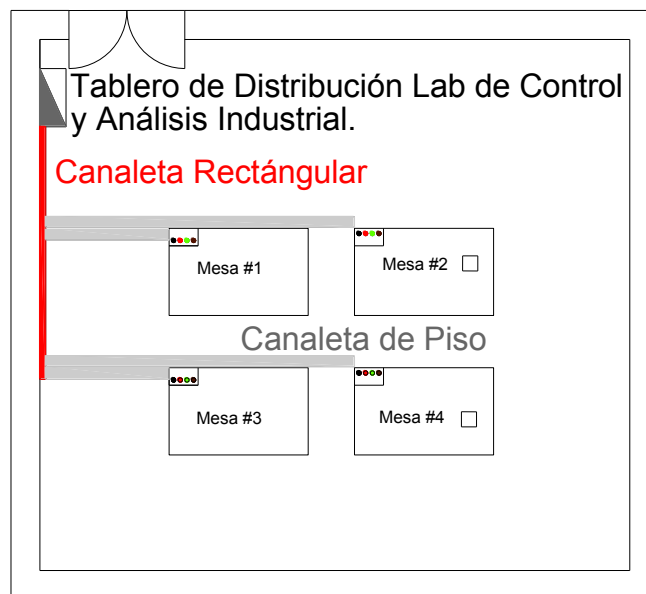


Figura 31: Disposición de canaletas de piso y canaleta rectangular

Fuente: Propia

En el diseño se decidió que los conductores de los circuitos derivados compartan la misma canaleta rectangular 60 x 40 mm en la pared, por ser lo suficientemente amplia para albergar a todos los cables de los circuitos, con sus respectivos accesorios para cada derivación, de tal manera que sea funcional y estético (ver Figura 32).



Figura 32: Canaletización de cables de circuitos derivados.

Fuente: Propia

Las canalizaciones de los cables de cada estación están comprendidas en 3 fases (R, S, T) y neutro. Para lo cual se distribuyó de tal manera que los cables de cada estación estén dispuestos en canaletas de piso individuales, de acuerdo a la ubicación de cada mesa de trabajo. Como se muestra en la Figura 33, los cables están en las canaletas debidamente identificados por colores.

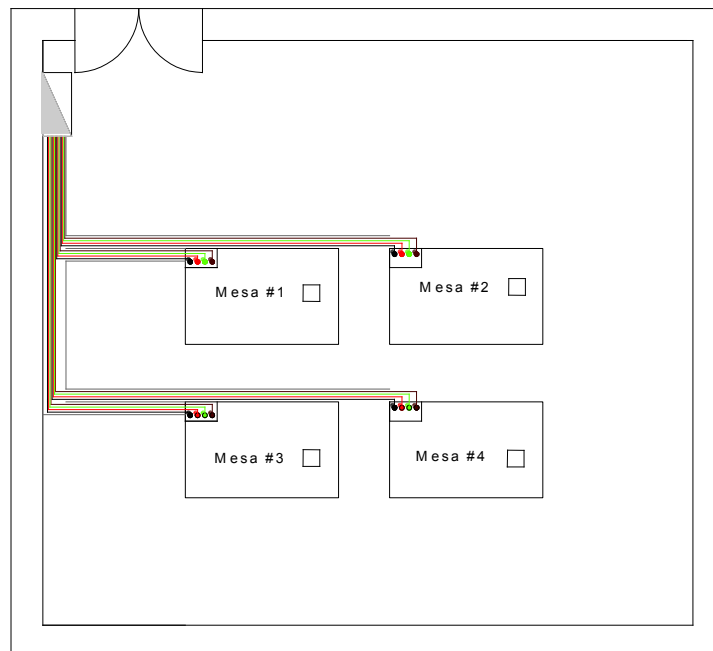


Figura 33: Circuitos de Laboratorio de Control y Análisis Instrumental.

Fuente: Propia

De la misma manera se instaló tomacorrientes en cada estación de trabajo, debido a que se va a utilizar un computador para la simulación de circuitos. Se determinó dividir dos circuitos para los tomacorrientes, la primera derivación que energiza los tomacorrientes de la estación 1 y 2, así como otra derivación para las estaciones 3 y 4, con su respectiva protección.

Como se muestra en la Figura 34, los circuitos de tomacorrientes están compuestos por una fase, un neutro y tierra.

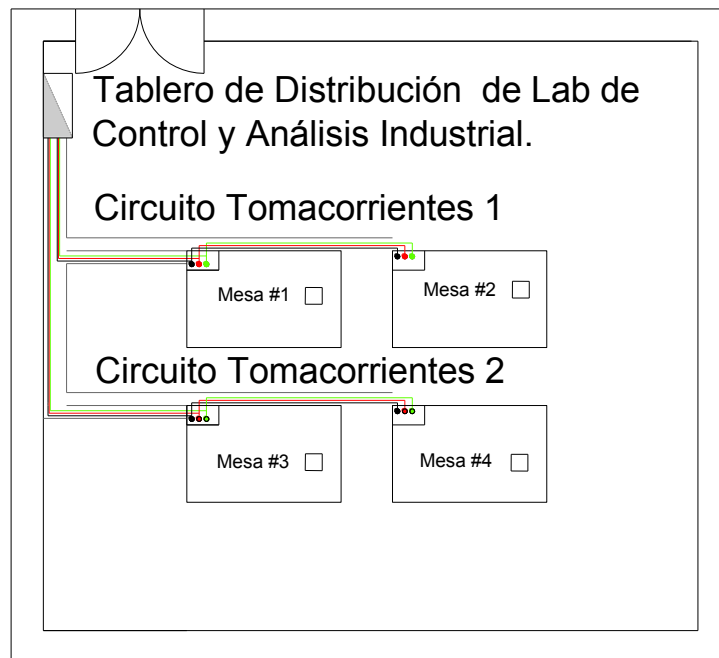


Figura 34: Circuitos de tomacorrientes

Fuente: Propia

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El diseño eléctrico está especificado para cuatro estaciones de trabajo como se muestra en el diagrama arquitectónico de la Figura 35.

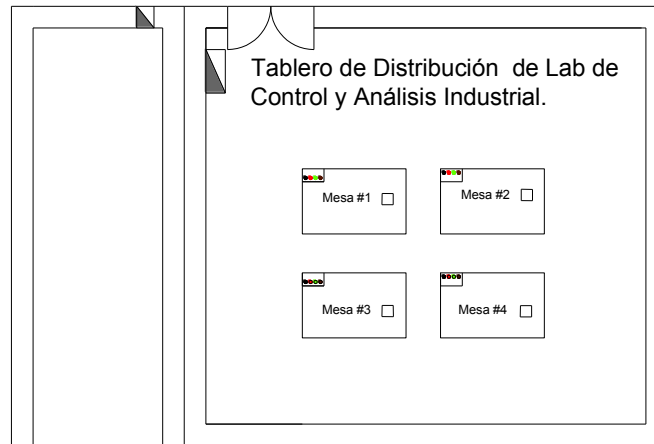


Figura 35: Distribución de Mesas del Lab de Control y Análisis Instrumental

Fuente: Propia

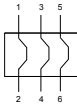
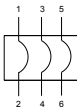
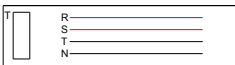
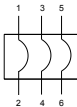

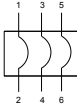


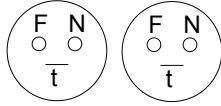

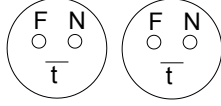

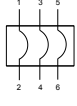

3.1.1 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS INSTRUMENTAL

De acuerdo a las especificaciones de operación del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental se implementó el diagrama de conexiones que se observa en la Figura 36, el cual describe los circuitos derivados, protecciones y distribución general del tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental de la ESFOT.

En el diseño constan los contactores K1, K2, K3, K4, que permiten energizar cada una de las estaciones de trabajo. Además en el diagrama se puede verificar que se implementaron dos circuitos de tomacorrientes independientes, con sus respectivas protecciones.

A continuación en la Tabla 18, se muestra la simbología de los dispositivos utilizados en el diagrama de conexiones.

Tabla 18: Simbología de Conexiones de Lab de Control y Análisis Instrumental

SÍMBOLOGÍA		
	3P x 40 A	Breaker General Trifásico de 40 A
	3P x 16 A	Breaker Mesa 2 Trifásico de 16 A
		Barras de Distribución
	3P x 16 A	Breaker Mesa 3 Trifásico de 16 A
	1P x 16 A	Breaker Monofásico de 16 A Mesa 1 y Mesa 2
	3P x 16 A	Breaker Mesa 4 Trifásico de 16 A
	1P x 16 A	Breaker Monofásico de 16 A Mesa 3 y Mesa 4
	K1	Contacto Abierto Contactor K1
		Tomacorriente Mesa 1 y Mesa 2
	K2	Contacto Abierto Contactor K2
		Tomacorriente Mesa 1 y Mesa 2
	K3	Contacto Abierto Contactor K3
	3P x 16 A	Breaker Mesa 1 Trifásico de 16 A
	K4	Contacto Abierto Contactor K4

Fuente: Propia

ACOMETIDA " TABLERO DE DISTRIBUCIÓN " DEL LABORATORIO DE CONTROL

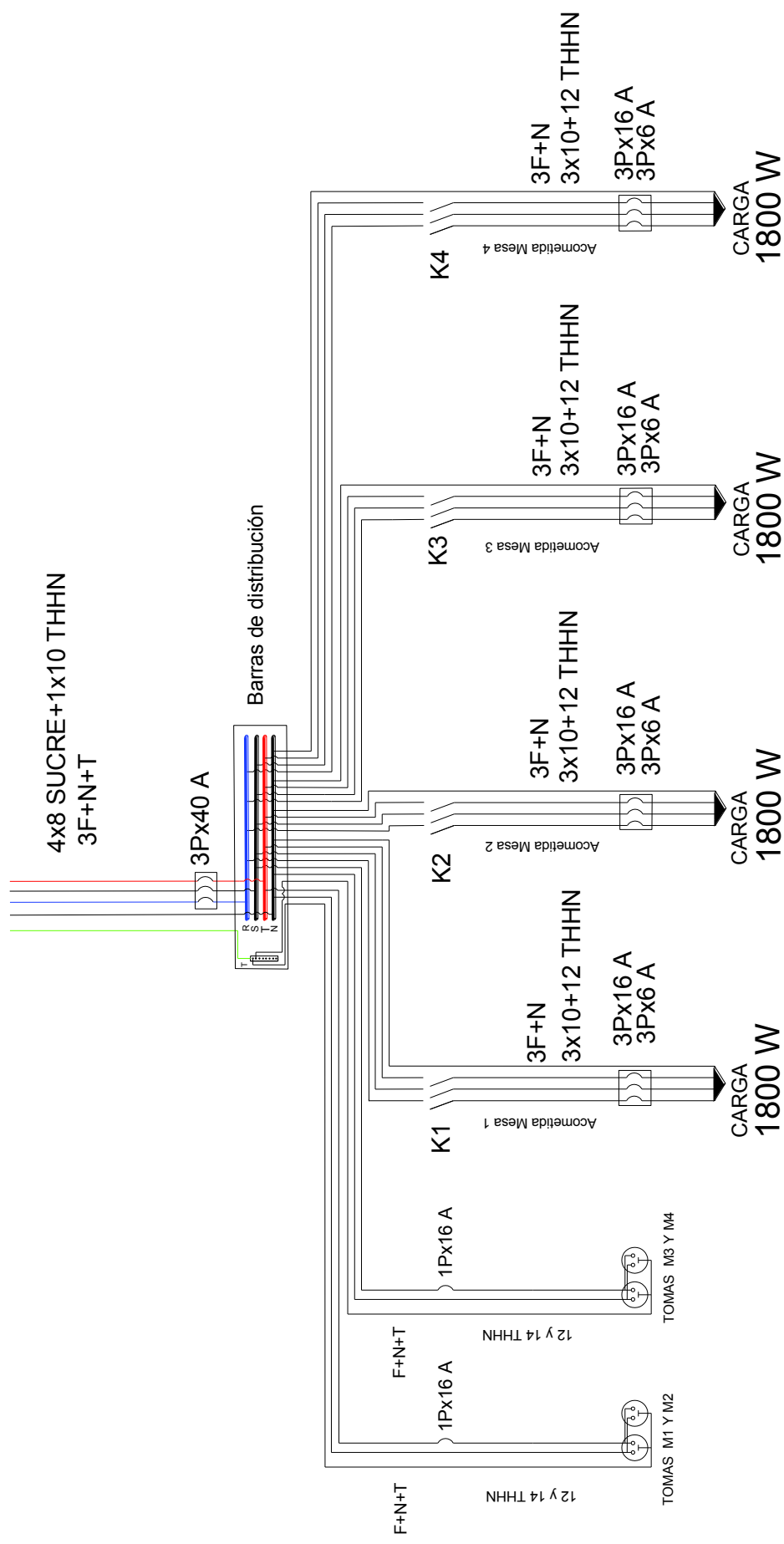


Figura 36: Diagrama de conexiones de Lab de Control y Análisis Instrumental.

Fuente: Propia

3.1.2 TABLERO METÁLICO

En el mercado se encuentran diferentes dimensiones de tableros metálicos; sin embargo, hay especificaciones dispuestas en la normativa NEC 2011 Capítulo 15, (NEC, 2011) para tableros eléctricos, la cual establece criterios de construcción, tipo de materiales de construcción, ubicación y distancias entre partes energizadas desnudas dentro de un tablero.

Para el Laboratorio de Control y Análisis Industrial se construyó un tablero metálico cuyas dimensiones son de 100 cm de largo x 60 cm de ancho y 25 cm de profundidad (Ver Figura 37).

Estas especificaciones fueron tomadas de acuerdo a la normativa NEC 2011 capítulo 15 (NEC, 2011) El tamaño de caja, gabinete o armario se seleccionará considerando que:

- El cableado de interconexión entre sus dispositivos deberá hacerse a través de bandejas o canaletas de material no conductor que permitan el paso cómodo y seguro de los conductores.
- Deberá quedar un espacio suficiente entre las paredes de las cajas, gabinetes o armarios y las protecciones o dispositivos de comando y/o maniobra de modo tal de permitir un fácil mantenimiento del tablero.
- Se deberá considerar un volumen libre de 25% de espacio libre para proveer ampliaciones de capacidad del tablero.

Los parámetros de identificación para un tablero de acuerdo a la normativa NEC 2011 Capítulo 15 (NEC, 2011) deben tener las siguientes características:

- Diagrama Unifilar del tablero.
- Tipo de ambiente para el que fue diseñado.
- Rotulado para la identificación de circuitos.

- Instrucciones para la instalación, operación y mantenimiento.



Figura 37. Tablero de distribución Laboratorio de Control y Análisis Industrial.

Fuente: Propia

3.1.3 CÁLCULO DE ALIMENTADORES

❖ Alimentador principal

El alimentador principal es un cable conectado desde la bornera del sub tablero de la ESFOT, hasta el tablero de distribución eléctrica, el cual esta dimensionado de acuerdo a la carga proyectada a conectarse.

El dimensionamiento del cable se establece por la corriente que va a circular por el mismo, utilizando la *Ecuación 7*. Corriente que circula por circuito trifásico:

$$I = \frac{P}{K1 \cdot V \cdot fp} \quad \text{[Ecuación 7]}$$

Donde:

I = Corriente Trifásica.

P = Potencia Total.

$K1 = \sqrt{3}$ (circuito trifásico).

V = Voltaje de alimentación.

Fp = Factor de potencia.

Reemplazando se obtiene lo siguiente:

$$I = \frac{7365,49 \text{ (VA)}}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,85} = 22,74 \text{ A}$$

A este valor se lo multiplica por un factor de flexibilidad de 1.3 con lo cual obtiene:

$$I = 22,74 \text{ A} \times 1,3 = 29,6 \text{ A}$$

Con la corriente se dimensiona el cable de acuerdo a la Tabla 19 que muestra el amperaje y diámetro de los conductores con la normativa American Wire Gauge o AWG.

Tabla 19: Calibres AWG y su corriente máxima admisible

AWG	Diam. (mm)	Amperaje (A)
1	7,35	150
2	6,54	115
4	5,19	85
6	4,62	65
8	4,11	50
10	3,67	35

12	3,26	25
14	2,91	20

Fuente: (Hentel, 2007)

De acuerdo a estos datos el cable más apropiado sería el AWG 8 el cual soporta una corriente máxima de 50 A, cuya sección es de 8,3666 mm².

La distancia del alimentador es de 3,5 (m), tomada desde el subtablero hasta el tablero de distribución, con lo cual se especifica la caída de voltaje del conductor a instalar con la Ecuación 2. Caída de Tensión e%.

$$e\% = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 3,5 \text{ m} \cdot 29,6 \text{ A}}{8,366 \text{ mm}^2 \cdot 220 \text{ V}/\sqrt{3}} = 0,338 \text{ V}$$

La caída de tensión es de 0,338 V, la cual se encuentra dentro de los límites exigidos por la normativa NEC 2011 Capítulo 15, la cual no debe exceder el 3% del voltaje nominal, es decir 6,6 V (NEC, 2011).

❖ Alimentadores de Circuitos Derivados

Las diferentes estaciones del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental están conectadas al tablero principal, mediante cable de menor dimensión, de acuerdo a la corriente que va a circular por cada estación de trabajo del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental.

La potencia total del tablero es de 7,365 KVA, la cual se divide para cuatro estaciones de trabajo. Ecuación 8. Potencia de cada Estación de Trabajo:

$$\text{Potencia de cada estación de trabajo} = \frac{\text{PotenciaTotal}}{\text{Número de Estaciones}} \quad [\text{Ecuación 8}]$$

$$\text{Potencia de cada estación de trabajo} = \frac{7365,49 \text{ VA}}{4} = 1841,37 \text{ VA}$$

Con este valor se encuentra la corriente de cada estación mediante la *Ecuación 7*:

$$I = \frac{1841,372 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ V} \cdot 0,85} = 5,69 \text{ A}$$

A este valor se lo multiplica por un factor de flexibilidad de 1,3 con lo cual obtiene:

$$I = 5,69 \text{ A} \cdot 1,3 = 7,397 \text{ A}$$

Con este resultado se selecciona el conductor AWG 10, debido a su accesibilidad en el mercado y a sus especificaciones técnicas. En la Tabla 20, se muestran la caída de tensión de cada una de las mesas de trabajo.

Tabla 20: Caídas de Voltajes de mesas de trabajo

	MESA 1	MESA 2	MESA 3	MESA 4
Distancia (m)	8 m	12 m	10 m	14 m
Caída de Voltaje (V)	0,31 V	0,46 V	0,38 V	0,54 V

Fuente: Propia

La distancia de la mesa 4 es la más alejada al tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, la cual es de 14 (m), de la cual como ejemplo se calcula la caída de tensión en el cable con la *Ecuación 2*:

$$e\% = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 14 \text{ m} \cdot 7,397 \text{ A}}{5,261 \text{ mm} \times \frac{220 \text{ V}}{\sqrt{3}}} = 0,537 \text{ V}$$

La caída de tensión es de 0,537 V, la cual se encuentra dentro de los límites exigidos por la normativa NEC 2011 Capítulo 15, la cual no debe exceder el 3% del voltaje nominal, es decir 6,6 V (NEC, 2011).

❖ **Circuitos de Tomacorrientes.**

En el diseño del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, se disponen de un tomacorriente del tipo alvéolo (fase, neutro, tierra) de 10 A / 120 V, para

cada estación de trabajo, debido a que este tipo de conector es utilizado en Ecuador.

En el Laboratorio de Control y Análisis Instrumental se ubican tomacorrientes de forma que cumplan con estética y seguridad, que la instalación eléctrica requiere, como se muestra en la Figura 38.



Figura 38: Tomacorriente de Mesa 1

Fuente: Propia

Los tomacorrientes están dimensionados de acuerdo a la carga que se va utilizar en dichos puntos eléctricos, en este caso computadores, los cuales están conectados mediante un regulador de voltaje de 450 (W).

Dicha carga se multiplica por dos debido a que cada circuito de tomacorrientes va abastecer de energía a dos estaciones de trabajo, con lo que la potencia total sería de 900 (W).

Con este valor se encuentra la corriente de cada estación mediante la *Ecuación 10*

$$I = \frac{S}{V} \quad \text{[Ecuación 10]}$$

Donde:

I = Corriente.

V = Voltaje V.

S = Potencia Activa (W).

$$I = \frac{900 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 7,5 \text{ A}$$

A este valor se lo multiplica por un factor de flexibilidad de 1,3 con lo cual se obtiene:

$$I = 7,5 \text{ A} \times 1,3 = 9,75 \text{ A}$$

Con este resultado se selecciona el conductor AWG 12, de la Tabla 19, debido a su accesibilidad en el mercado y a sus especificaciones técnicas, las cuales son las más óptimas para el funcionamiento de los computadores. La caída de tensión en el cable se la obtiene con la ecuación 2, y se encuentran en la tabla 21, respectivamente.

$$e\% = \frac{4 \cdot 13,5 \text{ m} \cdot 9,75 \text{ A}}{3,31 \text{ mm}^2 \cdot 117 \text{ V}} = 1,3595 \text{ V}$$

Tabla 21: Caídas de voltaje circuitos de tomacorrientes

	Circuito de Tomacorrientes 1 (Mesa 1 y Mesa 2)	Circuito de Tomacorrientes 2 (Mesa 3 y Mesa 4)
Distancia (m)	13,5 m	8,5 m
Caída de tensión (V)	1,36 V	0,86 V

3.1.4 DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

❖ Barras de Cobre

Para la derivación de los diferentes circuitos del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, se utiliza barras de cobre de acuerdo a la normativa NEC 2011 capítulo 15 (NEC, 2011) Material eléctrico.

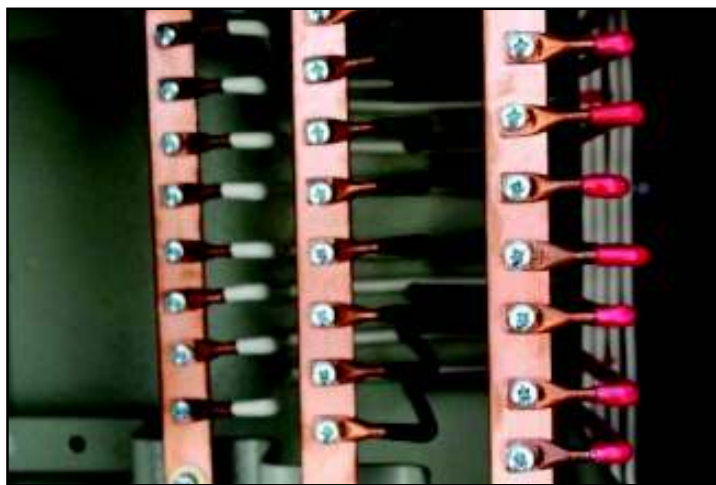


Figura 39: Barras de Cobre de 12 x 2, capacidad 108 A desnuda.

Fuente: Propia

Desde las barras de distribución se harán las derivaciones para la conexión de los dispositivos de comando o protección constitutivos del tablero.

En consecuencia se tiene que por cada alimentador derivado va a circular una corriente de 7,4 A, de estas evidencias se debe escoger una barra de cobre que soporte una corriente de aproximadamente cuatro veces este valor, dado que se trata de 4 estaciones de trabajo, con los resultados se puede inferir que la corriente total es de aproximadamente 29,6 A.

Por ello se hace necesario implementar las tablas de capacidad amperimétrica de barrajes rectangulares de cobre para armarios eléctricos (ANEXO 2).

Esta tabla corresponde a la Norma DIN 46433, el tipo de cobre utilizado es E-Cu-F30, sus temperaturas de ambiente y de operación son 65° C y 35° C

respectivamente. Su instalación es interior con características de densidad de corriente aproximadamente $1000 \text{ A} / \text{pul}^2$.

Se consideró utilizar las barras rectangulares de ancho por espesor, área y peso, respectivamente de 12×2 (cm), 23.5 (mm^2) y 0.209 (kg/m), la cual soporta una corriente de 108 A al encontrarse desnuda, ya que es la de menor capacidad amperimétrica que se encuentra en el mercado. En la Figura 39, se muestra una barra de cobre con las características mencionadas.

En la Figura 40 se expone el diagrama unifilar de acometidas, montadas en el Laboratorio de Control y Análisis Industrial.

❖ **Diagrama unifilar de acometidas**

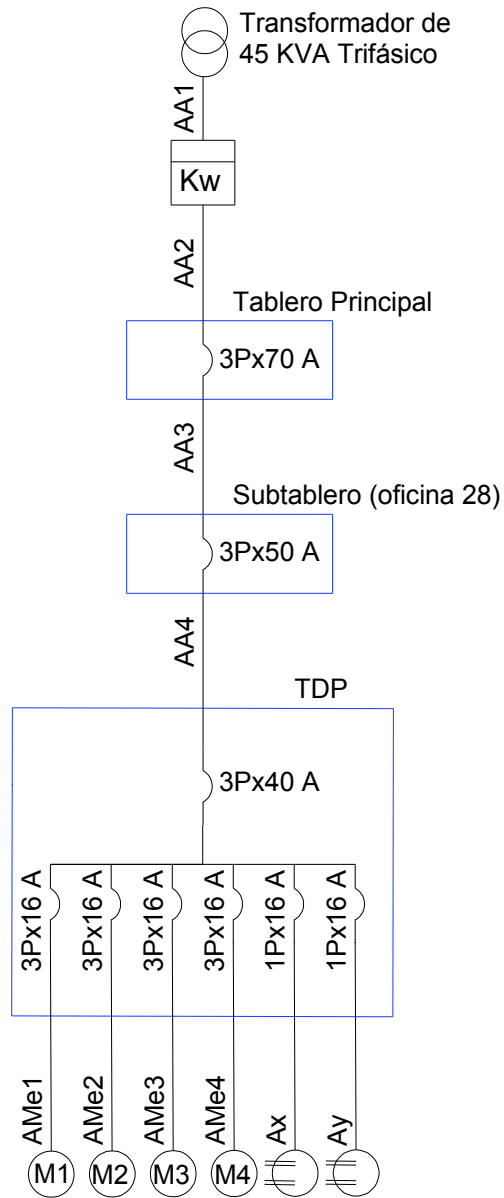


Figura 40: Diagrama Unifilar de Cableado

Fuente: Propia

En la tabla 22, se expone la simbología utilizada para las acometidas que se observan en la figura 40.

Tabla 22: Acometidas

	Fases	AWG	N	T	Tipo
AA1	3	4	X		THW
AA2	3	6	X	X	THW
AA3	3	6	X	X	THW
AA4	3	8	X	X	THNW
Ame1	3	10	X		THNW
Ame2	3	10	X		THNW
Ame3	3	10	X		THNW
Ame4	3	10	X		THNW
Ax	1	12	X	X	THNW
Ay	1	12	X	X	THNW

Fuente: Propia

❖ **Aisladores**

De acuerdo a la normativa NEC 2011 capítulo 15, Material Eléctrico: Las barras de distribución se deberán montar rígidamente soportadas en las cajas, gabinetes o armarios; estos soportes deberán ser aislantes (NEC, 2011).

Con estas especificaciones se elige aisladores de baja tensión ISO – Tp, los cuales tienen las siguientes características (Pentair, 2017):

- Temperatura de trabajo: de -40°C a +130°C
- Material de poliamida reforzada con fibra de vidrio
- Insertos de acero galvanizado, métrica según normas ISO

- Excelente estabilidad de parámetros eléctricos y mecánicos
- Auto-extinguible UL® 94 V0

Este tipo de aislante es apto para soportar voltajes de hasta 500 voltios de corriente alterna, sus dimensiones son de 20 mm de ancho por 17 mm diámetro, como se puede observar en el ANEXO 3 (Pentair, 2017).

3.1.5 PROTECCIONES

❖ Protección Principal

La normativa NEC 2011 capítulo 15: todo tablero principal o principal auxiliar, del cual dependan más de seis alimentadores deberá llevar un disyuntor general que permita proteger y operar sobre toda la instalación en forma simultánea (NEC, 2011).

Por lo mencionado en el literal 3.1.4. la corriente eléctrica que va a circular por el alimentador principal es de 29,6 A, con este resultado se escoge un breaker con un valor similar al de la corriente indicada, y de fácil montaje.

El interruptor automático en caja moldeada contra sobrecorrientes EZC 100N 40 A, es adecuado para este diseño, por sus especificaciones técnicas (Manual Schneider Electric, 2008), responde a todas las necesidades en términos de protección contra el voltaje bajo, sobrecorrientes y contra cortocircuitos.

Características:

- Corriente nominal: de 15 a 40 A
- Capacidad de desconexión de 7,5 a 50 kA a 400 / 415 V
- 3 tamaños de bastidor de 100 y 400 A
- Bastidor de 250 A con fuga a tierra
- Accesorios y auxiliares instalables en campo

- Conformidad con las normas mundiales: CEI 60947-1 y 2, UL508 / CSA22-2 (Easypact 250), JIS 8370
- CE & marcado CCC

Protección de toda instalación eléctrica que no supere los 50 (kA) / 415 V de capacidad de desconexión:

- Instalación en hogares
- Obras terciarias e industriales

En la Figura 41 se muestra el interruptor EZC100N 40 A de caja moldeada en posición horizontal, el cual facilita su ensamblaje en el tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental.



Figura 41: Interruptor ECZ100N 40 A

Fuente: Propia

❖ Protecciones de Circuitos de Tomacorrientes.

Para salvaguardar los artefactos conectados a cada mesa de trabajo se escoge un breaker de 16 A ya que no se encuentran de menor valor en los centros de distribución. En la Figura 42 se muestran los breakers instalados.



Figura 42: Breaker de 16 Amperios para circuitos de tomacorrientes

Fuente: Propia

❖ Protecciones de estaciones de trabajo

El dimensionamiento de los alimentadores de cada mesa de trabajo con cable número 10 AWG, y la corriente trifásica de 7,45 Amperios, permiten escoger un breaker tripolar de 16 A de marca Schneider, el cual se encuentra ubicado en cada mesa de trabajo como se muestra en la Figura 43.

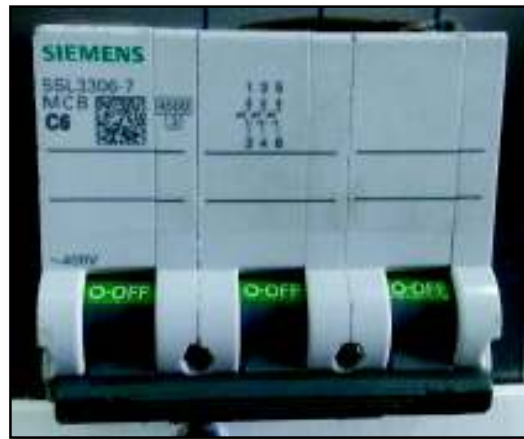


Figura 43: Breaker de Mesa 1



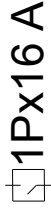
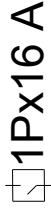
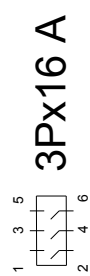

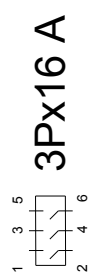

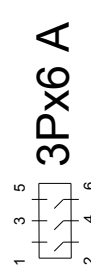

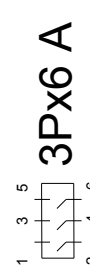

Fuente: Propia

La conexión para cada mesa es igual, es decir desde las barras de distribución, mediante conductor número 10 AWG, hasta la estación de trabajo en la cual se encuentra el breaker tripolar de 16 A.

En la Tabla 23, se muestra la simbología utilizada en el diagrama de protecciones expuesto en la figura 44.

❖ **TABLA DE PROTECCIONES Y DIAGRAMA IMPLEMENTADO EN LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS INSTRUMENTAL.**

Tabla 23: Simbología Diagrama de Protecciones

 <p>T.G. 3Px50 A</p>	<p>Tablero General Interruptor Termomagnético de 50 A.</p>	 <p>T.D.L.C. 3Px40 A</p>	<p>Interruptor termomagnético tripolar en caja moldeada 40 A</p>
 <p>1Px16 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético Monopolar de 16 A, Mesa 1 y Mesa 2</p>	 <p>1Px16 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético Monopolar de 16 A, Mesa 3 y Mesa 4</p>
 <p>3Px16 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético tripolar de 16 A Mesa 1</p>	 <p>3Px16 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético tripolar de 16 A Mesa2</p>
 <p>3Px16 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético tripolar de 16 A Mesa3</p>	 <p>3Px16 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético tripolar de 16 A Mesa4</p>
 <p>3Px6 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético tripolar de 6 A Mesa 1</p>	 <p>3Px6 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético tripolar de 6 A Mesa 2</p>
 <p>3Px6 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético tripolar de 6 A Mesa 3</p>	 <p>3Px6 A</p>	<p>Interruptor Termomagnético tripolar de 6 A Mesa 4</p>

Fuente: Pronia

DIAGRAMA DE PROTECCIONES

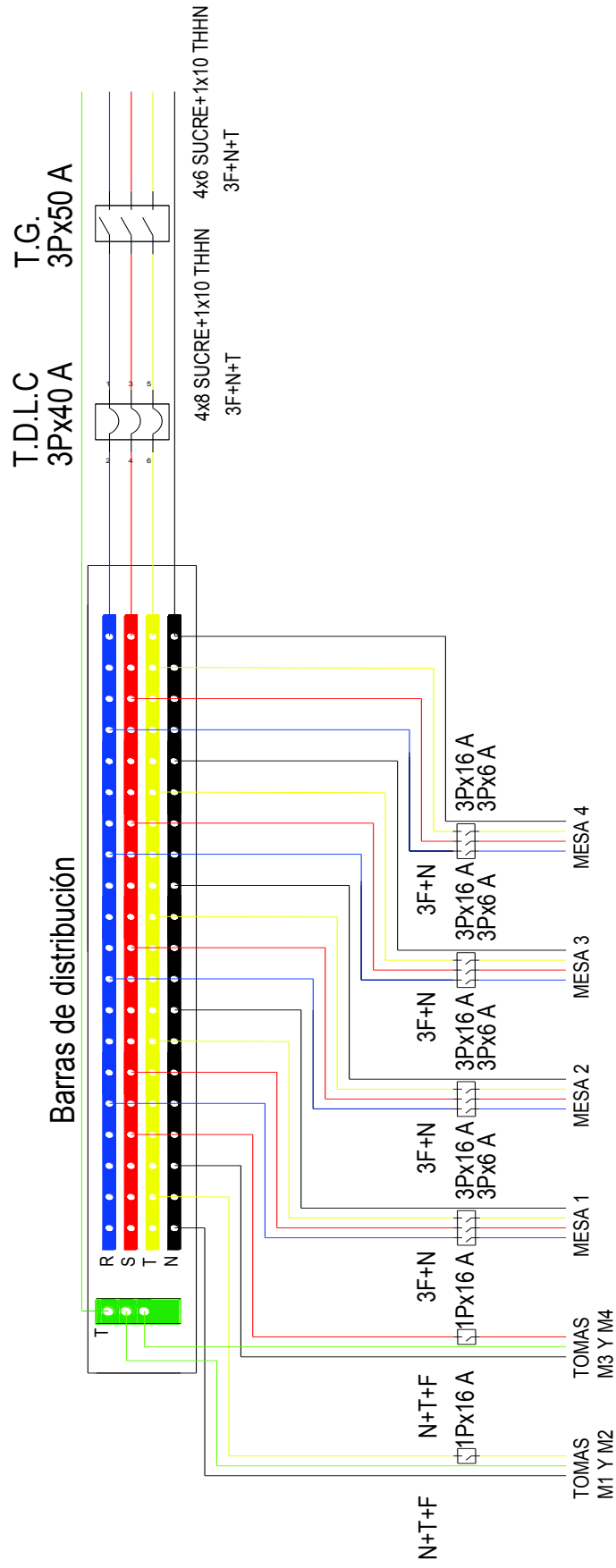


Figura 44: Diagrama de Protecciones Laboratorio de Control
Fuente: Propia

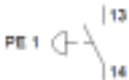

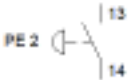

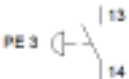

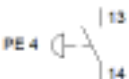

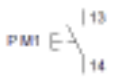

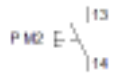

3.1.6 CIRCUITO DE CONTROL Y FUERZA DE CADA MÓDULO

Los circuitos de control y fuerza se encuentran implementados para cada mesa de trabajo. Los mismos se diseñaron con un paro de emergencia y un pulsante de marcha ubicados de acuerdo a su operatividad.

❖ Diseño de circuito de Control.

Para el diseño se tomaron medidas de seguridad para las personas que van a maniobrar el tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, así como las estaciones de trabajo. En la Figura 45, se muestra un esquema del circuito de control, de cada una de las mesas uno y dos, cabe recalcar que la conexión de las cuatro mesas es exactamente igual.

Tabla 24: Simbología Circuito de Control

	Pulsador de Emergencia Mesa 1		Contacto abierto Contactor 3
	Pulsador de Emergencia Mesa 2		Contacto abierto Contactor 4
	Pulsador de Emergencia Mesa 3		Contacto 1
	Pulsador de Emergencia Mesa 4		Contacto 2
	Pulsador de Marcha Mesa 1		Contacto 3
	Pulsador de Marcha Mesa 2		Contacto 4

El pulsante PM1 energiza al contactor K1, el mismo que está provisto de un mando memorizado que mantiene su condición de activado aun cuando haya desaparecido la señal del elemento de mando del pulsante M1. El mando memorizado mantiene con energía al contactor y a la mesa 1, para lo cual se instaló una luz piloto de color verde que indica el activado y desactivado de cada mesa (Ver Figura 46).



Figura 46: Pulsador y Luz Piloto de Mesas de Trabajo

Fuente: Propia

El momento de activar el paro de emergencia PE1 se desactiva K1, lo que provoca que la mesa de trabajo quede inactiva.

El funcionamiento de todas las mesas de trabajo es igual a la mesa 1, lo que significa que el paro de emergencia está ubicado en cada estación de trabajo como se muestra en la Figura 47, y el pulsante de marcha en el tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental.




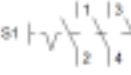
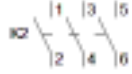
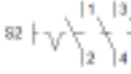
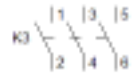
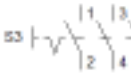

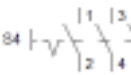
Figura 47: Paro de Emergencia Mesa 1

Fuente: Propia

❖ Circuitos de Fuerza

La conexión de los circuitos de fuerza, se lo realiza desde la salida de cada uno de los contactores de cada mesa respectivamente, hasta los breakers de 16 A dispuestos en cada estación o mesa de trabajo. Los mismos están previstos de borneras en donde se puede distribuir la energía, en la Figura 48, se muestra el diagrama de circuito de fuerza de la mesa uno, la misma que es igual para las cuatro mesas de trabajo.

Tabla 25 Simbología de Circuito de Fuerza

	Contactos Abiertos Contacto 1		Breaker 3Px16 A Breaker de 3Px6 A Mesa 1
	Contactos Abiertos Contacto 2		Breaker 3Px16 A Breaker de 3Px6 A Mesa 2
	Contactos Abiertos Contacto 3		Breaker 3Px16 A Breaker de 3Px6 A Mesa 3
	Contactos Abiertos Contacto 4		Breaker 3Px16 A Breaker de 3Px6 A Mesa 4

Fuente: Propia

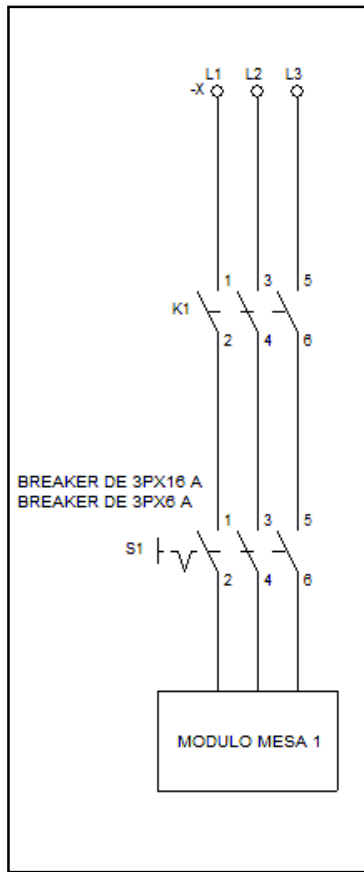


Figura 48: Diagrama circuito de fuerza mesa 1

Fuente: Propia

3.1.7 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

❖ Amperímetros

Los amperímetros se instalaron en las líneas de alimentación de cada mesa de trabajo, estos instrumentos de medición son monofásicos, con un rango de 0 a 50 A de escala, para el montaje de estos dispositivos, se seleccionó cada una de las fases de la alimentación principal.

La disposición de los instrumentos de medición de corriente, en el tablero de distribución se indica en la Figura 49, como medida preventiva se dejó un amperímetro extra de reserva para una eventual falla de alguno de los ya conectados.



Figura 49: Disposición de Instrumentos de Medición

Fuente: Propia

❖ Voltímetro

El voltímetro instalado es del tipo bifásico, de 0 - 500 V de rango, para su montaje se seleccionaron las fases R y T, de la alimentación principal del tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, con el objeto de establecer el funcionamiento activo del tablero. El mismo se puede observar en la Figura 49, en la parte superior del tablero.

3.1.8 DISEÑO ESTRUCTURAL

❖ Ubicación de tablero de distribución.

La estructura metálica fue ubicada en la infraestructura del laboratorio de acuerdo a la normativa NEC 2011 capítulo 15, la altura mínima de montaje de los dispositivos de comando o accionamiento colocados en un tablero será de 0,60 (m) y la altura máxima será de 2 (m), ambas distancias medidas respecto del nivel de piso terminado (NEC, 2011).

De la misma manera de acuerdo a la normativa NEC 2011 capítulo 15, los tableros podrán ser montados empotrados o sobrepuestos en una pared si son de baja o mediana capacidad, tamaño y peso. Si los tableros son de gran capacidad, tamaño y peso, éstos deberán ser auto soportados mediante una estructura metálica anclada directamente al piso o sobre una estructura de hormigón (NEC, 2011).

Con referencia a la normativa se procedió a ubicar al tablero a una altura de 1(m) del suelo, y con referencia a la distancia más corta al alimentador seleccionado, así mismo de acuerdo a la normativa se permite su montaje en la pared por ser de bajo tamaño, capacidad y peso. En la Figura 50, se muestra el montaje del tablero de distribución en la pared.



Figura 50: Distancia de 1 metro desde el suelo a TDP

Fuente: Propia

❖ Disposición de barras de cobre.

La distancia entre barras de cobre de cada fase, fue seleccionada de acuerdo a las especificaciones de la normativa NEC 2011 capítulo 15, las distancias mínimas entre partes desnudas energizadas dentro de un tablero serán determinadas de acuerdo a la Tabla 26.

Se exceptúan de esta exigencia a las distancias entre contactos de dispositivos de protección y de maniobra las cuales deberán cumplir con las Normas específicas respectivas (NEC, 2011), de la Tabla 26.

Tabla 26: Distancias entre barras de cobre energizadas

Voltajes de Servicio [V]	Partes energizadas con respecto a tierra [mm]
0 a 200	15
201 a 400	15
401 a 1000	30

Fuente: (NEC, 2011)

Las barras de neutro y tierra fueron implementadas de acuerdo a la normativa NEC capítulo 15: 15.1.6.4.3. Disposiciones aplicables a tableros de distribución: Todo tablero de distribución debe tener una barra de neutro y una barra de tierra independientes (NEC, 2011).

En este caso resulta necesario implementar una estructura conjunta horizontal de barras de cobre, para la distribución de las fases R, S, T y neutro. La ubicación de la barra de tierra, es en la parte inferior del tablero paralelamente a la base del mismo Figura 51, la identificación de las fases se lo realizo con la diferenciación de la normativa NEC 2011 capítulo 15, material eléctrico: Tanto las barras como los conductores del cableado interno de los tableros deberán cumplir el código de colores vigente (NEC, 2011).

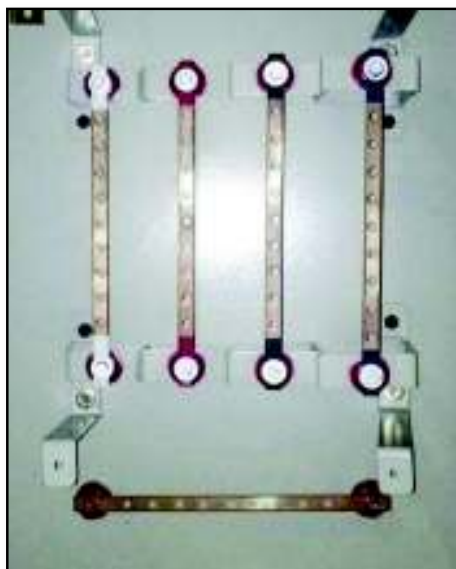


Figura 51: Agrupamiento de barras de cobre

Fuente: Propia

❖ **Agrupamiento de instrumentos de Control y Protección.**

La distribución de estos aparatos de protección y control, en el tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, se los aplicó de acuerdo a las disposiciones que se encuentran en la normativa NEC 2011 capítulo 15 (NEC, 2011):

15.1.6.2.2.1. Material eléctrico: Los conductores de alimentación que lleguen a un tablero deberán hacerlo mediante puentes de conexión o barras metálicas de distribución, pudiendo existir una protección principal. Desde las barras de distribución se harán las derivaciones para la conexión de los dispositivos de comando o protección constitutivos del tablero.

15.1.6.2.1.7. Se deberá considerar un volumen libre de 25% de espacio libre para proveer ampliaciones de capacidad del tablero.

Con estas resoluciones se realizó el siguiente esquema de distribución de los diferentes elementos que se utilizaron en el montaje del tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, indicados en las Figuras 52, 53, 54 y 55.

Tablero de Distribución de Laboratorio de Control y Análisis Instrumental

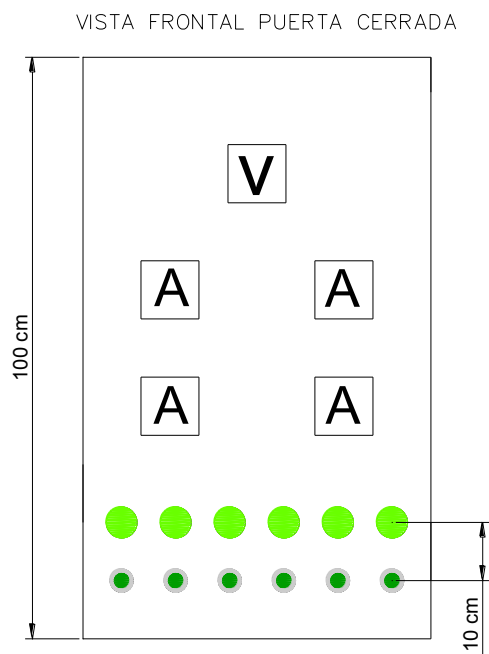


Figura 52: Vista Frontal Puerta Cerrada

Fuente: Propia

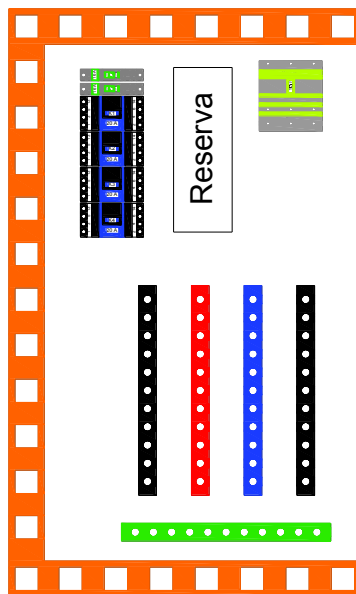


Figura 53: Vista Frontal Puerta Abierta

Fuente: Propia

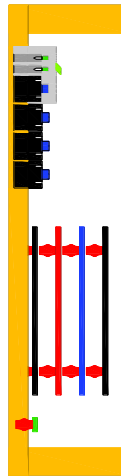


Figura 54: Vista Lateral

Fuente: Propia

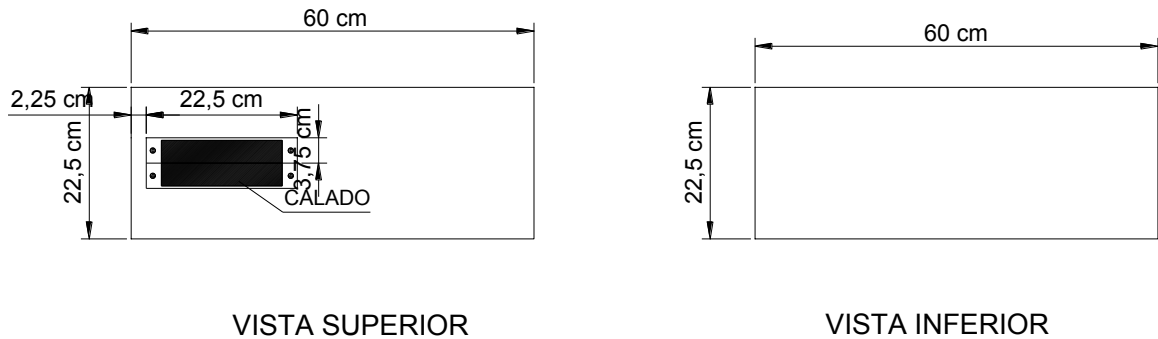


Figura 55: Vista Superior (izquierda), Vista Inferior (superior)

Fuente: Propia

La lista de materiales utilizados en el presente proyecto y su costo de implementación se describen posteriormente (ver ANEXO 4).

3.2 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO.

Las pruebas de funcionamiento del sistema permiten verificar que el sistema en desarrollo satisface sus requisitos funcionales.

3.2.1 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS

Una vez concluido el diseño e implementación del sistema de control necesario para activar y desactivar cada una de las mesas de trabajo, se procede a

realizar una serie de pruebas con las que se determina el correcto funcionamiento y cumplimiento de los requerimientos planteados.

Las pruebas a realizar son:

- Prueba sin carga: Medición de caídas de voltaje en las acometidas instaladas.
- Prueba con carga: Medición de corrientes y voltajes con carga (Compresor 1 HP + motor 0,75 HP).
- Pruebas de cortocircuito.
- Prueba con carga. (conexión de motores de 0,75 HP)

Se propone una plantilla de procedimiento de pruebas, que será aplicado al tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental y los circuitos derivados, que permite comprobar su funcionamiento. La plantilla comprende todos los aspectos que se abordan a continuación:

➤ **Pruebas sin carga**

Son pruebas en las cuales se miden los voltajes en la acometida principal, así como en cada una de las alimentaciones a cada mesa de trabajo tomando como referencia al tablero de distribución del laboratorio.

El procedimiento consiste en medir los voltajes en la alimentación que se designa para cada mesa; es decir, en el breaker tripolar de la mesa de trabajo, y compararla con la medición de la conexión que esta físicamente asignada al alimentador en el tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental, con la finalidad de encontrar la fallas en las conexiones.

➤ **Pruebas de Cortocircuito**

La prueba de cortocircuito consiste en realizar un contacto directo entre fases o entre una fase y el neutro, con el fin de registrar el funcionamiento de la protección correspondiente a cada circuito.

➤ **Pruebas con carga (Pulsadores de Marcha y Emergencia)**

La prueba con carga consiste en instalar un compresor de 0.75 [Hp] o un motor de 1 [Hp], en las diferentes mesas de trabajo; con el fin de comprobar el funcionamiento del paro de emergencia, así como el de marcha, para finalmente registrar su correcto funcionamiento.

➤ **Prueba con carga (Conexión de Motores).**

El procedimiento consiste en tomar las mediciones de voltajes en los puntos de conexión de las mesas 1 hasta la 4 y en las barras de distribución con un voltímetro.

Para recrear la condición de prueba, se procedió a energizar a las mesas con motores de 0,75 Hp. Eso permitirá comprobar las caídas de tensión en los alimentadores de las mesas indicadas por la circulación de corriente.

Realizado este procedimiento se puede encontrar la caída de voltaje por diferencia en cada una de las líneas de alimentación.

Aplicando la *Ecuación 12*, con la cual se puede encontrar la caída de tensión de manera experimental.

$$\Delta v = V_f - V_o \quad \text{[Ecuación 12]}$$

Donde:

Δv es la diferencia de voltaje (caída de tensión en cable).

V_f es voltaje final o voltaje al final de la línea de alimentación.

V_o es voltaje inicial o voltaje al inicio de la alimentación.

❖ **FORMATOS DEL PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS**

Referirse al ANEXO 5.

3.2.2 TABULACIÓN DE RESULTADOS

❖ Pruebas sin carga.

En la tablas (27-28-29-30-31), se muestran los resultados obtenidos, del procedimiento indicado en los procedimientos de prueba correspondientes.

Punto de Partida: Borneras de subtablero.

Llegada de Tablero: Breaker tripolar de 40 A.

Tabla 27: Mediciones de Acometida Principal.

	Punto partida		Llegada tablero	
F1 + N	117	V	117	V
F2 + N	115	V	115	V
F3 + N	115	V	115	V
F1 + F2	207	V	207	V
F1 + F3	207	V	207	V
F2 + F3	206	V	205	V

Punto de Partida: Contactor K1 en tablero de distribución.

Llegada de Mesa -1: Breaker de Fuerza de 16 A.

Tabla 28: Mediciones de Acometida TDP – Mesa 1

	Punto partido – K1		Llegada tablero – Mesa 1	
F1 + N	117	V	117	V
F2 + N	115	V	115	V
F3 + N	115	V	115	V
F1 + F2	207	V	207	V
F1 + F3	207	V	207	V
F2 + F3	205	V	205	V

Punto de Partida: Contactor K2 en tablero de distribución.

Llegada de Mesa -2: Breaker de Fuerza de 16 A.

Tabla 29: Acometida TDP – Mesa 2

	Punto partida – K2		Llegada tablero – Mesa 2	
F1 + N	117	V	117	V
F2 + N	115	V	115	V
F3 + N	115	V	115	V
F1 + F2	208	V	207	V
F1 + F3	207	V	206	V
F2 + F3	205	V	205	V

Punto de Partida: Contactor K3 en tablero de distribución.

Llegada de Mesa -3: Breaker de Fuerza de 16 A.

Tabla 30: Acometida TDP – Mesa 3

	Punto partida – K3		Llegada tablero – Mesa 3	
F1 + N	117	V	117	V
F2 + N	115	V	115	V
F3 + N	115	V	115	V
F1 + F2	208	V	208	V
F1 + F3	206	V	206	V
F2 + F3	205	V	205	V

Punto de Partida: Contactor K4 en tablero de distribución.

Llegada de Mesa -4: Breaker de Fuerza de 16 A.

Tabla 31: Acometida TDP – Mesa 4

	Punto partida – K4		Llegada tablero – Mesa 4	
F1 + N	117	V	117	V
F2 + N	115	V	115	V
F3 + N	115	V	115	V
F1 + F2	208	V	207	V
F1 + F3	207	V	206	V
F2 + F3	205	V	205	V

❖ **Pruebas con carga.**

Comprobación de funcionamiento de pulsadores de marcha y paro en cada una de las mesas de trabajo, los resultados se detallan en la tabla 32.

Tabla 32: Activación e inactivación de mesas de trabajo

Estaciones de Trabajo	Pulsador de Marcha		Pulsador de Emergencia	
	Funciona	No Funciona	Funciona	No Funciona
Mesa 1	X		X	
Mesa 2	X		X	
Mesa 3	X		X	
Mesa 4	X		X	

❖ **Pruebas de Cortocircuito.**

En la tabla 33 se muestra la reacción del puente entre fases (F1 + F2).

Tabla 33: Cortocircuito breaker principal 3Px40A (caja moldeada)

Cortocircuito			
	Funciona	No Funciona	Observación
F1+F2		X	La acometida al laboratorio viene desde un breaker existente, el cual reacciona antes que el breaker del laboratorio. Sin embargo, se constata el correcto funcionamiento ON/OFF del mismo.

En la tabla 34,35, se muestra el resultado del puente entre fase y neutro (F + N).

Tabla 34: Cortocircuito breaker tomacorrientes mesa 1 y 2

Cortocircuito			
	Funciona	No Funciona	Observación
F3 + N	X		Se constata el correcto funcionamiento de la protección instalada.

Tabla 35: Cortocircuito breaker tomacorrientes mesa 3 y 4

Cortocircuito			
	Funciona	No Funciona	Observación
F2 + N	X		Se constata el correcto funcionamiento de la protección instalada.

❖ **Pruebas con carga (Conexión de Motores).**

Sin carga: medición de voltajes en los puntos de conexión correspondientes a barras de distribución.

Con carga: medición en borneras de breaker de 16 A en mesa 1 y 4, los mismos se detallan en la tabla 36, 37, para la mesa 1 y 4, respectivamente.

Tabla 36: Medición voltajes alimentador mesa 1

Voltaje	Sin Carga	Con Carga	Unidad
F1 + N	119,1	118,7	V
F2 + N	120,6	119,8	V
F3 + N	121	120,1	V
F1 + F2	208	207,1	V
F1 + F3	207	206,5	V
F2 + F3	208,2	207,1	V

Tabla 37: Medición voltajes mesa 4

Voltaje	Sin Carga	Con Carga	Unidad
F1 + N	119,4	118,8	V
F2 + N	120,1	119,1	V
F3 + N	120,6	120	V
F1 + F2	207,6	206,6	V
F1 + F3	206,9	206,3	V
F2 + F3	207,4	206,6	V

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Aplicados las pruebas con carga y sin carga especificados en el literal 3.2.2. se evaluó los resultados de los mismos, y se comparó con los datos especificados en el diseño del tablero de distribución del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental.

3.3.1 Pruebas sin Carga

❖ Alimentador Principal

Los resultados expuestos en la tabla 27, indican que hay una correcta conducción en el alimentador del tablero de distribución, ya que la medición de voltajes en el punto de partida es igual en el punto de llegada. La longitud del alimentador es de 3.5 m, con lo que se garantiza que es de fácil montaje en caso de presentar una avería. La conexión eléctrica del conductor es directa en las borneras del subtablero antes mencionado; es decir, cualquier falla presente en el subtablero no se reflejaría en el tablero de distribución.

El alimentador está dimensionado con cable número 8 AWG, ya que en el diseño se tomó las precauciones para que la instalación soporte a dos mesas más de trabajo, en condiciones normales de funcionamiento.

❖ Acometidas TDP – Mesas

En las tablas de resultados de cada una de las mesas, de acuerdo a las mediciones realizadas se puede asegurar que todos los alimentadores están dimensionados correctamente, lo que garantiza que los mismos no presentan interrupciones, empalmes o daños físicos.

La correcta distribución de la electricidad a través de las barras de cobre situadas en el tablero de distribución, reflejan sus condiciones en cada una de las mesas al no presentar variación de voltaje en los contactos de los breakers de 16 A.

De lo expuesto en los dos párrafos anteriores se pudo comprobar que el diseño eléctrico, canalización de conductores y distribución eléctrica funcionan correctamente de acuerdo a las especificaciones de diseño.

3.3.2 Pruebas con Carga.

❖ Funcionamiento de pulsadores

Los pulsadores de paro y emergencia respondieron efectivamente. Esto representa una medida de seguridad para el personal que manipula estos instrumentos de medición y práctica. (Tabla 32).

Esto responde al correcto diseño del circuito de control aplicado, el cual estuvo enmarcado en obtener respuesta inmediata a un evento inesperado propio de un laboratorio, la energización de las mesas de trabajo se las puede verificar con la luz piloto correspondiente a cada mesa, para su reactivación el pulsador de marcha permite visualizar que los instrumentos, cableado y personal tengan las garantías necesarias de seguridad enmarcadas en la normativa NEC 2011, capítulo 15.

❖ Pruebas de Cortocircuito.

➤ Breaker principal 3Px40 A (caja moldeada)

La acometida del laboratorio viene de un breaker existente de 63 A con características de interruptor termomagnético, el cual reacciona antes que el breaker del laboratorio.

La protección instalada en el laboratorio no se levanta al realizar la prueba de cortocircuito, ya que las características industriales del mismo responden a variaciones de bajo voltaje y cortocircuitos de intensidades superiores al breaker instalado en el tablero principal de la Escuela de Formación de Tecnólogos. Las características industriales facilitan la implementación de motores en las prácticas del laboratorio, los cuales se energizan con valores elevados de corriente en el momento de su arranque y son susceptibles a variaciones de voltaje.

De lo expuesto en la tabla 33 se determina que de acuerdo al diseño y a la naturaleza de los instrumentos a utilizarse en el laboratorio, la selección del mismo brinda a la instalación la seguridad necesaria, por sus características de operación. Sin embargo, se constata el correcto funcionamiento ON/OFF de la protección de caja moldeada.

➤ **Breakers 1Px16 A tomacorrientes**

Los tomacorrientes de 16 A se activaron correctamente al cortocircuito inducido, su activación fue inmediata dentro de los parámetros establecidos en el diseño del tablero de distribución. El cableado de los mismos no sufrió ninguna avería física, cabe recalcar que estos circuitos son independientes entre sí y cuentan con conexión a tierra.

❖ **Conexión de motores**

En estos resultados se pudo obtener la caída de voltaje en los alimentadores de las mesas 1 y 4, como se muestran en las tablas 38 y 39:

➤ **Mesa 1 (Motor 0.75 HP)**

Tabla 38: Caída de voltaje mesa 1

Voltaje	Sin Carga	Con Carga	Caída de Voltaje	Unidad
F1 + N	119,1	118,7	0,4	V
F2 + N	120,6	119,8	0,8	V
F3 + N	121	120,1	0,9	V
F1 + F2	208	207,1	0,9	V
F1 + F3	207	206,5	0,5	V
F2 + F3	208,2	207,1	1,1	V

Fuente: Propia

➤ **Mesa 4 (Motor 0.75 HP)**

Tabla 39: Caída de voltaje mesa 4

Voltaje	Sin Carga	Con Carga	Caída de Voltaje	Unidad
F1 + N	119,4	118,8	0,6	V
F2 + N	120,1	119,1	1	V
F3 + N	120,6	120	0,6	V
F1 + F2	207,6	206,6	1	V
F1 + F3	206,9	206,3	0,6	V
F2 + F3	207,4	206,6	0,8	V

Fuente: Propia

Por lo expuesto en las tablas 36 y 37, se observa que la caída de tensión llega a un valor máximo de 1V; cabe recordar que para esta prueba se conectaron motores de 0,75 Hp en cada una de las mesas de trabajo con el fin de obtener condiciones representativas reales de trabajo del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental. Cumpliendo con la norma NEC 2011, capítulo 15 que indica que la caída de tensión debe ser menor al 3% del voltaje nominal, en los resultados que estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos de diseño e implementación.

Las caídas de tensión teóricamente varían en sus valores unas de otras por la distancia que existe entre el tablero de distribución como ubicación de referencia y la posición de las diferentes mesas en el laboratorio. Pese a que la mesa número 4 se encuentra a una distancia mayor de la mesa 1, se refleja que los valores de la caída de voltaje son muy semejantes, lo que valida el diseño de la instalación eléctrica y la calidad de los materiales utilizados.

El cálculo del error se lo realiza con la ecuación 13:

$$e = \frac{\text{Valor Real} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor Real}} \cdot 100 \quad [\text{Ecuación 13}]$$

Lo que se tabula en la tabla 40 para la mesa 1

Tabla 40: Error en alimentador mesa 1

Voltaje	Sin Carga	Con Carga	Error
F1 + N	119,1 V	118,7 V	0,503 %
F2 + N	120,6 V	119,8 V	0,833 %
F3 + N	121 V	120,1 V	0,498 %
F1 + F2	208 V	207,1 V	0,482 %
F1 + F3	207 V	206,5 V	0,290 %
F2 + F3	208,2 V	207,1 V	0,386 %

Fuente: Propia

Por los resultados expuestos se asegura la confiabilidad y calidad del diseño y materiales utilizados para el montaje del tablero de distribución del laboratorio y los circuitos derivados, cumpliendo así con las normativas establecidas en el (CEN INEN, 2001).

3.4 MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

A continuación, se plantea brevemente el plan de mantenimiento establecido para el tablero de distribución, el cual puede ser preventivo y correctivo.

3.4.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo se aplica cuando se permite que los equipos operen sin ningún servicio o control del estado de los mismos, hasta que se produzca una falla en su funcionamiento, en la mayoría de las ocasiones sin

llegar a detenerse y muchas veces causando daños severos a otros elementos colaterales de los mismos. Dada esta situación se realizan las debidas labores de reparación, en el momento que se crea más oportuno.

La instalación eléctrica del Laboratorio de Control y Análisis Instrumental cuenta con un breaker principal que energiza todos los puntos eléctricos, para cualquier operación en el tablero de distribución o circuitos derivados se requiere la desactivación del mismo con el fin de precautelar a las personas que interviene y a los equipos e instalaciones, en la Tabla 41 se exponen los problemas y acciones correctivas.

Tabla 41: Problemas en tablero de distribución y acciones correctivas

CAUSA	ELEMENTO	ACCIÓN
Cortocircuito e interrupción de electricidad en tablero de distribución.	Breaker 3Px40 A	Desactivar y Activar mando mecánico.
Cortocircuito en alimentadores de mesas de trabajo.	Breaker 3Px16 A	Tener stock de breaker de 3Px16 A para su reemplazo.
Cortocircuito en tomacorrientes.	Breaker de 1Px16 A	Tener stock de breaker de 1Px16 A para su reemplazo.
Interrupción de electricidad en mesas de trabajo	Contactador de 20 ^a	- Revisar contactos correctamente ajustados. - Reemplazo de contactador.
No se energiza mesa de trabajo	Pulsador de Marcha	Tener en stock pulsador de marcha
No se desactiva energía de mesa de trabajo	Pulsador de Emergencia	Tener en stock pulsador de emergencia.

3.4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este tipo de mantenimiento involucra un conjunto de actividades de forma cronológica que ayude a programar un trabajo metódico y sistémico con el objetivo de evitar fallas en los elementos físicos involucrados, ya sea de infraestructura, maquinarias o cualquier tipo de instalación, debido al desgaste que se produce por el tiempo de servicio útil de alguna de sus partes o componentes, logrando así que el tiempo de vida de sus elementos aumente. Para realizar este tipo de mantenimiento se requiere planificación y actuación.

Al realizar este mantenimiento se reduce la posibilidad de falla y paros imprevistos de actividades. El mantenimiento del tablero de distribución se recomienda realizar de manera semestral en los meses de marzo y septiembre (antes del inicio de los ciclos electivos) siguiendo los siguientes pasos:

- Destapar el tablero de distribución con precaución para evitar que los elementos de instrumentos de medición se desconecten.
- Revisar e inspeccionar visualmente de una forma general las instalaciones eléctricas verificando que no exista alguna desviación de los conductores, asegurándose que su numeración AWG sea la adecuada según las normas.
- Limpiar o aspirar el polvo acumulado en el interior del tablero, en lo posible aplicar repetidas veces limpia contactos en spray hasta que quede su centro de carga totalmente limpio.
- Reapretar la tornillería ya que los mismos se aflojan porque la corriente que fluye por los conductores es alterna.
- Medición de resistencia de aislamiento con un mega-óhmetro; consiguiendo una medición en los cables que comprueban el grado de deterioro del aislamiento.
- En el cableado eléctrico del laboratorio es preciso revisar el estado del cableado que se encuentra en las canaletas de piso, ya que son los más expuestos a golpes o deformaciones.

❖ **Cronograma de mantenimiento preventivo.**

La elaboración de los cronogramas de mantenimiento se basa en herramientas gráficas denominadas diagramas de Gantt (ver Tabla 42); cuyo objetivo es mantener informados en forma permanente si los trabajos son realizados en el tiempo establecido o si existe retrasos en la ejecución de los mismos. Además, indica la relación de actividades considerando garantías de fabricantes limitando el trabajo del personal.

Al dar mantenimiento a las diferentes partes de las instalaciones o los equipos se incrementa su vida útil, evitando reemplazos prematuros, para lo cual se desarrolló un manual de usuario expuesto en el ANEXO 6.

Tabla 42: Cronograma de mantenimiento preventivo

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN												
EQUIPOS	SEMANAL	0 MENSUAL	1 BIMESTRAL	2 TRIMESTRAL	3 SEMESTRAL	6 ANUAL						
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Laboratorio de Control y Análisis Instrumental												
1			1							2		
2			1							2		
3			1							2		

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.

- El diseño e implementación del tablero de distribución para la protección de los módulos didácticos de control industrial y automatización de la ESFOT cumplen con los lineamientos propuestos.
- Para posibles expansiones del tablero de distribución se debe considerar la capacidad de flexibilidad del diseño ya que este influye directamente en las características eléctricas del alimentador principal, lo que limita la circulación de corriente en el tablero de distribución.
- Definir adecuadamente la priorización de los criterios de valoración en las matrices de Holmes, permite elegir la alternativa más óptima de conexión del alimentador principal.
- El circuito de control con sus respectivas luces piloto, representa una gran funcionalidad en las mesas de trabajo, puesto que este aísla al circuito que presenta un mal funcionamiento del resto de estaciones de trabajo, reflejándose en los instrumentos de medición expuestos en la parte frontal del tablero de distribución que permiten localizar las posibles fallas en las fases de la alimentación principal y aplicar los protocolos a seguir del manual de mantenimiento.
- Las distancias de las mesas de trabajo con respecto al tablero de distribución, no influyen significativamente en las caídas de voltaje de los alimentadores.
- La correcta disposición de las protecciones, permiten que estas se activen de manera sincronizada, siempre y cuando sus características de funcionamiento sean similares.
- Los valores de los errores son bajos consecuencia de las características de los conductores utilizados para su ensamblaje, y a la buena calidad de los alimentadores tanto del contador, tablero principal y subtablero.
- La calidad de los dispositivos adquiridos para el montaje del sistema eléctrico, respondieron adecuadamente de acuerdo a los lineamientos de diseño establecidos en esta implementación.

4.2 RECOMENDACIONES

- La utilización de canaletas de piso para la distribución del cableado, exponen a los cables a golpes y deformaciones, lo que puede provocar daños permanentes, lo aconsejable para este tipo de ambientes es soterrar los cables con tuberías de caucho.
- Los amperímetros necesitan la implementación de transformadores de relación, que permitan censar correctamente las corrientes presentes en las respectivas fases.
- La instalación del mecanismo del paro general es muy necesaria como medida de protección del laboratorio.
- La correcta disposición del cableado desde el tablero de distribución a cada mesa de trabajo, debe ser independiente para cada mesa, lo que reduciría la temperatura de los mismos.
- Disminuir la exposición del cableado de equipos de computación con cintas auto enrollables.
- Las ampliaciones de nuevas estaciones se deben realizar de acuerdo a la disposición del espacio que ofrece el Laboratorio de Control y Análisis Instrumental.
- Disponer de luces piloto que indiquen tanto la energización de las mesas, como su desactivación.
- Realizar mantenimiento preventivo cada seis meses, para mantener el equipo en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Revisar continuamente el funcionamiento de los contactores, ya que los mismos fueron donados por el laboratorio de neumática y se nos advirtió que no eran nuevos.

5 Bibliografía

- © Schneider Electric España, S.A. (19 de Marzo de 2008). *Guía de diseño de instalaciones eléctricas*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2016, de http://www.schneider-electric.com.co/documents/News/automation-control/Guia_de_%20diseno_de_instalaciones_electricas_2010.pdf
- Abaconsultores. (2014). *Conductores Electricos*. Obtenido de <https://www.abaconsultores.com.mx/2016/03/15/conductores-el%C3%A9ctricos/>
- Acomee distribuidor eléctrico. (2017). Obtenido de <https://www.ecomee.com.mx/INTERRUPTOR%20TERMOMAGNETICO.pdf>
- Akavideos. (18 de 05 de 2017). Obtenido de https://www.akavideos.com/watch?v=V5BS_MiBaEE
- Área Tecnológica. (19 de 11 de 2017). www.areatecnologia.com/baterias-y-acumuladores.htm. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/baterias-y-acumuladores.htm>
- CEN INEN. (21 de Marzo de 2001). Recuperado el 16 de Diciembre de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.19.2.2001.pdf>
- CODIGO ELECTRICO NACIONAL INEN. (21 de Marzo de 2001). Recuperado el 16 de Diciembre de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.19.2.2001.pdf>
- Colmenar, A. (2012). *Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión*. RA-MA.
- Cortez, A. (2010). *Manual de Control*. Quito.
- Directindustry. (2009). *Productos de Medición*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/ime-spa/product-14561-623296.html>
- EEQ Parte A; Guía para diseño de redes de distribución. (2009). *Normas para sistemas de Distribución*. Obtenido de www.eeq.gov.ec
- Electromars. (2012). Obtenido de <http://electromars.wobiz.cl/>
- fen.upc. (22 de 05 de 2017). Obtenido de <http://www.fen.upc.es/wfib/virtualab/marco/conocimi.htm>
- Harper. (1990). *Fundamentos de Electricidad, Dispositivos y circuitos en corriente continua*. México: Limusa.
- Harper, E. (1998). En *El ABC de las Instalaciones Electricas* (págs. 141-149). Mexico: LIMUSA S.A.
- Harper, I. G. (1993). *Guia práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas*. Mexico: LIMUSA.
- Harper, I. G. (2002). *Guia práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas*. Mexico: LIMUSA.
- Harper, I. G. (2002). *Guia práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas*. . Mexico: LIMUSA.
- Hentel. (2007). *Conectividad*. Obtenido de <http://www.hentel.com.ec/index.php/conectividad>
- Inelmantenimientos. (30 de 05 de 2017). *Caidas de Tensión*. Obtenido de <http://www.inelmantenimientos.es/es/noticias-detalle/que-es-la-caida-de-tension/>
- Ingemecánica. (2013). *Cálculo de una Instalación*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn207.html>

- Ingmecafenix. (2010). *Electricidad Industrial*. Obtenido de <http://www.ingmecafenix.com/category/electricidad-industrial/control/>
- Insulators. (2006). *Prodcutos Electricos*. Obtenido de http://es.made-in-china.com/co_cnsuntree/product_Electrical-Standoff-Insulator-Busbar-Insulators-Sm-Seires_ehrnusurg.html
- Maldonado, A. (2003). *Tecnología Eléctrica*. Quito.
- Manual Schneider Electric. (2008). *Guía de diseño de instalaciones eléctricas*. Obtenido de http://www.schneider-electric.com.co/documents/News/automation-control/Guia_de_%20diseno_de_instalaciones_electricas_2010.pdf
- Mileaf, H. (1979). *Electricidad*. México: Limusa.
- NEC, C. 1. (2011). Normas Ecuatorianas de la Construcción. *Electromecánicas, Instalaciones*.
- Pentair. (17 de 08 de 2017). Obtenido de www.erico.pentair.com
- Picclick. (2011). *Pines Interruptor*. Obtenido de <https://picclick.es/AC-250V-5A-SPDT-5-Pines-Interruptor-de-262701832138.html>
- Quispe, J. (2014). *Partes de una instalación eléctrica*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/juanquispe/tema-3-partes-de-una-instalacion-electrica>
- Richter, P. (1972). *Manual práctico de Instalaciones Eléctricas*. España: McGraw Hill Book Company.
- Rmsaudio. (21 de 05 de 2017). Obtenido de <http://rmsaudio.es/node/62>
- RTE INEN, 0. (2008). *INEN; Eficiencia Energética. Lámparas Fluorescentes compactas. Rango de desempeño energético y etiquetado*.
- Sanabria, L. (2015). *Análisis de Potencia Reactiva*. Mexico: Limusa.
- Ulum. (19 de 05 de 2017). Obtenido de <http://ulum.es/si-te-gustan-los-rayos-catatumbo-es-tu-lugar/>
- Valkenburgh, V. (1983). *Libro Electricidad Básica*. México DF: Compañía Editorial Continental.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. México: Pearson education.

-ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: TABLAS AMERICAN WIRE GAGE	99
ANEXO 2: CAPACIDAD AMPERIMETRICA DE BARRAS DE COBRE	100
ANEXO 3 : AISLADORES	101
ANEXO 4: PRESUPUESTO.....	102
ANEXO 5: FORMATOS DE PRUEBAS	105
ANEXO 6 : MANUAL DE USUARIO.....	114

ANEXOS



ANEXO 1: TABLAS AMERICAN WIRE GAGE

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	55	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	60
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	280	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	360	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1108	406	260
250	126.7	37	2.05	13.25	2.4	18.3	1289	457	280
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.8	1768	560	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	428

(*) NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO / TEMPERATURA AMBIENTE 30°C

ANEXO 2: CAPACIDAD AMPERIMETRICA DE BARRAS DE COBRE

CAPACIDAD AMPERIMETRICA DE BARRAJES RECTANGULARES DE COBRE PARA ARMARIOS ELECTRICOS

ANCHO X ESPESOR	AREA mm ²	PESEO kg/m	CORRIENTE ALTERNIA 50Hz BARRAS				CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO			
			PINTADA		DESNUDA					
			1	2	1	2	I ₁	W ₁	I ₂	W ₂
			I	II	I	II	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²
12 x 2	23.5	0.209	123	232	108	182	0.0289	0.0480	0.006800	0.00800
15 x 2	29.5	0.262	148	240	128	212	0.0363	0.0750	0.009100	0.009100
15 x 3	44.5	0.386	187	316	162	282	0.0544	0.113	0.00988	0.0225
20 x 2	39.5	0.351	189	302	162	264	0.133	0.133	0.009133	0.0133
20 x 3	59.5	0.529	237	394	204	348	0.200	0.200	0.00450	0.0300
20 x 5	99.1	0.882	319	560	274	500	0.333	0.333	0.0208	0.0833
20 x 10	199	1.77	497	924	427	825	0.667	0.667	0.167	0.333
25 x 3	74.5	0.663	287	470	245	412	0.391	0.313	0.00563	0.0375
25 x 5	124	1.11	384	662	327	586	0.651	0.521	0.0260	0.104
30 x 3	89.5	0.796	337	544	285	479	0.675	0.450	0.00675	0.0450
30 x 5	149	1.33	447	760	379	672	1.13	0.750	0.0313	0.125
30 x 10	299	2.66	676	1200	573	1060	2.25	1.50	0.250	0.500
40 x 3	119	1.06	435	692	366	600	1.60	0.800	0.00900	0.0600
40 x 5	199	1.77	573	952	482	836	2.67	1.33	0.0417	0.167
40 x 10	399	3.55	850	1470	715	1290	5.33	2.67	0.333	0.667
50 x 5	249	2.22	697	1140	583	994	5.21	2.08	0.0521	0.208
50 x 10	499	4.44	1020	1720	852	1510	10.4	4.17	0.417	0.833
60 x 5	299	2.66	826	1330	688	1150	9.00	3.00	0.0625	0.250
60 x 10	599	5.33	1180	1960	985	1720	18.00	6.00	0.500	1.00
80 x 5	399	3.55	1070	1680	885	1450	21.3	5.33	0.0533	0.33
80 x 10	799	7.11	1500	2410	1240	2110	42.7	10.7	0.667	1.33
100 x 5	499	4.44	1300	2010	1080	1730	41.7	8.33	0.104	0.417
100 x 10	999	8.89	1810	2850	1490	2480	83.3	16.66	0.833	1.67
120 x 10	1200	10.7	2110	3280	1740	2850	144	23.9	1.00	2.00
160 x 10	1600	14.2	2700	4130	2220	3590	341	42.7	1.33	2.67
200 x 10	2000	17.8	3290	4870	2690	4310	667	66.7	1.67	3.33

NOTAS:

- 1.- Esta tabla corresponde a la Norma DIN 46433, el tipo de cobre utilizado es E-Cu-F30, está basado en una temperatura ambiente de 35°C y una temperatura de la barra de 65°C. Su instalación es interior basada en una densidad de corriente aproximadamente 1000 A/pulg².
- 2.- Las barras se pintaran con el siguiente código de colores: Fase R- Rojo, Fase S- Negro, Fase T- Azul, Neutro N- Blanco, Tierra -Verde, según el Código Nacional de Electricidad vigente.
- 3.- Cuando se perforen las barras de sujeción, el área de perforación se tendrá en cuenta para incrementar la dimensión de la barra y así mantener la densidad de corriente.

Aisladores Baja Tensión Espaciadores y accesorios

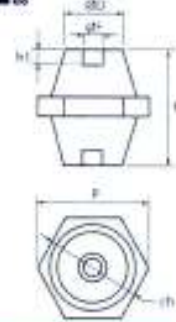
Aisladores Baja Tensión ISO-TP



- Temperatura de trabajo: de -40°C a +130°C
- Nuevo aislante. Material de poliamida reforzada con fibra de vidrio
- Libres de halógenos
- Insertos de acero galvanizado, métrica según normas ISO
- Excelente estabilidad de parámetros eléctricos y mecánicos
- Auto-extinguible UL® 94 V0

Código	Descripción	Características dimensionales						Tensión nominal		Características mecánicas		Peso (kg)	
		H mm	Ø mm	Ø1 mm	H mm	Ø2 mm	F mm	Aislamiento - V	Conductividad - V	Tensión (kN)	Tensión (kN)		
S48400	ISO TP 120M4	15	14	M4 X 3,7	4	11	15	500	500	150	120	50	0,085
S48410	ISO TP 120M4	15	17	M4 X 3,7	4	11	20	1000	1000	150	120	50	0,088
S48420	ISO TP 120M6	20	17	M6 X 3,7	4	15	20	1000	1000	150	120	50	0,094
S48430	ISO TP 120M6	25	19	M6 X 3,7	4	19	20	1000	1000	200	160	50	0,094
S48440	ISO TP 120M6	25	18	M6 X 3,7	4	18	20	1000	1000	200	160	50	0,094
S48450	ISO TP 120M8	30	18	M8 X 3,7	4	20	24	1000	1000	200	160	50	0,094
S48460	ISO TP 120M8	30	18	M8 X 3,7	4	20	24	1000	1000	200	160	50	0,094
S48470	ISO TP 120M8	35	21	M8 X 3,7	4	24	24	1000	1000	200	160	50	0,094
S48480	ISO TP 120M8	35	21	M8 X 3,7	4	24	24	1000	1000	200	160	50	0,094
S48490	ISO TP 120M10	35	21	M10 X 1,5	11	24	24	1000	1000	200	160	50	0,094
S48500	ISO TP 40M6	40	44	M6 X 1	8	40	35	1000	1000	1000	800	25	0,224
S48510	ISO TP 40M6	40	44	M6 X 1,25	8	40	35	1000	1000	1000	800	25	0,224
S48520	ISO TP 40M10	40	44	M10 X 1,5	11	40	35	1000	1000	1000	800	25	0,224
S48530	ISO TP 40M12	40	44	M12 X 1,75	14,5	40	35	1000	1000	1000	800	25	0,224
S48540	ISO TP 45M6	45	47	M6 X 1	8	45	41	1000	1000	1000	800	25	0,224
S48550	ISO TP 45M6	45	47	M6 X 1,25	8	45	41	1000	1000	1000	800	25	0,224
S48560	ISO TP 45M10	45	47	M10 X 1,5	11	45	41	1000	1000	1000	800	25	0,224
S48570	ISO TP 50M6	50	50	M6 X 1	8	47	37	1000	1000	2000	1000	25	0,252
S48580	ISO TP 50M6	50	50	M6 X 1,25	8	47	37	1000	1000	2000	1000	25	0,252
S48590	ISO TP 50M10	50	50	M10 X 1,5	11	47	37	1000	1000	2000	1000	25	0,252
S48600	ISO TP 50M12	50	50	M12 X 1,75	14,5	47	37	1000	1000	2000	1000	25	0,252
S48610	ISO TP 60M8	60	55	M8 X 1,25	11	44	41	1000	1000	2000	1000	25	0,280
S48620	ISO TP 60M10	60	55	M10 X 1,5	11	44	41	1000	1000	2000	1000	25	0,280
S48630	ISO TP 60M15	60	55	M15 X 1,75	14,5	44	41	1000	1000	2000	1000	25	0,280
S48640	ISO TP 70M10	70	65	M10 X 1,5	11	52	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48650	ISO TP 70M12	70	65	M12 X 1,75	14,5	52	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48660	ISO TP 70M15	70	65	M15 X 2	17,5	52	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48670	ISO TP 70M15	75	65	M15 X 2	17,5	52	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48680	ISO TP 70M15	75	65	M15 X 2,5	14	51	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48690	ISO TP 80M15	80	65	M15 X 2	17,5	52	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48700	ISO TP 80M15	80	65	M15 X 2	17,5	52	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48710	ISO TP 80M15	80	65	M15 X 2,5	14	44	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48720	ISO TP 100M12	100	65	M12 X 1,75	14	44	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400
S48730	ISO TP 100M12	100	65	M12 X 1,75	14	44	43	1000	1000	2000	1000	10	0,400

- Conformidad CE
- Conformidad RoHS 2002/95/EC
- Conformes a la CEI
- Reconocido UL en fichero E125470 y validado para su uso en voltajes de calificación 1500 VAC/VDC



Bajo pedido:
 • Otras dimensiones
 • Insertos de latón

ISOBOLT

Kits de montaje de aisladores

- Completo con esparrago, arandela de contacto, arandela de presión y tuerca
- Métrica ISO®
- Acero tratado



Código	Descripción	Rosa métrica	Longitud mm	Peso (kg)	Peso (kg)
552280	ISOBOLT 25 M6	M6	25	21	0,095
552220	ISOBOLT 30 M8	M8	30	21	0,077

ANEXO 4: PRESUPUESTO

Proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE MÓDULOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN EN LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	PRECIO C/U	PRECIO TOTAL
1	Breaker Termo magnético Caja Moldeada 3x40 A	1	u	57,91	57,91
2	Cable Superflex 4x8 AWG	5	m	5,36	26,8
3	canaleta 40x25 2mts Dexon	1	u	6,31	6,31
4	Canaleta 60x40 2mts Dexon	3	u	10,05	30,15
5	Cinta Aislante colores	2	u	1,16	2,32
6	Angulo externo 60x40 Dexon	2	u	1,9	3,8
7	Angulo T 60x40 Dexon	1	u	3,26	3,26
8	Cable Solido #10 Awg	100	m	0,5018	50,18
9	Breaker Riel 1px16	2	u	3,31	6,62
10	Breaker riel 3px16	4	u	11,35	45,4
11	canaleta 20x10 2mts	3	u	1	3
12	canaleta 25x15 2mts	3	u	2,6	7,8
13	pernos con tuercas 5 mm	15	u	0,15	2,25
14	Gabinete metálico 100x60x25	1	u		
15	aisladores para barra 25mm	8	u		
16	barras con 8 huecos identificados	5	u		
17	riel din de 50cm	1	u		
18	Z de 18cm para la mica	4	u		149,12
19	terminales ojo 14-16	43	u	0,2	8,6

20	cinta tenflex	2	u		4,65
21	terminal ojo 10-12	22	u	0,1	2,2
22	terminal talon #6 AWG	10	u	0,42	4,2
23	pernos tropicalizados	10	u	0,36	3,6
24	corte acrílico 0,33x0,46	1	u	3,85	3,85
25	letrero riesgo eléctrico	1	u	2,62	2,62
26	Rodela presión	5	u	0,026	0,13
27	Taco fisher F10	4	u	0,043	0,172
28	Taco F6 con tornillo	5	u	0,31	1,55
29	Tifón para madera	4	u	0,078	0,312
30	Angulares esquinas	2	u	2,36	4,72
31	Broca metal	1	u	4,06	4,06
32	Cinta Masquin multiuso	1	u	2,15	2,15
33	pernos	4	u	0,92	3,68
34	vinil transparente y de corte	1	u	7	7
35	cable #8	11	u	1,05	11,55
36	amperímetros	4	u	10	40
37	Voltímetro	1	u	12	12
38	aisladores para barra 25mm	2	u	1,1	2,2
39	riel omega	1	u	4,12	4,12
40	pulsador hongo	4	u	2,85	11,4
41	pulsador marcha	4	u	1,95	7,8
42	terminal U 10-12	1	u	7,9	7,9
43	cajetín blanco Dexon	4	u	1,99	7,96
44	toma doble 15 A	4	u	1,15	4,6


45	placa doble blanca	4	u	0,48	1,92
46	terminal compresión 8awg ojo	20	u	0,2	4
47	canaleta de piso 60x13	9	u	8,6	77,4
48	cable #10	8	m	0,85	6,8
49	cable #14	14	m	0,4	5,6
50	cable#14	25	m	0,4	10
51	cable#10	10	m	0,85	8,5
52	amarres 20cm	20	u	0,05	1
53	amarres 10cm	20	u	0,03	0,6
54	Cable#12	100	m	0,8	80
55	Cable#14	100	m	0,6	60
56	Cable #10	50	m	0,9	45
				Subtotal 1	858,764

Recursos Humanos

Mano de obra por diseño. (1 mes, 6 horas diarias)	360
Mano de obra por construcción. (4 meses, 6 horas diarias)	1440
	Subtotal 2
	1800

Total = Costos Subtotal 1 + Subtotal 2	2658,76
--	----------------

ANEXO 5: FORMATOS DE PRUEBAS

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS	 ESFOT ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS
PROTOCOLO DE PRUEBAS	

FECHA:	
REALIZADO:	

HORA:	15:30 pm
RESPONSABLE:	Ing. Pablo Proaño

PRUEBA:	Prueba sin carga. Medición de caídas de voltaje en las acometidas instaladas.
----------------	--

ACOMETIDA PRINCIPAL

PUNTO PARTIDA

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

ACOMETIDA PRINCIPAL

LLEGADA TABLERO TDP

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

ACOMETIDA TDP - MESA 1

SALIDA TDP - K 1

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V

ACOMETIDA TDP - MESA1

LLEGADA MESA 1

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V

F2 + F3		V
---------	--	---

F2 + F3		V
---------	--	---

ACOMETIDA TDP - MESA 2

ACOMETIDA TDP - MESA 2

SALIDA TDP - K 2

LLEGADA MESA 2

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

ACOMETIDA TDP - MESA 3

ACOMETIDA TDP - MESA 3

SALIDA TDP - K 3

LLEGADA MESA 3

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

ACOMETIDA TDP - MESA 4

ACOMETIDA TDP - MESA 4

SALIDA TDP - K 4

LLEGADA MESA 4

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

_____	_____	_____
FIRMA RESPONSABLE	FIRMA ESTUDIANTE 1	FIRMA ESTUDIANTE 2
NOMBRE: Ing. Pablo Proaño	NOMBRE: Dennys Cabrera	NOMBRE: Roberto Durán
CI.:	CI.:	CI.:

TECNÓLOGOS	
PROTOCOLO DE PRUEBAS	

FECHA:		HORA:	15:45 pm
REALIZADO:		RESPONSABLE:	Ing. Pablo Proaño

PRUEBA:	Prueba con carga. Medición de amperajes y voltajes con carga (Compresor 1 HP + motor 0,75 HP).
----------------	---

MESA 1

	Funciona	No Funciona	Observación
Marcha			
Paro			

MESA 2

	Funciona	No Funciona	Observación
Marcha			
Paro			

MESA 3

	Funciona	No Funciona	Observación
Marcha			
Paro			

MESA 4

	Funciona	No Funciona	Observación
Marcha			
Paro			

CORRIENTE ACOMETIDA (Amp)

FASE 1		Amp
FASE 2		Amp
FASE 3		Amp

VOLTAJE ACOMETIDA V

F1 + N		V
F2 + N		V
F3 + N		V
F1 + F2		V
F1 + F3		V
F2 + F3		V

MESA 3 (Motor 0,75 HP)

Voltaje mínimo y máximo	Sin Carga	Con Carga	
Vmin			
Vmax			

MESA 2 (Compresor 1 HP (10A))

Voltaje mínimo y máximo	Sin Carga	Con Carga	
Vmin			
Vmax			

Vrms =

<hr/>		
FIRMA RESPONSABLE	FIRMA ESTUDIANTE 1	FIRMA ESTUDIANTE 2
NOMBRE: Ing. Pablo Proaño	NOMBRE: Dennys Cabrera Godoy	NOMBRE: Roberto Durán
CI.:	CI.:	CI.:

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE
TECNÓLOGOS**

PROTOCOLO DE PRUEBAS



FECHA:	
REALIZADO:	

HORA:	
RESPONSABLE:	Ing. Pablo Proaño

PRUEBA:	Pruebas de Cortocircuito.
----------------	---------------------------

BREAKER PRINCIPAL 3PX40 (CAJA MOLDEADA)

Cortocircuito

	Funciona	No Funciona	Observación
F1+F2			

BREAKER 1PX16 TOMACORRIENTES M1 Y M2

Cortocircuito

	Funciona	No Funciona	Observación
F3 + N			

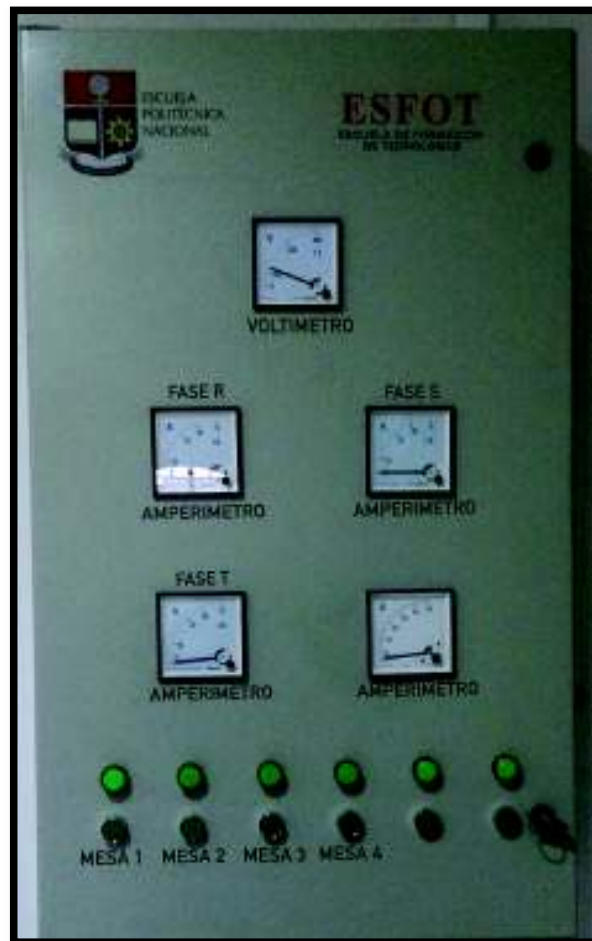
BREAKER 1PX16 TOMACORRIENTES M3 Y M4

Cortocircuito

	Funciona	No Funciona	Observación
F2 + N			

_____	_____	_____
FIRMA RESPONSABLE	FIRMA ESTUDIANTE 1	FIRMA ESTUDIANTE 2
NOMBRE: Ing. Pablo Proaño	NOMBRE: Dennys Cabrera Godoy	NOMBRE: Roberto Durán
Cl.:	Cl.:	Cl.:

ANEXO 6 : MANUAL DE USUARIO



ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PARA
LA PROTECCIÓN DE MÓDULOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN EN
LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

Elaborado por:		

Dennys Godoy	Ricardo	Cabrera

Roberto Javier Durán Benítez		

REGISTRO DE CAMBIOS

Rev. Nº	Fecha	Descripción	Revisó (Iniciales y firma)	Aprobó (Iniciales y firma)	Versión

Tabla de Contenido

Introducción	117
A. Alimentación del tablero de distribución	117
B. Tablero de Distribución	118
B.1 Luces Piloto	119
B.2 Pulsador de Marcha.....	119
B.3 Amperímetros y Voltímetro	119
C. Identificación del sistema de control	120
C.1 Ubicación de contactores.....	121
C.2 Pulsadores de Marcha	121
C.3 Pulsadores de Emergencia.....	121
C.4 Diagrama Unifilar de Circuito de Control.....	122
D. Identificación de circuito de fuerza	124
D.1 Circuitos derivados de mesas de trabajo	124
D.2 Breakers externos de cada estación de trabajo 16 A.....	124
D.3 Diagrama de circuito de fuerza	124
E. Operación del tablero de distribución de Laboratorio de Control	126
E.1 Condiciones iniciales de funcionamiento:	126
E.2 Funcionamiento.....	126
F. Seguridad	128
G. Limpieza y mantenimiento	129
H. Problemas comunes de funcionamiento	131

Introducción

Este manual de usuario, tiene como objetivo indicar al operador la forma de maniobrar el tablero de distribución del laboratorio de control, el mismo que suministra energía eléctrica a 4 mesas de trabajo. Además, se indica las instrucciones a seguir para la puesta en marcha y emergencia implementado a cada mesa de trabajo.

A. Alimentación del tablero de distribución

El tablero de distribución está ubicado a un metro de altura y 80 cm de la puerta de ingreso del Laboratorio de Control, el cual tiene una alimentación trifásica (220 VAC) conformada por tres fases (R-S-T), además, de un neutro (N) y una puesta a tierra. En el interior del tablero se encuentra la protección que se indica en la Figura A6.1. El cual tiene que ser accionado para la puesta en marcha del sistema.

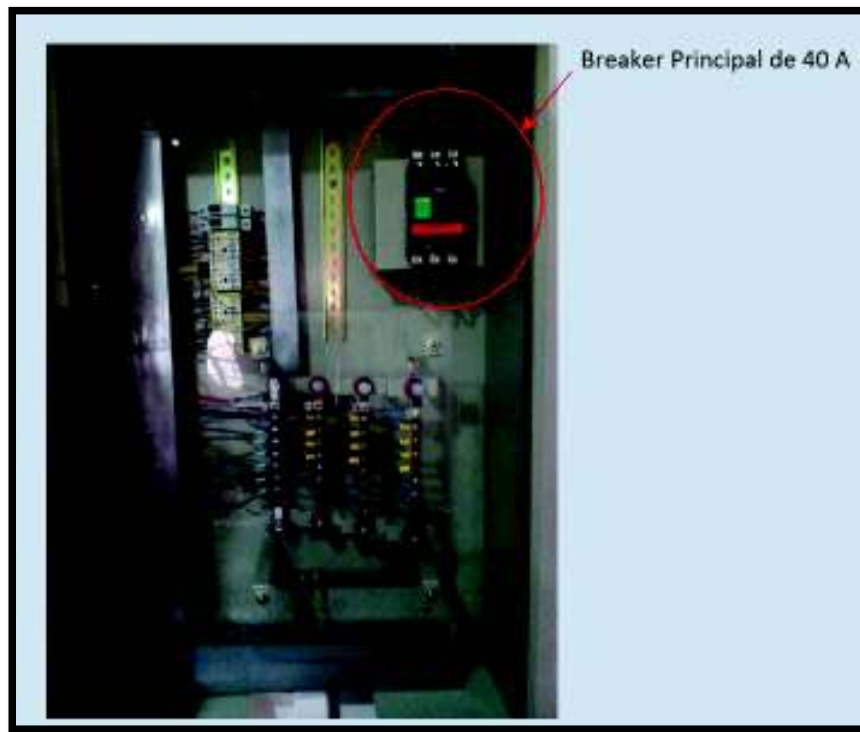


Figura A6.1 Alimentación y protección del tablero de distribución.

B. Tablero de Distribución

En la parte exterior del tablero están ubicados los pulsadores de marcha, instrumentos de medición y las luces piloto. Figura A6.2.

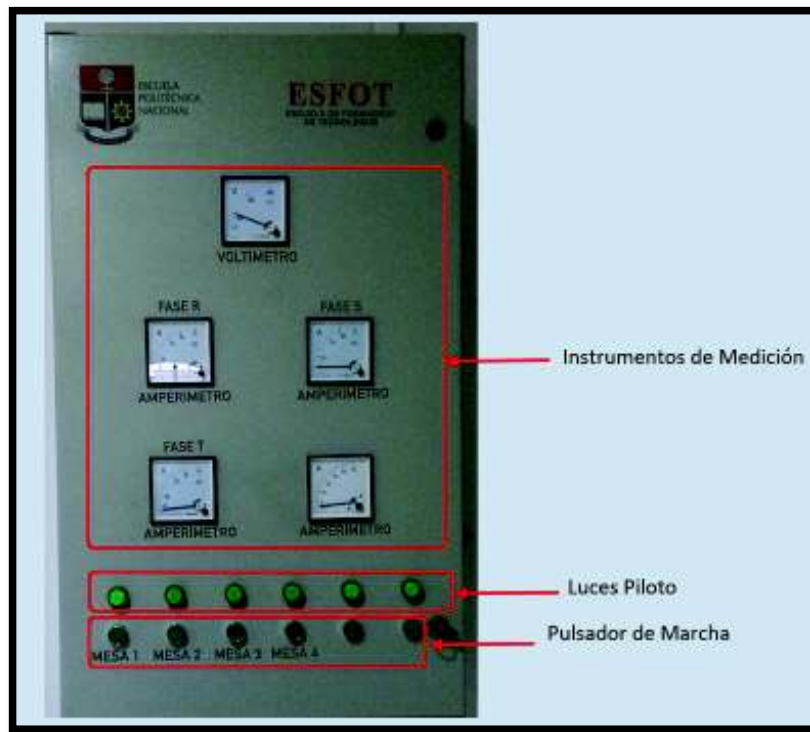


Figura A6.2. Componentes del tablero de distribución (Externamente)

B.1 Luces Piloto

El encendido de las luces piloto indica que la mesa correspondiente a cada pulsador esta energizada, caso contrario si está apagada indica que la mesa se encuentra sin energía.

B.2 Pulsador de Marcha

Pulsador que activa la alimentación de la mesa correspondiente a la señalética.

B.3 Amperímetros y Voltímetro

Indican la circulación de corriente por cada una de las fases de la alimentación principal del tablero de distribución.

A continuación, se detallan los componentes ubicados dentro del tablero de control internamente (Ver Figura A6.3)

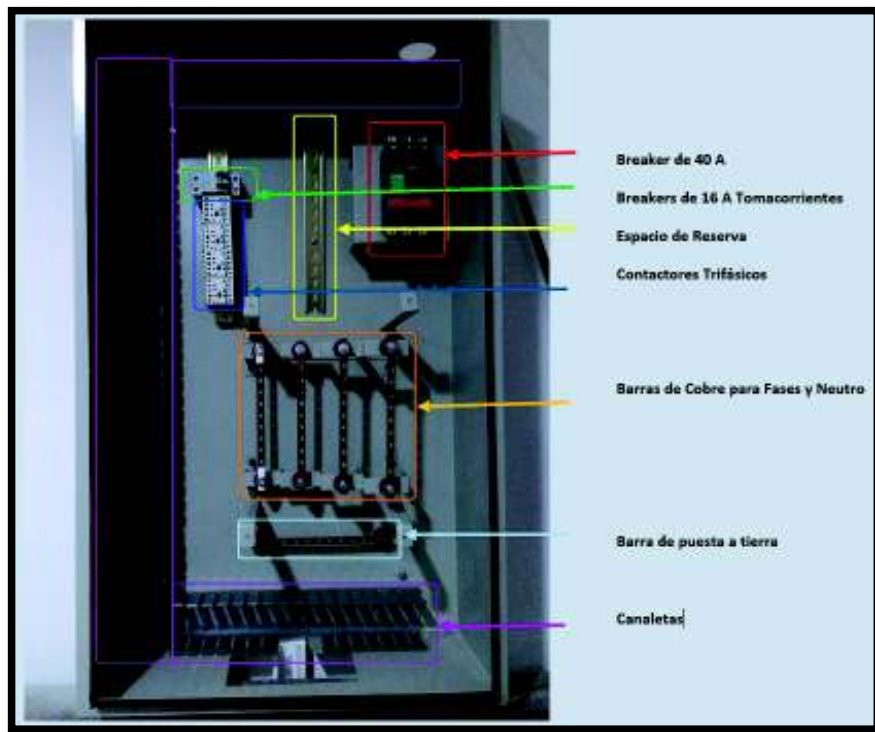


Figura A6.3. Componentes del tablero de distribución (Internamente)

Breaker de 40 A: Protección del tablero de distribución.

Breakers de 16 A: Protección de circuitos de tomacorrientes.

Contactores: Elemento utilizado como protección para circuito de fuerza.

Barras de fases y neutro: Barras de cobre utilizadas para la distribución de circuitos derivados de cada mesa de trabajo.

Barra de puesta a tierra: Punto de conexión puesta a tierra

Canaletas: Utilizadas como medio de protección para el cableado del tablero de distribución.

Reserva: Espacio para futuras ampliaciones de tablero de distribución.

C. Identificación del sistema de control.

El sistema de control para la activación y desactivación de energía, de cada mesa de trabajo, está diseñado por cuatro contactores, 4 pulsadores de emergencia y 4 pulsadores de marcha.

C.1 Ubicación de contactores

En la figura A6.4 se muestra los contactores utilizados en el tablero de distribución del Laboratorio de Control.

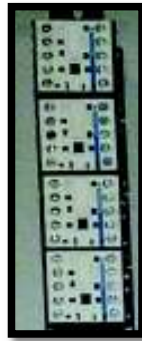


Figura A6.4. Contactores de mesas de trabajo

C.2 Pulsadores de Marcha

Dispositivos usados para energizar las mesas de trabajo del laboratorio de control, los mismos se muestran en la figura A6.5



Figura A6.5. Pulsadores de Marcha ubicados en la parte inferior del tablero (exterior)

C.3 Pulsadores de Emergencia

Dispositivos que sirven para quitar la energía eléctrica de la mesa de control. Está ubicada en cada estación de trabajo, como se indica en la figura A6.6.



Figura A6.6. Pulsadores de Emergencia de mesa uno

C.4 Diagrama de Circuito de Control

El diseño responde a la conexión o desconexión de la energía en cada mesa de trabajo, por medio de pulsadores de marcha así como pulsadores de emergencia. El funcionamiento se lo puede visualizar a través de las luces piloto las cuales se encienden cuando la mesa esta activada, y se mantienen apagadas si no hay conexión eléctrica a la mesa de trabajo. Esto se lo realizo como medida de seguridad para las personas que van a manipular estas estaciones de trabajo, debido a que al tratarse de un laboratorio están expuestos a todo tipo de resultados. El diagrama del circuito de control se muestra en la figura A6.7

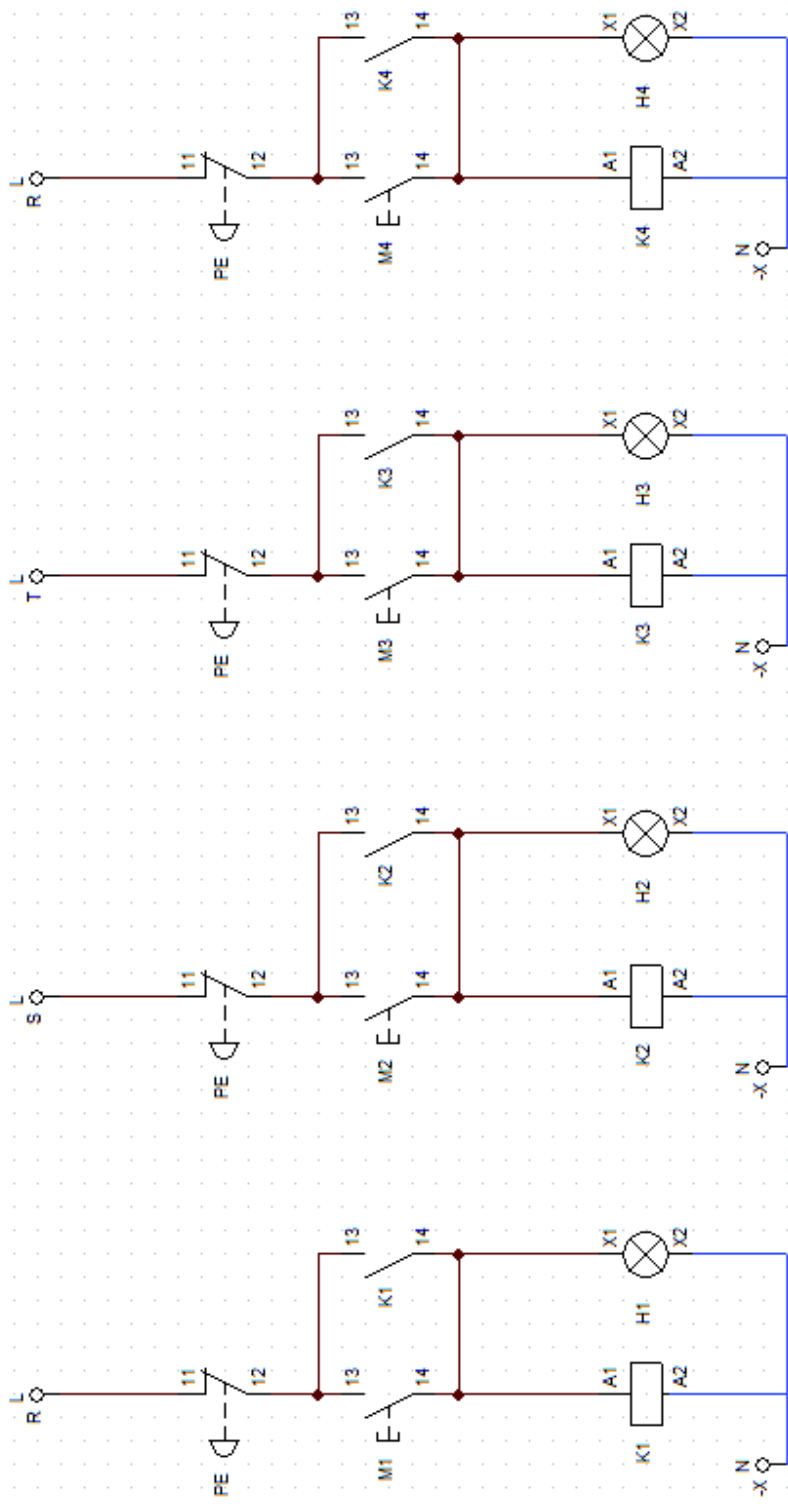


Figura A6.7. Diagrama de Circuito de Control.

D. Identificación de circuito de fuerza.

El circuito de fuerza está formado por los alimentadores derivados, contactos principales de los contactores y barras de cobre, los mismos se escogieron de acuerdo a la disposición de los agujeros en las barras respectivamente.

D.1 Circuitos derivados de mesas de trabajo

Los circuitos están dispuestos desde las barras de las fases como se indica su distribución en la figura A6.8

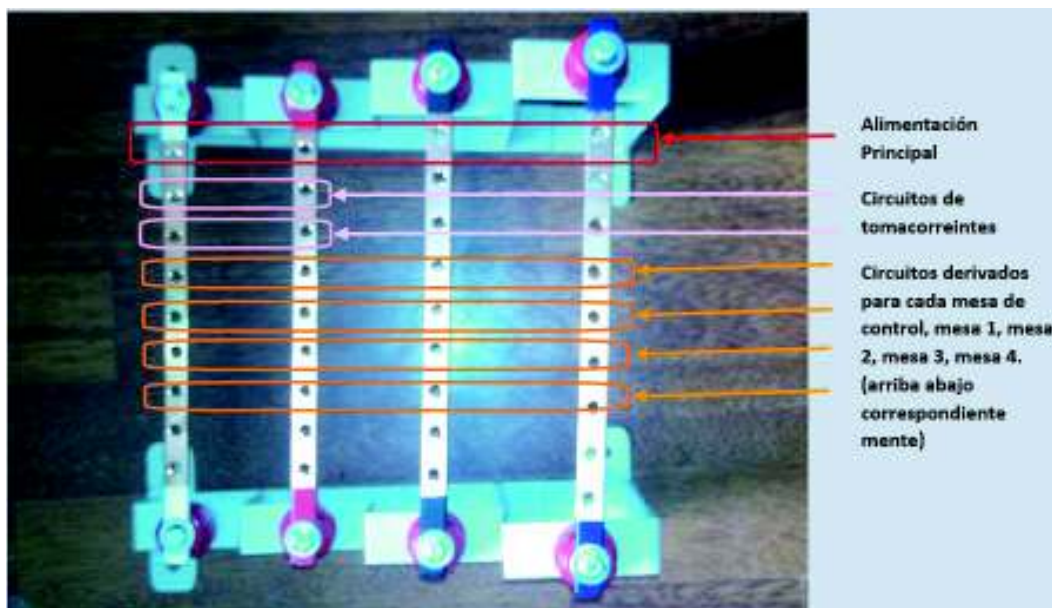


Figura A6.8. Disposición de Alimentación Principal y Circuitos Derivados

D.2 Breakers externos de cada estación de trabajo 16 A

Dispositivos de protección para cada mesa de trabajo, permiten la conexión o desconexión de los circuitos puestos en práctica.

D.3 Diagrama de circuito de fuerza

El diseño responde a la desconexión o conexión de la energía al breaker ubicado en cada mesa de trabajo, el mismo se detalla en la figura A6.9

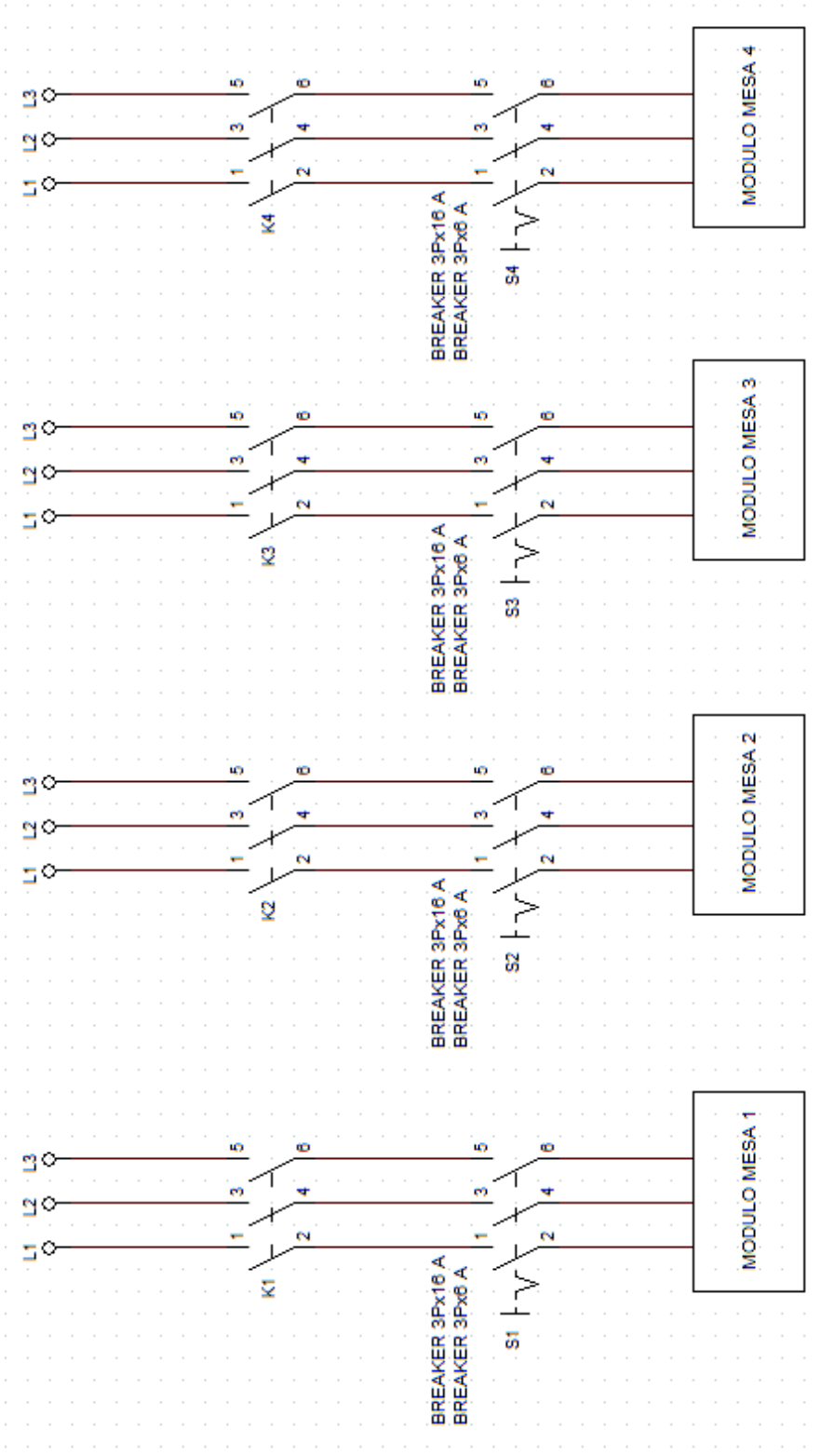


Figura A6.9. Diagrama de Circuito de Fuerza.

C. Operación del tablero de distribución de Laboratorio de Control

- Tener en cuenta:
- El breaker principal esta generalmente conectado directamente, su desconexión es manual.
- La energización de cada mesa es independiente, así como la desconexión
- La puesta a tierra está conectada directamente del sub tablero de alimentación.
- Las mesas de trabajo cuentan con protecciones del tipo termo magnético.
- Los circuitos de tomacorrientes son independientes cada dos mesas.
- La energización de cada mesa se visualiza por medio de una luz piloto, ubicada en la parte superior de cada pulsador de marcha respectivamente.

C.1 Condiciones iniciales de funcionamiento:

- Antes de encender la máquina se debe asegurar que:
- No existan conexiones en las mesas de trabajo
- Los circuitos de tomacorrientes están conectados directamente por protecciones.
- La alimentación principal está conectada a través de un breaker de 50 Amperios, en el tablero principal, el mismo tiene que estar activado.

C.2 Funcionamiento.

A continuación, se indica los pasos a seguir para el funcionamiento del tablero de distribución del laboratorio de control.

- I. Verificar que el disyuntor de 65 A este activado en el tablero principal, el que se muestra en el recuadro naranja de la Figura A6.10.

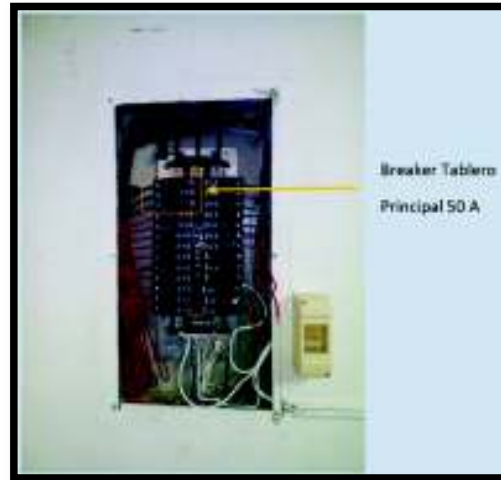


Figura A6.10. Tablero Principal

- II. Activar breaker principal de tablero de distribución de laboratorio de control.(ver Figura A6.11).

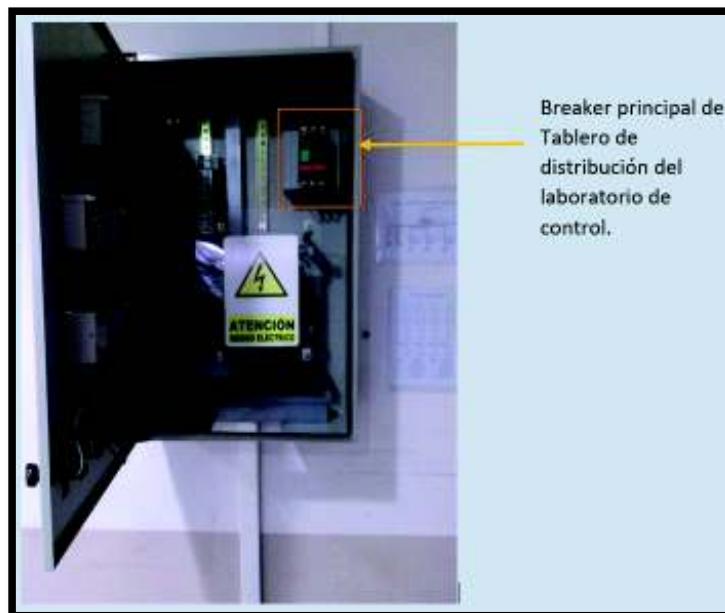


Figura A6.11. Breaker Principal de Tablero de distribución de Laboratorio de Control.

- III. La energización de cada una de las mesas se lo realiza a través de los pulsadores de marcha ubicados en la parte frontal del tablero, su activación se visualiza a través de una luz piloto ubicada en cada una de los pulsadores, respectivamente distribuidos de acuerdo a cada una de las mesas (ver Figura A6.12)



Figura A6.12. Energización de mesas de trabajo.

- IV. Para desactivar la energía eléctrica, cada una de las mesas de trabajo cuentan con un pulsador de emergencia, al ser accionado este desactiva la energía de la mesa independientemente de las otras mesas de trabajo.

D. Seguridad.

Para realizar cualquier operación dentro del tablero de distribución del laboratorio de control, ya sea:

- Cambiar de instrumentos.
- Cambiar alimentadores.
- Realizar algún trabajo de mantenimiento.

Se recomienda apagar por completo el tablero de distribución. Logrando así tener un área de trabajo segura, evitando posibles accidentes.

E. Limpieza y mantenimiento

- La limpieza como el mantenimiento del sistema es muy fácil y rápido que no necesita de algún tipo de capacitación para hacerlo, a continuación se presentan los pasos a seguir:
- Destapar el tablero de distribución con precaución para evitar que los elementos de instrumentos de medición se desconecten.
- Revisar e inspeccionar visualmente de una forma general las instalaciones eléctricas verificando que no exista alguna desviación de los conductores, asegurándose que su galga sea la adecuada según las normas.
- Limpiar o aspirar el polvo acumulado en el interior del tablero, en lo posible aplicar repetidas veces limpia contactos en spray hasta que quede su centro de carga totalmente limpio.
- Reapretar la tornillería ya que los mismos se aflojan porque la corriente que fluye por los conductores es alterna.
- Medición de resistencia de aislamiento con un mega óhmetro; consiguiendo un megado en los cables que comprueban el grado de deterioro del aislamiento.
- En el cableado eléctrico del laboratorio es preciso revisar el estado del cableado que se encuentra en las canaletas de piso, ya que son los más expuestos a golpes o deformaciones.
- El mantenimiento preventivo se recomienda realizarlo semestralmente, en las vacaciones de los estudiantes en el mes de marzo, de acuerdo al siguiente cronograma mostrado en la tabla A6.1

F. Problemas comunes de funcionamiento

Los problemas más comunes en el tablero de distribución se detallan en la tabla A6.2, son sencillos de solucionar siempre y cuando se tenga en stock los elementos propuestos.

Tabla A6.2 Problemas comunes de tablero de distribución.

CAUSA	ELEMENTO	ACCIÓN
Cortocircuito e interrupción de electricidad en tablero de distribución.	Breaker 3Px40 A	Desactivar y Activar mando mecánico.
Cortocircuito en alimentadores de mesas de trabajo.	Breaker 3Px16 A	Tener stock de breaker de 3Px16 A para su reemplazo.
Cortocircuito en tomacorrientes.	Breaker de 1Px16 A	Tener stock de breaker de 1Px16 A para su reemplazo.
Interrupción de electricidad en mesas de trabajo	Contactores de 20A	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar contactos correctamente ajustados. - Reemplazo de contactor.
No se energiza mesa de trabajo	Pulsador de Marcha	Tener en stock pulsador de marcha
No se desactiva energía de mesa de trabajo	Pulsador de Emergencia	Tener en stock pulsador de emergencia.