

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica**  
**Eléctrica y Mecatrónica**



**METODOLOGÍA PARA REALIZAR PRUEBAS ELÉCTRICAS EN SISTEMAS  
DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA**

Tesis presentada por el Bachiller:  
**Machaca Huarca, Leopoldo Víctor**  
Para optar el Título Profesional de:  
**Ingeniero Mecánico Electricista**

Asesor:  
**Dr. Rivera Acosta, Víctor Gonzalo**

**Arequipa – Perú**  
**2022**

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 10 de Agosto del 2022

**Dictamen: 006266-C-EPIMMEM-2022**

Visto el borrador del expediente 006266, presentado por:

**2010190111 - MACHACA HUARCA LEOPOLDO VICTOR**

Titulado:

**METODOLOGÍA PARA REALIZAR PRUEBAS ELÉCTRICAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN  
SECUNDARIA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**1470 - CASTILLO CACERES CESAR PIO  
DICTAMINADOR**



**2107 - CHANI OLLACHICA DEIDAMIA GIOVANNA  
DICTAMINADOR**



**2337 - CHIRINOS APAZA LUIS ADRIAN  
DICTAMINADOR**



## DEDICATORIA



**A Dios**, por su infinita bondad y amor, por haberme dado sabiduría para lograr mis metas.

**A mis Padres, hermanos y mi esposa**, por su paciencia y apoyo invaluable.

**A mi Hijo**, por ser el motivo de mi esfuerzo para seguir adelante.

**Leopoldo Víctor Machaca Huarca.**

## AGRADECIMIENTO



**A mis maestros**, de la EPIMMEM – UCSM, por sus enseñanzas.

**A mis compañeros de trabajo**, por sus aportes, colaboración y críticas constructivas.

**A todos mis ex compañeros**, de la EPIMMEM con quienes compartí los mejores momentos de mi vida estudiantil.

**Leopoldo Víctor Machaca Huarca**

## RESUMEN

Los sistemas de distribución forman una parte muy importante en los sistemas eléctricos, de acuerdo al último informe presentado por el Ministerio de Energía y Minas se tiene que en el sistema de Distribución de Energía Eléctrica Nacional Peruano a enero de 2020 se registraron aproximadamente 7,65 millones de clientes regulados y 2,22 miles de clientes libres.

Los clientes regulados son abastecidos por las redes de distribución, con valores de tensión normalizado de acuerdo al C.N.E., se puede entender claramente entonces la importancia de estos sistemas, tanto para su puesta en funcionamiento como el plan de mantenimiento óptimo y adecuado para mantener la continuidad del servicio, por lo cual en este trabajo de investigación se plantea presentar una Guía metodológica para la realización de pruebas eléctricas en sistemas de distribución secundaria y el diseño preliminar de un módulo de redes de distribución secundario para realizar pruebas en funcionamiento normal y en condición de fallas, lo cual constituye un gran aporte a los conocimientos del área de las instalaciones eléctricas para los alumnos de pregrado de nuestra Universidad.

Es importante no solo tener el conocimiento teórico sino la practica en el procedimiento realización de pruebas en estos sistemas de distribución los cuales forman parte importante de un sistema eléctrico.

### **Palabras claves:**

Redes de distribución, sistemas eléctricos, pruebas eléctricas.

## ABSTRACT

Distribution systems form a very important part of electrical systems, according to the latest report presented by the Ministry of Energy and Mines, in the Peruvian National Electric Power Distribution system as of January 2020, approximately 7.65 million regulated customers and 2.22 thousand free customers.

Regulated customers are supplied by distribution networks, with normalized voltage values according to the C.N.E., then the importance of these systems can be clearly understood, both for their start-up and the optimal and adequate maintenance plan to maintain continuity. of the service, for which in this research work it is proposed to present a Methodological Guide for carrying out electrical tests in secondary distribution systems and the preliminary design of a module of secondary distribution networks to carry out tests in normal operation and in condition of faults, which constitutes a great contribution to the knowledge of the area of electrical installations for undergraduate students of our University.

It is important not only to have the theoretical knowledge but also the practice in the testing procedure in these distribution systems, which are an important part of an electrical system.

### **Key words:**

Distribution networks, electrical systems, electrical tests.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	3
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Alcance del diseño.....	4
1.4. Justificación.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Sistema de Distribución Primaria y Secundaria.....	6
2.1.1. Sistema de Distribución Primario.....	9
2.1.2. Sistema de Distribución Secundaria.....	10
2.2. Subestación de Distribución.....	12
2.3. Equipos de Medición.....	13
2.3.1. Registrador analizador de calidad de potencia Ecamec PQ_500.....	13
2.3.2. Pinzas Amperimétricas.....	15
2.3.3. Comprobadores de Voltaje.....	16
2.3.4. Multímetros Digitales.....	17
2.3.5. Termómetros Infrarrojos.....	18

2.3.6.	Cámaras Termográficas .....	19
2.3.7.	Registadores de la calidad de la Energía .....	20
2.3.8.	Equipos Portátiles de la calidad de la Energía .....	21
2.3.9.	Equipos de medición y prueba de ScopeMeter .....	22
2.4.	Elementos de Protección en Redes de distribución Primaria y Secundaria .....	23
2.4.1.	Seccionador .....	23
2.4.2.	Fusibles tipo NH .....	24
2.4.3.	Interruptores automáticos .....	25
2.4.4.	Interruptores termomagnéticos .....	26
2.4.5.	Interruptores diferenciales .....	27
2.4.6.	Interruptores seccionadores .....	28
2.5.	Postes .....	28
2.5.1.	Empotramiento del Poste .....	31
2.5.2.	Tipos de Postes Eléctricos .....	31
2.6.	Conductores .....	34
2.6.1.	Elección y características del Conductor .....	36
2.6.2.	Cálculo de esfuerzo y flecha .....	36
2.7.	Tipos de Sistemas de Distribución Secundaria .....	37
2.7.1.	Tipos de Distribución Secundaria .....	37
2.7.2.	Redes de distribución secundaria .....	40
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>44</b>
3.	<b>METODOLOGÍA PARA LAS PRUEBAS ELÉCTRICAS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA .....</b>	<b>45</b>
3.1.	Pruebas eléctricas normalizadas .....	45
3.1.1.	En subestaciones eléctricas .....	47
3.1.2.	En el pararrayos .....	48

3.1.3.	En el sistema de puesta a tierra .....	48
3.1.4.	En las redes eléctricas del sistema de distribución secundario .....	48
3.1.5.	Alumbrado de vías publicas .....	49
3.2.	Sistemas de distribución secundaria, empresa concesionaria Arequipa SEAL .....	49
3.3.	Elaboración de la Guía metodológica de pruebas eléctricas en sistemas de distribución.....	50
3.4.	Cronograma de mantenimiento óptimo de los sistemas de distribución.....	59
3.4.1.	Análisis del aceite de los transformadores.....	59
3.4.2.	Mantenimiento y pruebas eléctricas de los transformadores de potencia....	60
3.4.3.	Mantenimiento preventivo de los sistemas de transmisión, que forman parte de la empresa concesionaria.....	61
CAPÍTULO IV .....		62
4.	PROCEDIMIENTO DE USO DE MÓDULO DIDÁCTICO DE ANÁLISIS DE FALLAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y PRESENTACIÓN DE GUÍAS .....	63
4.1.	Planteamiento del módulo.....	63
4.2.	Selección de componentes .....	64
4.2.1.	Transformador trifásico 380-220/380-220V/38-22V, de 5KVA.....	65
4.2.2.	Transformador de aislamiento monofásico 220/220V, de 1KVA .....	66
4.2.3.	Autotransformador de 220/110V de 1000VA.....	68
4.3.	Uso y calibración de instrumentos del módulo .....	69
4.3.1.	Voltímetro analógico 0-500V .....	69
4.3.2.	Analizador de redes trifásico .....	69
4.3.3.	Multímetro digital Marca KEWEISI Modelo KWS-300-100ª .....	72
4.3.4.	Maleta Omicron CPC100.....	73
4.4.	Guías de prácticas propuestas .....	74
4.4.1.	GUÍA DE LABORATORIO 1.....	74
4.4.2.	GUÍA DE LABORATORIO 2.....	74

4.4.3.	GUÍA DE LABORATORIO 3.....	74
4.4.4.	GUÍA DE LABORATORIO 4.....	75
4.4.5.	GUÍA DE LABORATORIO 5.....	75
4.4.6.	GUÍA DE LABORATORIO 6.....	75
4.4.7.	GUÍA DE LABORATORIO 7.....	76
4.4.8.	GUÍA DE LABORATORIO 8.....	76
4.4.9.	GUÍA DE LABORATORIO 09.....	76
4.4.10.	GUÍA DE LABORATORIO 10.....	76
4.4.11.	GUÍA DE LABORATORIO 11.....	77
4.4.12.	GUÍA DE LABORATORIO 12.....	77
4.4.13.	GUÍA DE LABORATORIO 1.....	77
4.4.14.	GUÍA DE LABORATORIO 2.....	81
4.4.15.	GUÍA DE LABORATORIO 4.....	84
4.4.16.	GUÍA DE LABORATORIO 5.....	87
4.4.17.	GUÍA DE LABORATORIO 6.....	90
4.4.18.	GUÍA DE LABORATORIO 7.....	92
4.4.19.	GUÍA DE LABORATORIO 8.....	94
4.4.20.	GUÍA DE LABORATORIO 09.....	98
4.4.21.	GUÍA DE LABORATORIO 10.....	102
4.4.22.	GUÍA DE LABORATORIO 11.....	106
4.4.23.	GUÍA DE LABORATORIO 12.....	109
	CONCLUSIONES.....	113
	RECOMENDACIONES .....	115
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116
	ANEXOS.....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Empresas concesionarias de distribución en el Perú .....	8
<b>Tabla 2:</b>	Corriente de ruptura (KA). .....	25
<b>Tabla 3:</b>	Características de Postes de concreto .....	29
<b>Tabla 4:</b>	Distancias mínimas de seguridad del conductor al piso30	
<b>Tabla 5:</b>	Características de postes para cálculos mecánico en armados de alineamiento (S.A.C.).....	31
<b>Tabla 6:</b>	Características conductor AAAC 35 .....	36
<b>Tabla 7:</b>	Capacidad de corriente conductor subterráneo.....	41
<b>Tabla 8:</b>	Capacidad de corriente para cable multipolar .....	42
<b>Tabla 9:</b>	Actividades de mantenimiento en subestaciones eléctricas.....	45
<b>Tabla 10:</b>	Deficiencias en estructuras de media tensión .....	50
<b>Tabla 11:</b>	Deficiencias en una SED .....	52
<b>Tabla 12:</b>	Deficiencias de subestaciones de distribución (casetas a nivel, subterráneas y no convencionales) .....	53
<b>Tabla 13:</b>	Tipificación de deficiencias de subestaciones de distribución compacta (subterránea o pedestal) .....	54
<b>Tabla 14:</b>	Deficiencias en conductores de media tensión (conductor expuesto) .....	54
<b>Tabla 15:</b>	Deficiencias en estructuras de baja tensión .....	56
<b>Tabla 16:</b>	Deficiencias en conductores de baja tensión .....	56
<b>Tabla 17:</b>	Deficiencias en conexiones eléctricas .....	58
<b>Tabla 18:</b>	Componentes del módulo didáctico .....	64
<b>Tabla 19:</b>	Precisión de las medidas del analizador de redes .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Densidad del sistema de distribución.....	6
<b>Figura 2:</b>	Cadena de valor de la electricidad .....	7
<b>Figura 3:</b>	Sistema típico de Distribución Primaria .....	10
<b>Figura 4:</b>	Transformador de Distribución.....	11
<b>Figura 5:</b>	Sistema de distribución primaria y secundaria .....	11
<b>Figura 6:</b>	Sistema de distribución secundaria.....	12
<b>Figura 7:</b>	Diseño típico de la red radial de baja tensión .....	13
<b>Figura 8:</b>	Analizador de calidad de potencia Ecamec PQ500 .....	14
<b>Figura 9:</b>	Pinza Amperimétrica .....	16
<b>Figura 10:</b>	Comprobador de voltaje.....	17
<b>Figura 11:</b>	Multímetro Digital .....	18
<b>Figura 12:</b>	Termómetro por Infrarrojos .....	19
<b>Figura 13:</b>	Cámara Termográfica .....	20
<b>Figura 14:</b>	Registrador de la calidad de la energía .....	21
<b>Figura 15:</b>	Equipo portátil de calidad de la energía.....	22
<b>Figura 16:</b>	Equipo de medición .....	23
<b>Figura 17:</b>	Seccionador.....	24
<b>Figura 18:</b>	Fusible NH .....	24
<b>Figura 19:</b>	Curva de disparo para interruptores automáticos.....	26
<b>Figura 20:</b>	Interruptores termomagnéticos .....	26
<b>Figura 21:</b>	Interruptor Diferencial .....	27
<b>Figura 22:</b>	Interruptor Seccionador .....	28
<b>Figura 23:</b>	Distancia mínima de seguridad del conductor al piso .....	29
<b>Figura 24:</b>	Poste de madera .....	32
<b>Figura 25:</b>	Poste de concreto u hormigón.....	33
<b>Figura 26:</b>	Poste Metálico.....	34

<b>Figura 27:</b>	Conductores y acometidas .....	35
<b>Figura 28:</b>	Sistema TN-C.....	38
<b>Figura 29:</b>	Sistema TN-S .....	38
<b>Figura 30:</b>	Sistema I T .....	39
<b>Figura 31:</b>	Sistema TT .....	39
<b>Figura 32:</b>	Diagrama unifilar del módulo.....	63
<b>Figura 33:</b>	Alimentación a transformador trifásico .....	64
<b>Figura 34:</b>	Voltímetro analógico .....	69
<b>Figura 35:</b>	Analizador de redes.....	70
<b>Figura 36:</b>	Multímetro digital .....	72
<b>Figura 37:</b>	Maleta de medición Omicron.....	73
<b>Figura 38:</b>	Conexión del transformador con el Equipo de Prueba .....	81

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de distribución primaria y secundaria forman parte importante de un sistema eléctrico de potencia, ya que se encarga de distribuir la energía eléctrica a toda una ciudad o poblado a niveles de tensión seguros en media y baja tensión respectivamente, en consecuencia para su puesta en funcionamiento como para mantenerse operativo deberán de someterse a distintas pruebas eléctricas y procedimientos de mantenimiento, que son ejecutadas por las empresas concesionarias a cargo de dichos sistemas, normalmente a cargo de ingenieros electricistas y/o mecánicos electricistas.

Considerando que en nuestra Universidad contamos con la especialidad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, donde en la formación de pre grado es de suma importancia la realización de prácticas experimentales en estos tipos de sistemas de distribución, por lo que en este trabajo de investigación se propone elaborar una Guía metodológica para la realización de pruebas eléctricas en sistemas de distribución secundaria, junto al diseño preliminar de un módulo de pruebas en funcionamiento normal y en condiciones de fallas para este tipo de sistemas, proponiendo guías de prácticas para comprender el funcionamiento de los sistemas de distribución secundaria en régimen normal para diferentes tipos de cargas eléctricas, tanto balanceadas como desbalanceadas, y en régimen de fallas tanto de conexión de neutro y fallas en líneas, como también poder verificar las protecciones para sistemas de distribución TT, IT, TNS, TNC.



## 1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Los sistemas de distribución, para su puesta en funcionamiento deberán de someterse a distintas pruebas eléctricas, que garanticen su correcta instalación, así como ya en funcionamiento, pues existen programas mensuales, semestrales y anuales de mantenimiento a dichas redes, y como parte del mantenimiento se realizan pruebas eléctricas de medición a los distintos parámetros de la red de distribución, de ahí la importancia de efectuarlos en forma correcta y oportuna, existiendo en la actualidad diferentes normativas que plantean dichas pruebas, en este trabajo de investigación se propondrá una Guía metodológica para la realización de pruebas eléctricas en sistemas de distribución secundaria, junto al diseño preliminar de un módulo de pruebas en régimen de funcionamiento normal y en condiciones de fallas para este tipo de sistemas, además de elaborar guías de prácticas para dicho módulo.

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo general

Elaborar una Guía metodológica para la realización de pruebas eléctricas en sistemas de distribución secundaria junto al diseño preliminar de un módulo de pruebas en régimen de funcionamiento normal y en condiciones de fallas de este tipo de sistemas.

#### 1.2.2. Objetivos específicos

- Conocer los tipos de sistemas de distribución y su alcance.
- Realizar un análisis normativo referente a las pruebas eléctricas y valores normalizados de los sistemas de distribución secundario.
- Elaborar una Guía metodológica para la realización de pruebas eléctricas en sistemas de distribución secundaria.
- Efectuar el diseño preliminar de un módulo para la realización de pruebas en régimen de funcionamiento normal y en condiciones de fallas de este tipo de sistemas y elaborar guías de prácticas para las mismas.

### 1.3. Alcance del diseño

Los sistemas de distribución primaria normalizados son en media tensión 22.9, 10KV y secundaria en baja tensión como 380V/220V, sin embargo, el módulo propuesto solo será en baja tensión, pero en el primario del transformador de distribución se propone tener todos los accesorios que tendría en el caso de ser en media tensión, para poder efectuar los procedimientos de conexión y desconexión como en una red de distribución real.

### 1.4. Justificación

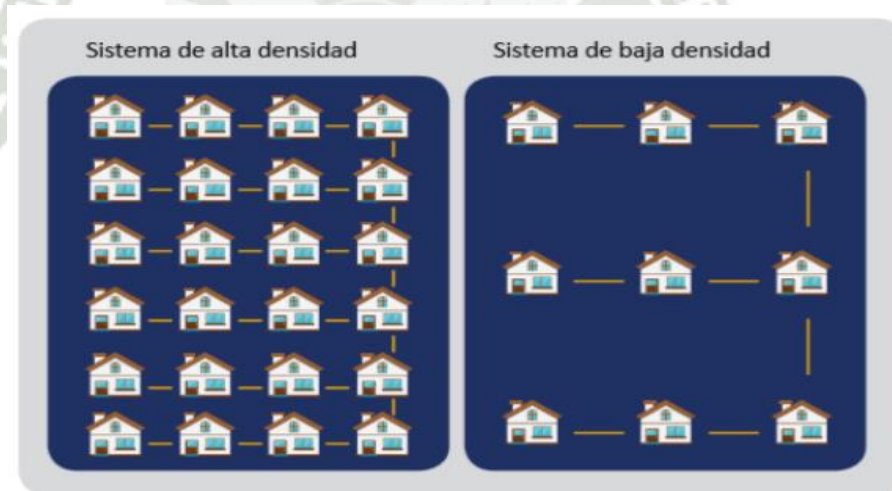
Es muy importante tomar en cuenta la importancia de la continuidad eléctrica en los servicios eléctricos de los sistemas de utilización alimentados por los sistemas de distribución secundaria, además la selección adecuada del tipo de sistema de distribución de acuerdo a los tipos de carga eléctrica que alimentara, por lo que es fundamental mantener los valores de funcionamiento adecuados en dichos sistemas.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Sistema de Distribución Primaria y Secundaria

Un sistema de distribución eléctrica permite trasladar a partir de las subestaciones de potencia (que pertenece a un sistema de transmisión) energía eléctrica hasta los clientes o consumidores finales, utilizando redes eléctricas de media tensión y baja tensión. El sistema de distribución eléctrica tiene repercusión en los costos en promedio, el costo de brindar el servicio disminuye cuando existe una densidad alta de clientes, debido a que al existir más usuarios el total de la red se reparte entre mayor cantidad de estos, caso contrario de proveer el servicio en zonas de densidad menor de clientes donde en promedio el costo se eleva, pues el costo total de la red se reparte entre pocos usuarios. Como se puede apreciar en la Figura 1, se muestra la diferencia entre los sistemas de alta de densidad, con muchos usuarios; con los de baja densidad, con pocos usuarios. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinerming, 2016)

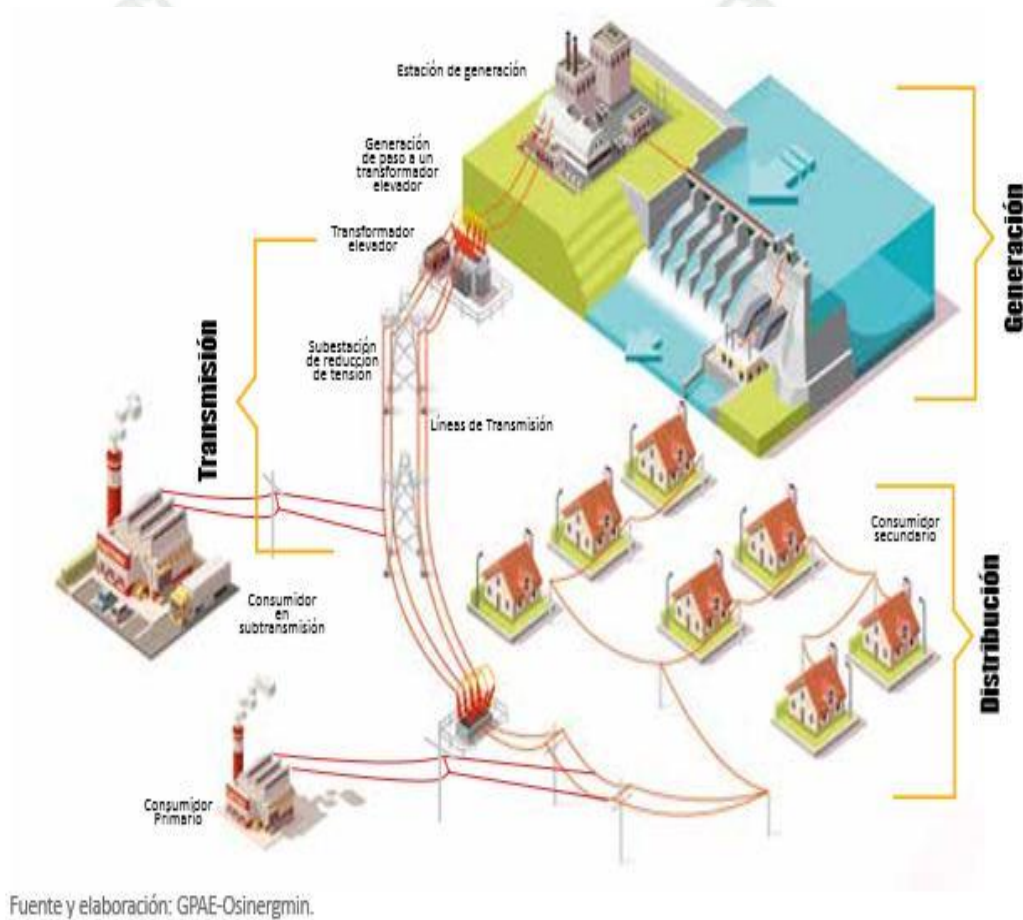


**Figura 1: Densidad del sistema de distribución**

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin, (2016)**

Respecto a los costos y su minimización se indica que es un gran desafío reducir al mínimo los costos del sistema de distribución; tan solo teniendo en cuenta que pueden existir múltiples opciones de diseño para el planificador con un único alimentador asociado. Entonces encontrar de manera general un plan para un sistema de distribución que brinde mínimo costo implica una tarea difícil; es por

eso que varios investigadores se han enfocado en las herramientas de asistencia computacional, lo que ha originado programas de optimización, que cumplen con ayudar a encontrar al planificador ubicando el mejor diseño entre múltiples opciones. Una limitación que se puede mencionar de los programas es que estos no pueden considerar en su totalidad los aspectos del problema por lo que brindan aproximaciones lo que limita su exactitud; a pesar de esto que puedan ayudar a reducir hasta un 10% los costos de distribución es un buen fundamento para su uso. (Sarzo Miranda, 2007)



**Figura 2: Cadena de valor de la electricidad**

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin, (2016)**

Las empresas distribuidoras reciben la energía eléctrica proveniente de las generadoras a través de las transmisoras y son las empresas encargadas de entregar la energía y potencia a los usuarios finales, estos pueden ser consumidores industriales, comerciales o residenciales. La energía entregada a los consumidores

en esta actividad es a través de las redes de media y baja tensión de la empresa distribuidora. Además, como con la actividad de transmisión, la distribución de energía eléctrica es considerada como monopolio natural debido a que se encuentran significativas economías de escala teniendo en cuenta de que las actividades están delimitadas a un área geográfica determinada por lo cual esta actividad presenta una regulación más rigurosa. A continuación en la tabla 1, se muestra el listado de las empresas concesionarias de distribución del Perú, organizadas por categorías de empresas privadas, estatales y otros, estas últimas consideran empresas municipales y regionales que operan en pequeñas áreas y en menor escala; de esta tabla podemos apreciar que las empresas privadas representan menor cantidad en comparación a las empresas públicas siendo 2 privadas las que tienen la mayor participación y que juntas superan el 50% de facturación nacional, llegando la empresa pública más grande a obtener el 8.73% de las facturaciones; seguido se muestra la participación de empresas del mercado del sistema eléctrico de distribución, privadas y públicas, se puede notar que son las empresas privadas las que tienen mayor participación en el mercado eléctrico con un 59%, y las empresas públicas muestran una participación de 39%. Toda la información mostrada es en base a la facturación realizada en el año 2019. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinerming, 2016)

**Tabla 1**  
**Empresas concesionarias de distribución en el Perú**

Nº	EMPRESA	%	Tipo
1	LUZ DEL SUR S.A.A	27.79%	Privada
2	ENEL DISTRIBUCIÓN PERU S.A.A. (EX EDELNOR)	27.48%	Privada
3	EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD ELECTRONORTEMEDIO S.A - HIDRANDINA S.A	8.73%	Publica
4	ELECTRONOROESTE S.A – ENOSA	5.73%	Publica
5	ELECTROCENTRO S.A	4.98%	Publica
6	SOCIEDAD ELÉCTRICA DEL SUR OESTE S.A – SEAL	4.80%	Publica
7	ELECTRO SUR ESTE S.A.A	3.65%	Publica
8	EMPRESA DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A. - ELECTRONORTE S.A	3.61%	Publica
9	ELECTRO DUNAS S.A.A	3.59%	Privada
10	ELECTRO ORIENTE S.A	3.38%	Publica
11	EMPRESA CONCESIONARIA DE ELECTRICIDAD DE UCAYALI S.A - ELECTRO UCAYALI S.A	2.04%	Publica
12	ELECTROSUR S.A	1.75%	Publica

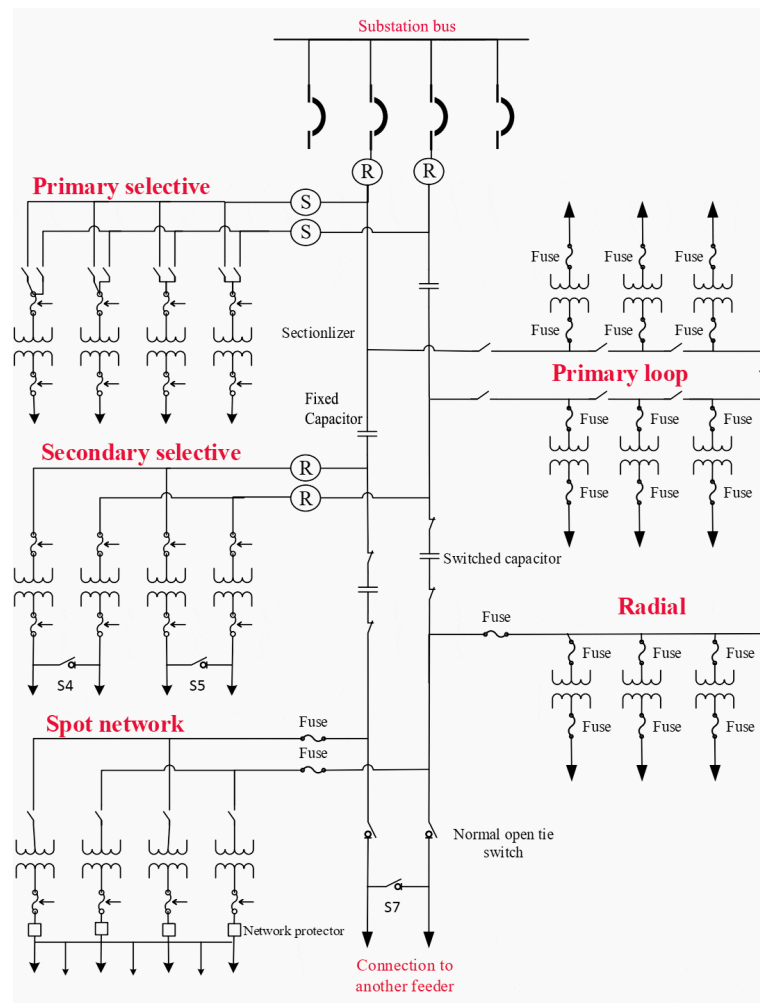
Nº	EMPRESA	%	Tipo
13	CONSORCIO ELÉCTRICO VILLACURI S.A.C – COELVISAC	1.49%	Otro
14	ELECTRO PUNO S.A.A	0.25%	Publica
15	EMPRESA DE ADMINISTRACIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA S.A – ADINELSA	0.25%	Publica
16	EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS DE TOCACHE S.A - ELECTRO TOCACHE	0.22%	Otro
17	EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS DE UTCUBAMBA S.A.C – EMSEU	0.09%	Otro
18	SERVICIOS ELÉCTRICOS RIOJA S.A – SERSA	0.07%	Otro
19	PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC	0.05%	Otro
20	ELECTROPANGO S.A – EPASA	0.02%	Otro
21	EMPRESA DE SERVICIOS ELÉCTRICOS MUNICIPAL DE PATIVILCA S.A.C – ESEMPAT	0.01%	Otro
22	EMPRESA DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE ELECTRICIDAD SAN RAMÓN DE PANGO S.A – EDELSA	0.01%	Otro
23	EMPRESA DE SERVICIOS ELÉCTRICOS MUNICIPALES DE PARAMONGA S.A – EMSEMSA	0.00%	Otro
	<b>Facturación Total del Periodo</b>	100%	

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin,  
(2016)**

### 2.1.1. Sistema de Distribución Primario

Este sistema transporta la energía eléctrica a media tensión desde el sistema de transmisión, hasta el subsistema de distribución secundaria y/o conexiones para usuarios mayores. (Dammert, Molinelli, & Carbajal, 2011)

La distribución es el transporte de energía desde las subestaciones, o barras base, a los consumidores finales, vía líneas de transmisión de media tensión que antes de llegar al consumidor final se transforma a baja tensión (380 o 220 voltios). Las distribuidoras reciben la energía de las generadoras o las transmisoras y se encargan de entregarla a la industria, el comercio, la población y los gobiernos locales para el servicio público. (Mendiola, Aguirre, Aguilar, & Castillo, 2012)



**Figura 3: Sistema típico de Distribución Primaria**

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin, (2016)**

### 2.1.2. Sistema de Distribución Secundaria

Según la Norma Técnica E.C. 010, Sistema de Distribución Secundaria, es aquella destinada a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a baja tensión, desde un subsistema de distribución primaria, a las conexiones.

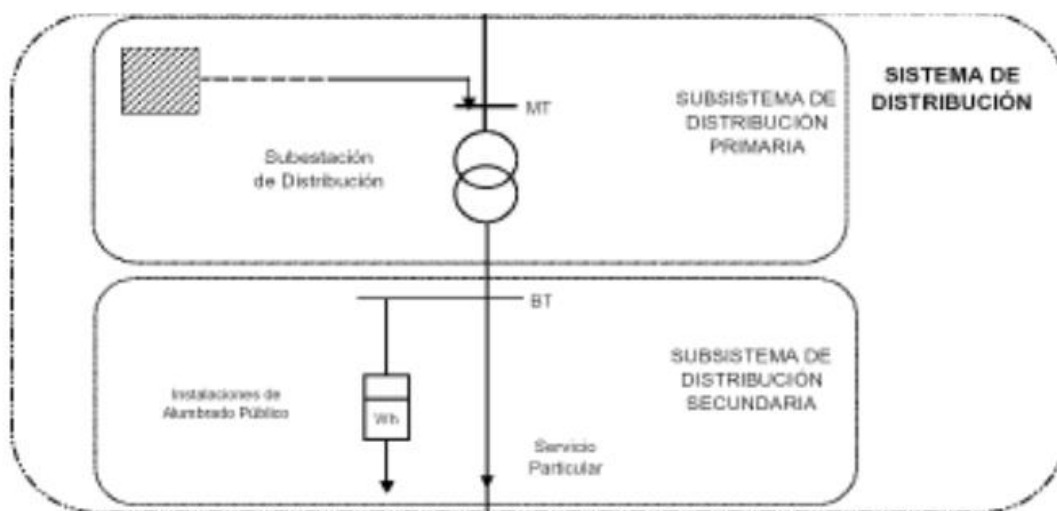
Los proyectos y la ejecución de obras en subsistemas de distribución secundaria deben sujetarse a las Normas DGE de Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización. Mediante este sistema se transporta la energía eléctrica a baja tensión para su utilización por los usuarios finales, la misma que se encuentra conformada por líneas aéreas o cables subterráneos de baja tensión.

La Figura 4, muestra el sistema de distribución, resaltando el subsistema de distribución primaria, que se encuentra en Media Tensión (MT), y el subsistema de distribución secundaria, que se encuentra en Baja Tensión (BT). (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2020)



**Figura 4: Transformador de Distribución**

**Fuente: Elaboración propia**



**Figura 5: Sistema de distribución primaria y secundaria**

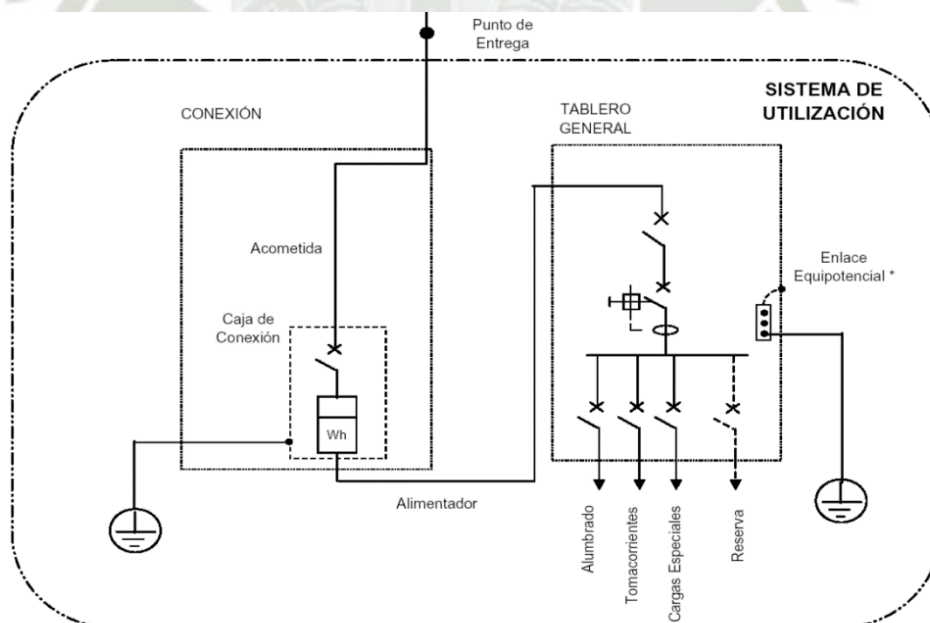
**Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, (2020)**

## 2.2. Subestación de Distribución

Las redes secundarias son el último eslabón entre la generación y el consumo. El sistema de distribución en baja tensión está formado por alimentadores secundarios que salen del lado de baja tensión de los transformadores de distribución, en cajas de distribución o en los buses de las subestaciones secundarias y que llevan la energía hasta el punto de consume. (Aristóteles & Juárez Cervantes, 2002)

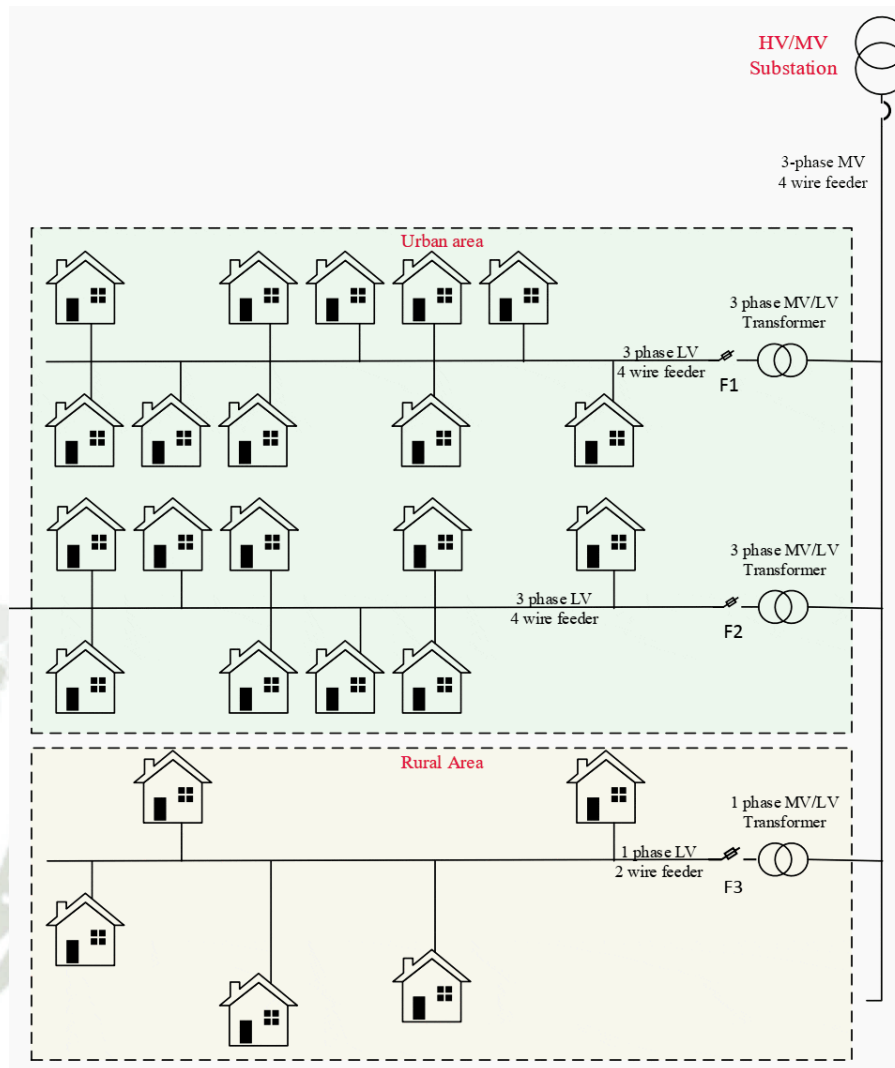
Según la Norma Técnica E.C. 010, es aquel destinado a transportar la energía eléctrica suministrada normalmente a baja tensión, desde un subsistema de distribución primaria, a las conexiones. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2020)

Los proyectos y la ejecución de obras en subsistemas de distribución secundaria deben sujetarse a las Normas DGE de Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización. Mediante este sistema se transporta la energía eléctrica a baja tensión para su utilización por los usuarios finales, la misma que se encuentra conformada por líneas aéreas o cables subterráneos de baja tensión. (Chowdhury, 2009)



**Figura 6: Sistema de distribución secundaria**

**Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, (2020)**



**Figura 7: Diseño típico de la red radial de baja tensión**

**Fuente: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, (2020)**

### 2.3. Equipos de Medición

#### 2.3.1. Registrador analizador de calidad de potencia Ecamec PQ\_500

Registrador construido y diseñado para uso intensivo en campo. Funciona en diversos tipos de clima, directamente en intemperie, y con un grado de protección IP65. Completamente aislado, de dimensión y peso reducido, es de fácil instalación en espacios estrechos y expuestos a tensión. Se alimenta desde el mismo punto de medición. (Vásquez, 2008)



**Figura 8: Analizador de calidad de potencia Ecamec PQ500**

**Fuente: Ecamec tecnología, )2022)**

El PQ-500 mide y reporta:

- Tensiones de fase y de línea,
- Desviación de Tensión,
- Corrientes de fases; Corriente máxima y mínima,
- Armónicos de tensión conforme a IEC61000-4-7; Flicker (Pst y Plt) hasta Pst 5 conforme a IEC61000-4-15,
- Sobre y Sub tensión del tipo Sag y Swell; desbalance de tensión (Índice U<sub>o</sub> y U<sub>2</sub>),
- Frecuencia. Potencia Activa en 4 cuadrantes; Reactiva y Aparente; Energía Activa y Reactiva,
- Factor de Potencia; Cos  $\varphi$ ; Interrupciones. Aplica en redes tipo estrella, delta, delta abierto, delta con tierra, monofásicas de 2 y 3 hilos. (Ecamec tecnología, 2022)

### 2.3.2. Pinzas Amperimétricas

La corriente elevada y las mordazas grandes, hacen que esta pinza sea apta para aplicaciones industriales y de distribución de energía eléctrica:

- Maneja con confianza un amplio rango de aplicaciones de corriente elevada con lectura de verdadero valor eficaz, 2000 A CA + CD, 1400 A CA y 2000 A CD,
- La amplia capacidad de la mordaza de 58 mm (2,3 pulg.) es apta para conductores grandes o múltiples conductores,
- La medición de corriente de arranque captura la corriente de sobrevoltaje al “arrancar” con exactitud y capacidad de repetición,
- La medición de voltaje elevado con lectura de verdadero valor eficaz de 1000 V CA + CD, 600 VCA y 1000 VCD permite al usuario realizar varias pruebas con una sola herramienta (sólo para el modelo 355),
- La resistencia hasta 400 K $\Omega$  y una señal acústica de continuidad proporcionan la comodidad de un multímetro (sólo para el modelo 355),
- Mide con exactitud frecuencias de hasta 1 kHz para una óptima solución de problemas,
- Analiza lecturas rápidamente usando las funciones mín./máx. y prom,
- Utiliza la función de retención de lectura para capturar lecturas incluso cuando no se puede visualizar la pantalla,
- Utiliza el filtro de paso bajo para suavizar cargas ruidosas y estabilizar lecturas. (Fundación para la Sostenibilidad Energética y Ambiental FUNSEAM, 2016)



**Figura 9: Pinza Amperimétrica**

**Fuente: Elaboración propia**

### 2.3.3. Comprobadores de Voltaje

Le permiten comprobar voltaje, continuidad y corriente con una herramienta compacta. Las puntas de prueba robustas se guardan de manera ingeniosa en la parte trasera del probador, lo que facilita el transporte en su sujetador de herramientas:

- Mide los voltios de CA o CD con resolución digital precisa
- Mide resistencia hasta  $1000 \Omega$  • La mordaza abierta (OpenJaw™) le permite comprobar la corriente hasta 100 A CA, sin interrumpir el circuito.
- Señal acústica de continuidad • Las puntas de prueba son compatibles con las pinzas de conexión de Fluke.
- También está disponible el modelo de 600 V.
- Las puntas de sondas Slim-Reach™ desmontables están diseñadas para cumplir con las normas eléctricas nacionales.
- La funda opcional se sujeta en un cinturón de herramientas y guarda ingeniosamente las puntas de prueba. (Fluke Corporation, 2022)



**Figura 10: Comprobador de voltaje**

**Fuente: Elaboración propia**

#### **2.3.4. Multímetros Digitales**

Este multímetro es fácil de usar con funciones como VCHEK™ de Fluke, que incluye funciones de medición agregadas, luz de fondo, cumplimiento con las últimas normas de seguridad y una pantalla mucho más grande que es más fácil de ver:

- Función VCHEK™ para comprobar simultáneamente voltaje o continuidad,
- La función de impedancia de entrada baja ayuda a evitar lecturas falsas debidas a voltajes parásitos,
- Verdadero valor eficaz para mediciones exactas de CA en cargas no lineales,
- Registra fluctuaciones de la señal con la función mín./máx.
- Comprobación de diodos,
- Rangos automático y manual. (Fluke Corporation, 2022)



**Figura 11: Multímetro Digital**

**Fuente: Elaboración propia**

### **2.3.5. Termómetros Infrarrojos**

El termómetro sin contacto es la herramienta profesional de diagnóstico ideal para los profesionales de mantenimiento que necesitan lecturas exactas de temperatura a todas las distancias y con documentación completa para análisis y preparación de informes. Mide temperaturas de superficie, lo que ayuda a localizar rápidamente sistemas con sobrecarga o sobrecalentamiento, reducir el trabajo y el tiempo de seguimiento, y evitar costosas interrupciones del servicio eléctrico. Los profesionales de mantenimiento que requieren análisis y documentación utilizan un registro de datos de 100 puntos y software para preparación de gráficos y análisis:

- Medición puntual: determine la temperatura absoluta de la superficie de un objeto,
- Diferencial de temperatura: compare dos mediciones puntuales entre sí,
- Exploración: detecte cambios a lo largo de una región deseada amplia o continua. (Castaño, 2012)



**Figura 12: Termómetro por Infrarrojos**

**Fuente: Elaboración propia**

### **2.3.6. Cámaras Termográficas**

Cámaras termográficas de alto rendimiento, completamente radiométricas, son ideales para resolver problemas en una gran variedad de aplicaciones eléctricas y de distribuidoras de energía eléctrica:

- La tecnología IR-Fusion® mezcla imágenes visuales e infrarrojas en diferentes modos de visualización, incluso imagen dentro de imagen,
- Diseñada y comprobada para soportar una caída de 2 metros (6,5 pies),
- Resistente al polvo y el agua: comprobado para resistir el agua hasta una clasificación IP54,
- Suministra las imágenes claras y nítidas que se necesitan para detectar problemas rápidamente,
- Identifica incluso pequeñas diferencias de temperatura que podrían indicar problemas con una excelente sensibilidad térmica (NETD),
- El menú intuitivo de tres botones es fácil de usar. (Fluke Corporation, 2022)



**Figura 13: Cámara Termográfica**

**Fuente: Elaboración propia**

### **2.3.7. Registradores de la calidad de la Energía**

Capture cada medición, cada suceso, en cada ciclo, todo el tiempo con el registrador de energía trifásica. Una exactitud y resolución sin precedentes proporcionan una completa visibilidad en su sistema de distribución:

- Técnicas de exactitud y medición de primera calidad: garantizado para todos los parámetros de calidad de la energía, con sistema de medición en conformidad con IEC 61000-4-30,
- Configuración rápida y confiable: la “interfaz de panel frontal” inalámbrica, tipo PDA, proporciona la posibilidad de monitorizar lo que está grabando el instrumento, incluso en lugares de comprobación con poco espacio,
- Configuración sin umbral: aplique umbrales después de haber recogido datos, con el software,
- Captura todo: canal cruzado y captura de activación de corriente en cada medición, en cada canal, cada vez,
- Software intuitivo para PC,
- Capacidad de conexión y utilización inmediata,

- No es necesario volver a conectar los cables, solo se intercambia canales internamente con el PDA inalámbrico o PC cuando las conexiones no son correctas,
- Mide cada parámetro: voltaje y corriente en las tres fases, el neutro y la conexión a tierra,
- Captura de forma de onda de 5 MHz, 8000 V pico: obtenga una imagen detallada hasta del evento más corto,
- Recupera datos rápidamente: con la tarjeta de memoria SD incluida o por medio de la conexión Ethernet 100BaseT de alta velocidad. (Castaño, 2012)



**Figura 14: Registrador de la calidad de la energía**

**Fuente: Elaboración propia**

### **2.3.8. Equipos Portátiles de la calidad de la Energía**

La pinza amperimétrica de calidad de la energía combina la funcionalidad de una pinza amperimétrica, un medidor de calidad de la energía, un osciloscopio y un registrador de datos en un solo instrumento portátil:

El rango de mediciones ofrecido es apto para:

- Medición y registro de parámetros de potencia, voltaje y corriente.
- Instalación y comprobación de sistemas de potencia de CD.
- Análisis de armónicas de voltaje y corriente. (Fluke Corporation, 2022)

**Características:**

- Medición de corriente CA hasta 1400 A rms y de corriente CD hasta 2000 A con sólo conectar la pinza, sin interrumpir el circuito,
- Visualización gráfica de formas de onda, armónicas y datos registrados,
- Mide V, A, Hz, CF, THD, DF, W, VA, VAR, kWh, y factor de potencia, incluso en formas de onda distorsionadas,
- Muestra gráficos y genera informes con el software de Power Log que se incluye. (Fluke Corporation, 2022)



**Figura 15: Equipo portátil de calidad de la energía**

**Fuente: Elaboración propia**

**2.3.9. Equipos de medición y prueba de ScopeMeter**

El compacto instrumento Fluke ScopeMeter 125 es la solución robusta para aplicaciones industriales de instalación de equipos y diagnóstico de fallas. Es una herramienta de prueba verdaderamente integrada, con osciloscopio, multímetro y registrador “sin papel” en un solo instrumento económico y fácil de usar. Encuentre respuestas rápidas a los problemas en maquinaria, instrumentos y sistemas de control y eléctricos:

- Osciloscopio digital de entrada doble, de 40 MHz o 20 MHz,
- Dos multímetros digitales de verdadero valor eficaz con 5000 cuentas,
- Un registrador TrendPlot™ de entrada doble,

- Función de disparo automático Connect-and-View™ para el disparo sin intervención del usuario,
- Puntas de prueba con blindaje para mediciones de osciloscopio, resistencia y continuidad,
- Mide armónicas y energía eléctrica, VA, VAR, W, PF,
- Cable de interfaz ópticamente aislado para conectarlo a un PC. (Fluke Corporation, 2022)



**Figura 16: Equipo de medición**

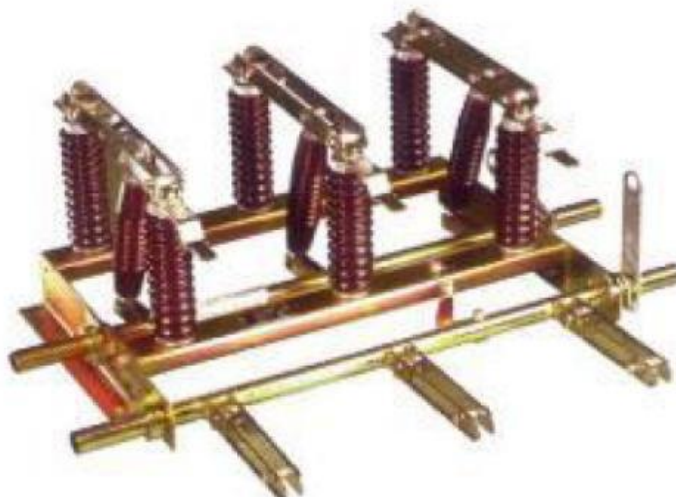
**Fuente: Elaboración propia**

#### **2.4. Elementos de Protección en Redes de distribución Primaria y Secundaria**

Conjunto de elementos con el objetivo de brindar protección al circuito de BT ante el acontecimiento de fallas. Estos van desde interruptores termo magnéticos de los circuitos de la subestación y consumidores, hasta el fusible de media tensión del transformador. Elementos de protección comunes en una subestación de distribución. (Enríquez Harper, 2001)

##### **2.4.1. Seccionador**

Aparato mecánico de conexión que puede ser conectado o desconectado sin carga (Figura 16). (Toledano Gasca & Sanz Serrano, 2013)



**Figura 17: Seccionador.**

**Fuente: Toledano Gasca & Sanz Serrano, (2013)**

#### **2.4.2. Fusibles tipo NH**

Son equipos destinados a proteger las redes secundarias de los cortocircuitos por medio de un elemento fusible (figura 18) para diferentes valores de corriente nominal y corriente de ruptura a través de un medio de extinción de arco, en la tabla 2 se aprecian dichos niveles. (Toledano Gasca & Sanz Serrano, 2013)



**Figura 18: Fusible NH**

**Fuente: Df Electric, (2022)**

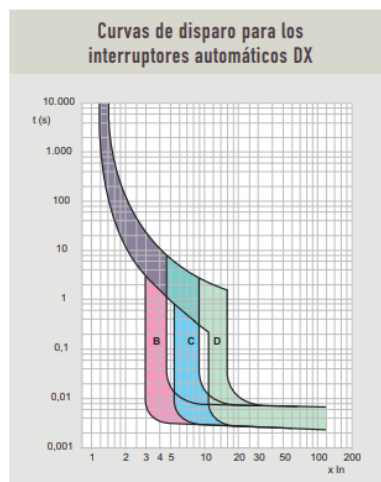
**Tabla 2**  
**Corriente de ruptura (KA).**

500V	$I_n$ (A)	REFERENCIA	U (V)	PODER DE CORTE (KA)	EMBALAJE UN./CAJA
NHC1	50	381230	500	120	3/30
	63	381235	500	120	3/30
	80	381240	500	120	3/30
	100	381245	500	120	3/30
	125	381250	500	120	3/30
	160	381255	500	120	3/30
NHT	200	381260	500	120	3/30
	224	381265	500	120	3/30
	250	381270	500	120	3/30
	315*	381280	500	120	3/30
	355*	381285	500	120	3/30
	NHC2	63	381325	500	120
80		381330	500	120	3/24
100		381335	500	120	3/24
125		381340	500	120	3/24
160		381345	500	120	3/24
200		381350	500	120	3/24
224		381355	500	120	3/24
250		381360	500	120	3/24

Fuente: Df Electric, (2022)

### 2.4.3. Interruptores automáticos

Un interruptor automático es un dispositivo de corte que puede establecer, soportar e interrumpir corrientes cuya intensidad es como máximo igual a su corriente nominal ( $I_n$ ), y también un dispositivo de protección que puede interrumpir automáticamente las sobreintensidades que generalmente se presentan después de fallos en las instalaciones. La elección de un interruptor automático y sus características dependen del tamaño de la instalación. (Bravo, 2018)

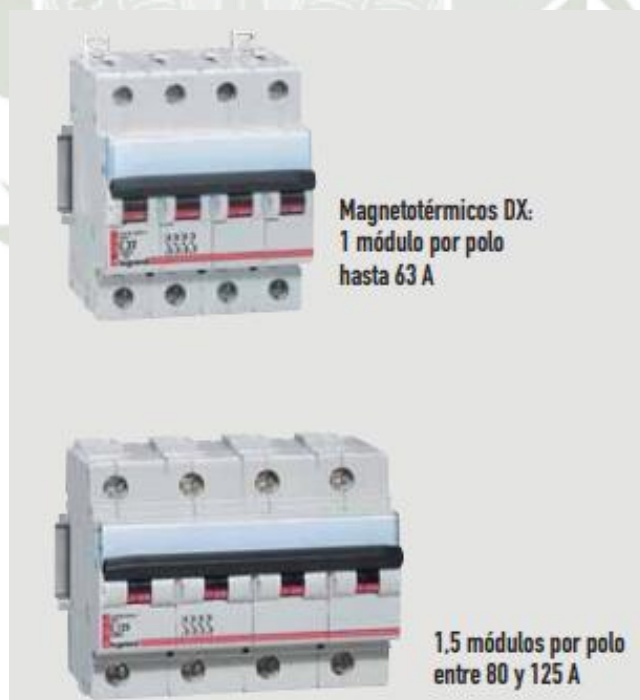


**Figura 19: Curva de disparo para interruptores automáticos**

**Fuente: Bravo, (2018)**

#### 2.4.4. Interruptores termomagnéticos

Los interruptores magnetotérmicos DX de Legrand ofrecen una amplia gama de características y se pueden usar para organizar la distribución en filas que se requiere hasta 125 A. Es la solución universal ideal para todas las instalaciones residenciales y terciarias. (Bravo, 2018)



**Figura 20: Interruptores termomagnéticos**

**Fuente: Bravo, (2018)**

#### 2.4.5. Interruptores diferenciales

Un interruptor diferencial (ID), también conocido como RCD, RCCB, GFCI o dispositivo diferencial residual (DDR), es un dispositivo electromagnético que se coloca en las instalaciones eléctricas de corriente alterna con el fin de proteger a las personas de accidentes provocados por el contacto con partes activas de la instalación (contacto directo) o con elementos sometidos a potencial debido, por ejemplo, a una derivación por falta de aislamiento de partes activas de la instalación (contacto indirecto). También protegen contra los incendios que pudieran provocar dichas derivaciones. Es un dispositivo de protección muy importante en toda instalación, tanto doméstica como industrial, que actúa conjuntamente con la puesta a tierra de enchufes y masas metálicas de todo aparato eléctrico. De esta forma, el ID desconectará el circuito en cuanto exista una derivación o defecto a tierra mayor que su sensibilidad. Si no existe la conexión a tierra y se produce un contacto de un cable o elemento activo a la carcasa de una máquina, por ejemplo, el ID no se percatará hasta que una persona no aislada de tierra toque esta masa; entonces la corriente recorrerá su cuerpo hacia tierra provocando un defecto a tierra y superando ésta la sensibilidad del ID, que disparará el corte de la corriente, protegiendo a la persona y evitando así su electrocución. (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2022)



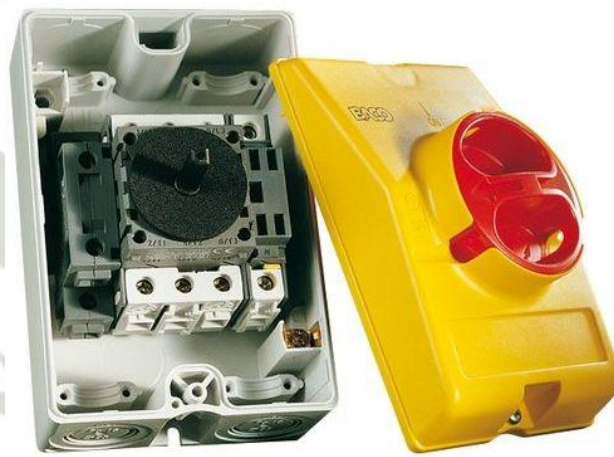
**Figura 21: Interruptor Diferencial**

**Fuente: Bravo, (2018)**

#### 2.4.6. Interruptores seccionadores

Los interruptores-seccionadores, permiten el accionamiento manual de motores, máquinas y otros equipos. Además de conducción e interrupción de corrientes bajo condiciones normales o de sobrecarga, los interruptores-seccionadores garantizan el completo aislamiento entre el circuito y la fuente de alimentación, cuando se encuentra en la posición OFF. En esta posición, es posible la colocación de candados que impiden la actuación indebida, aumentando la seguridad de los operadores y del personal de mantenimiento. (Bravo, 2018)

Todos los interruptores de la gama son polivalentes y pueden utilizarse para el montaje tanto en saliente como empotrado, es posible añadir una amplia gama de bloques asociados y versiones de cajas.



**Figura 22: Interruptor Seccionador**

**Fuente: Bravo, (2018)**

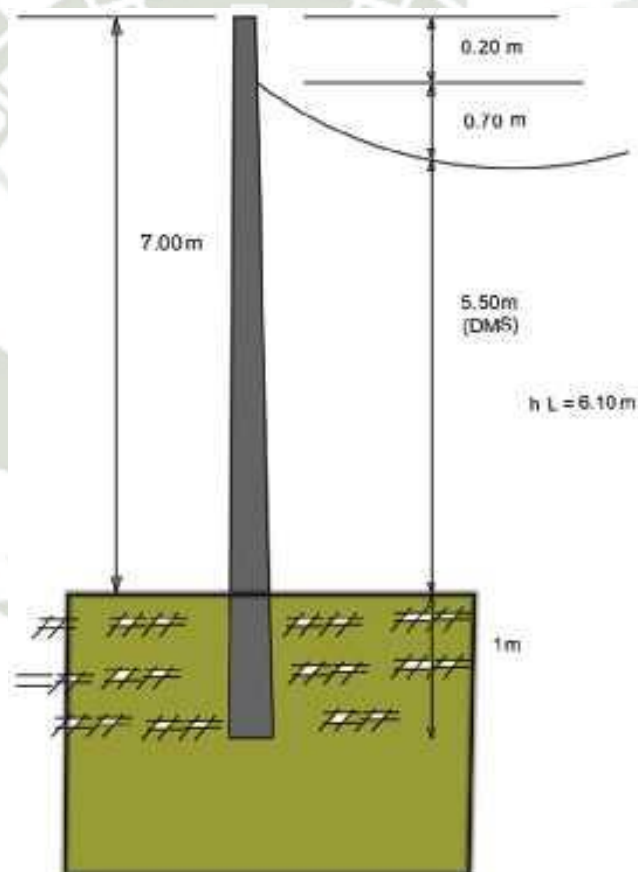
#### 2.5. Postes

“En las zonas urbanizadas generalmente los postes son de concreto armado centrifugado (C.A.C.) con una altura de 7 y 8 metros” (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2003).

**Tabla 3**  
**Características de Postes de concreto**

Longitud (m)	8	8
Carga de rotura en la punta (Kg)	200	300
Diámetro en la Punta (mm)	120	120
Diámetro en la Base (mm)	240	240
Peso (kg)	450	485

**Fuente: Ministerio de Energía y Minas MINEM, (2003)**



**Figura 23: Distancia mínima de seguridad del conductor al piso**

**Fuente: Ministerio de Energía y Minas MINEM, (2003)**

De acuerdo a las normas establecidas se deberá de cumplir con la distancia mínima de seguridad en los conductores al piso con una estructura de 8m en terrenos planos considerando a un vano promedio de 40m en un conductor de 3x25+1x16+N25,

que de acuerdo a las normas nos establece en cruce de calles debe ser no menor a 5.50m (ver Tabla 4). (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2003)

**Tabla 4**  
**Distancias mínimas de seguridad del conductor al piso**

<b>Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de conductores o cables</b>	<b>Distancia mínima vertical de seguridad (m)</b>
<b>Cuando los conductores o cables cruzan o sobresalen</b>	
Vías férreas de ferrocarriles	7,3
Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones.	6,5
Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones.	5,5
Calzadas, zonas de parqueo, y callejones.	5,5
Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	5,5
Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos.	4,0
Calles y caminos en zonas rurales.	5,5
<b>Cuando los conductores o cables recorren a lo largo y dentro de los límites de las carreteras u otras fajas de servidumbre de caminos pero que no sobresalen del camino</b>	
Carreteras y avenidas	5,5
Caminos, calles o callejones	5,0
Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículo.	4,0
Calles y caminos en zonas rurales.	4,5

**Fuente: Ministerio de Energía y Minas MINEM, (2011)**

### 2.5.1. Empotramiento del Poste

“El empotramiento de poste se dará mediante la aplicación de la formula siguiente, altura total entre 10 más una constante de 0.2” (Compañía Magra SAC, 2022).

**Tabla 5**

**Características de postes para cálculos mecánico en armados de alineamiento**

<b>TIPO DE ARMADO</b>	:	<b>E1</b>
<b>ANGULO TOPOGRAFICO [°]</b>	:	<b>0.0</b>
<b>CARACTERISTICAS DEL POSTE</b>		
Longitud / Esfuerzo	8/200/120/240	
Material	CAC	
Long. total del poste	8.00	L [m]
Long. libre de poste	7.00	LI [m]
Long. de empotram.	1.00	He [m]
Carga de rotura	4000.00	Grup [N]
Diam. en la punta	120.00	dp [mm]
Diam. en la base	240.00	db [mm]
Diam. de empotram.	225.00	de [mm]
Dist. Aplic.Real respecto a la pta.	10.00	[cm]
F.S. Según CEP en C.Normal	2.00	[Cte.]
Modulo de Elasticidad	2,451,662.50	E [N/cm <sup>2</sup> ]

Fuente: Compañía Magra SAC, (2022)

### 2.5.2. Tipos de Postes Eléctricos

“Entre los tipos de postes de energía podemos destacar tres tipos, que son los más utilizados en líneas de baja y alta tensión” (Delaballe, 2001).

#### 2.5.2.1. Postes de Madera

La utilización de este tipo de postes de energía es casi exclusivamente en baja tensión y están en claro desuso, aunque es posible encontrar algún tipo de poste de madera en alguna línea de media tensión. Entre sus ventajas podemos destacar su fácil transporte, gracias a su ligereza y bajo precio en comparación con los postes de concreto y los metálicos. Como desventaja,

enfaticamos su vida media relativamente corta, suele ser de unos 10 años, la putrefacción es la mayor causa de deterioro en este tipo de postes de energía, sobre todo en la parte inferior del poste. (Bonnefoi, 2005)



**Figura 24: Poste de madera**

**Fuente: Elaboración propia**

#### **2.5.2.2. Postes de Concreto u Hormigón**

“Hay distintos tipos de postes de hormigón, entre los que podemos destacar” (Bonnefoi, 2005).

##### **2.5.2.2.1. Postes de hormigón armado**

“La ventaja principal de este tipo de postes de energía es su duración ilimitada, además de no necesitar mantenimiento” (Bonnefoi, 2005).

##### **2.5.2.2.2. Postes de hormigón armado vibrado**

Suelen tener una altura entre los 7 y 18 metros y su sección es rectangular o en forma de doble T. La principal ventaja de este tipo de postes es que se puede fabricar en el lugar de su implantación y así ahorrarse los gastos en transportes. (Bonnefoi, 2005)

##### **2.5.2.2.3. Postes de hormigón armado centrifugado**

Este tipo de postes de energía se emplea desde electrificaciones en ferrocarriles, en líneas rurales en baja tensión y alta tensión incluido líneas de 220 KV, mástiles para alumbrado exterior, además en

combinación con varios postes se pueden realizar configuraciones de apoyos en ángulo, derivación, anclaje, etc. No son empleados en lugares de difícil acceso precisamente porque su fabricación no puede realizarse en talleres provisionales. (Bonnetoi, 2005)

#### **2.5.2.2.4. Postes de hormigón armado pretensado**

“Este tipo de postes cada vez es más utilizado ya que su precio resulta mucho más económico que los del hormigón corriente” (Bonnetoi, 2005).



**Figura 25: Poste de concreto u hormigón**

**Fuente: Elaboración propia**

#### **2.5.2.3. Postes Metálicos**

El metal más utilizado en este tipo de postes es el acero de perfiles laminados en L, U, T, I, etc. Para unir los diferentes perfiles se utilizan remaches, tornillos, pernos e incluso en algunos casos la soldadura. Podemos destacar dos tipos de postes de metal. (Delaballe, 2001)

##### **2.5.2.3.1. Postes metálicos de presilla**

“Básicamente está constituido por dos tramos ensamblados por tornillos. Cada tramo está formado por 4 montantes angulares de ala iguales unidos entre sí por presillas soldadas de ahí el nombre” (Delaballe, 2001).

#### 2.5.2.3.2. Postes metálicos de celosía

Este tipo de poste se emplea prácticamente en las altas tensiones, desde medias tensiones hasta muy altas tensiones. Su forma y dimensiones dependerá de los esfuerzos a los que esté sometido, de la distancia entre postes y la tensión de la línea. (Delaballe, 2001)



**Figura 26: Poste Metálico**

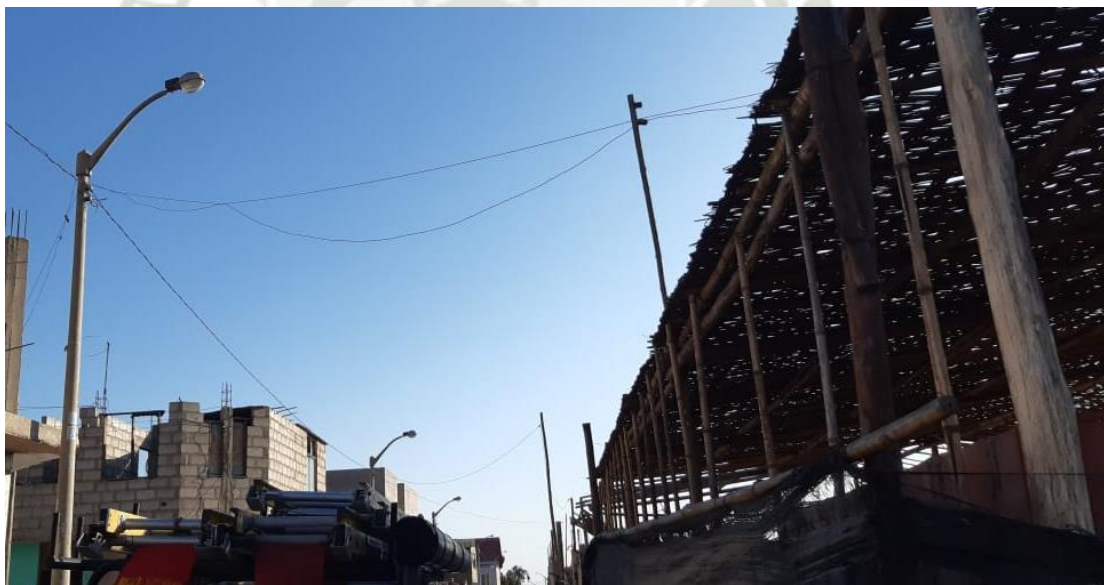
**Fuente: Delaballe, (2001)**

### 2.6. Conductores

Las partes del sistema de distribución eléctrica que llevan la corriente se conocen como conductores. Los conductores pueden ser en forma de cables sólidos o trenzados, conjuntos de cables o grandes sistemas de barras colectoras metálicas. Un conductor puede tener aislamiento o, en algunos casos, puede ser de metal desnudo. Casi todos los conductores están hechos de cobre o aluminio. Ambos de estos metales poseen la flexibilidad necesaria, la capacidad de transporte de corriente, y el costo económico para actuar como conductores eficientes y prácticos. Cobre es un mejor conductor; sin embargo, el aluminio es un 30 por ciento más liviano en peso. Por lo tanto, los conductores de aluminio se utilizan cuando el peso es un factor en el conductor selección. (Garrido, 2003)

La acometida es parte fundamental también del sistema de distribución. El Código Nacional de Electricidad considera a la acometida como parte de una instalación eléctrica comprendida entre la red de distribución (incluye el empalme) y la caja de conexión y medición o la caja de toma. (Gulati, 2009)

La red de distribución termina en la distribución secundaria, entre ésta y las conexiones internas domiciliarias se encuentra la acometida, una acometida es la parte de la conexión, comprendida por los conductores instalados desde el empalme con la red de distribución secundaria hasta los bornes de entrada del medidor de energía. La mayor parte de la distribución eléctrica a las cargas industriales y comerciales es a través de los cables y los cables contenidos en los conductos. Estos conductos llevan los conductores, que llevan la energía a los diversos equipos a través de un edificio. Los conductores de cobre se utilizan normalmente para la distribución de energía en interiores. El tamaño físico de cada conductor depende de la corriente de los circuitos de derivación. (Cañar, 2007)



**Figura 27: Conductores y acometidas**

**Fuente: Elaboración propia**

### 2.6.1. Elección y características del Conductor

Si bien los cálculos eléctricos, arrojaron el uso de unos conductores de menor sección se opta generalmente por el conductor AAAC de 35 mm<sup>2</sup>, por ser muy común su uso y recomendado por diferentes empresas concesionarias, ya que permite ampliaciones de redes primarias. (Rumiche, 2022)

**Tabla 6**  
**Características conductor AAAC 35**

Sección (mm <sup>2</sup> )	R20° (Ω/Km)	R75° (Ω/Km)	re (m)	X <sub>3φ</sub> (Ω/Km)	K (Ω/Km)
AAAC 35	0.948	1.136	0.002423	0.4877	1.235

**Fuente: Grupo INDECO, (2022)**

“El cálculo se realiza considerando que la máxima presión del viento, según el Código Nacional de Electricidad, es producida por el viento con velocidad de 70 km/hr (19.5 m/s)” (Grupo INDECO, 2022).

### 2.6.2. Cálculo de esfuerzo y flecha

$$\sigma_2^2 \left[ \sigma_2 + E\alpha(t_2 - t_1) + \frac{Wr_1^2 L^2 E}{24A^2 \sigma_1^2} - \sigma_1 \right] = \frac{Wr_2^2 L^2 E}{24A^2}$$

$$Wr = \sqrt{W2 + P'v2}$$

$$P'v = K \times V2 \times Sf \times D$$

$$f = \frac{Wr \times L2}{8A\sigma}$$

$$8A\sigma$$

**Donde:**

σ1: Esfuerzo admisible en la hipótesis de condiciones normales (Pa x 10<sup>6</sup>)

σ2: Esfuerzo admisible en la hipótesis final (Pa x 10<sup>6</sup>)

Wr1: Resultante en la hipótesis de partida (N/m)

Wr2: Resultante en la hipótesis final (N/m)

$t_1$ : Temperatura en la hipótesis de partida ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_2$ : Temperatura en la hipótesis ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación lineal ( $0.000023\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

E: Módulo de elasticidad ( $69600 \times 10^6\text{ Pa}$ )

A: Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

L : Vano (m)

W : Peso propio del conductor (N/m)

P'v : Componente adicional por presión del viento (Kg/m)

K : Constante igual a 0.613 para elevaciones menores a 3000 msnm.

Sf : Factor de forma (es igual a 1 para conductores de superficie cilíndrica)

D : Diámetro exterior del conductor (m)

V : Velocidad del Viento (m/s)

F : Flecha en el centro del vano (m). (Ramirez, 2012)

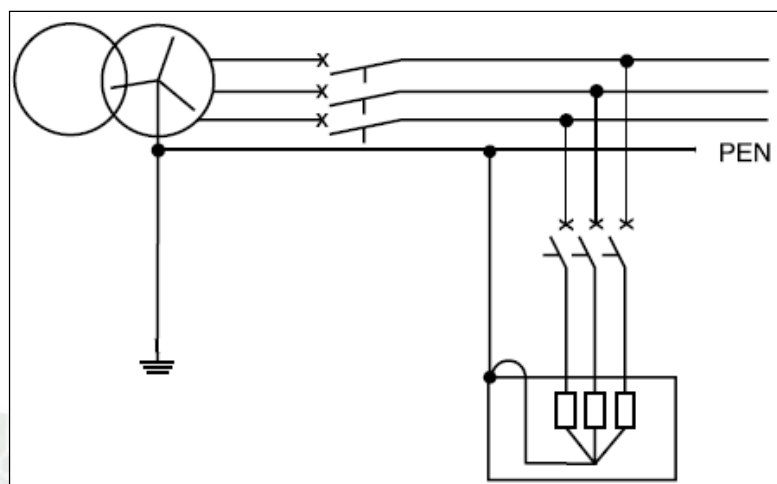
## **2.7. Tipos de Sistemas de Distribución Secundaria**

### **2.7.1. Tipos de Distribución Secundaria**

“Existen 3 tipos de sistemas de puesta del centro de estrella del transformador de la compañía distribuidora de energía eléctrica en instalaciones de Baja Tensión” (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2001).

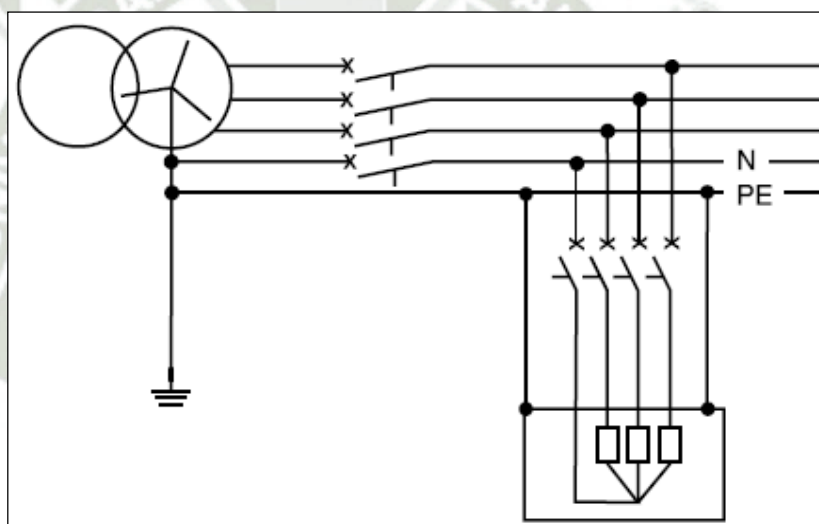
#### **2.7.1.1. TN puesta al neutro**

Este sistema utiliza al neutro conectado a tierra. Existen dos esquemas, el TNC donde el conductor neutro y protección son uno solo (conductor PEN), y el TNS en el que ambos conductores están separados (conductor PE y N). Se pueden usar en instalaciones aisladas de la red (SET privada o central generadora autónoma). La figura muestra los esquemas de los dos sistemas. (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2001)



**Figura 28: Sistema TN-C**

**Fuente: Ministerio de Energía y Minas MINEM, (2001)**

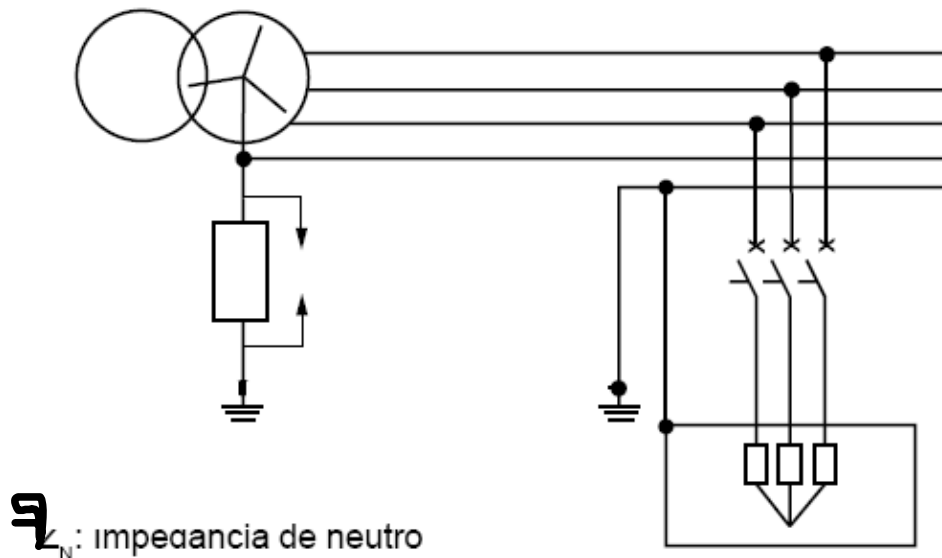


**Figura 29: Sistema TN-S**

**Fuente: Ministerio de Energía y Minas MINEM, (2001)**

### 2.7.1.2. IT neutro aislado

En este sistema el neutro no está conectado sólidamente a tierra. El neutro puede estar totalmente aislado o unido por medio de una impedancia de alto valor (neutro impedante). Se encuentra en algunas instalaciones industriales y hospitales, que disponen de transformadores de aislación o una SET privada; donde una interrupción de la alimentación pueda tener consecuencias graves, debiéndose garantizar la continuidad del servicio. (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2001)

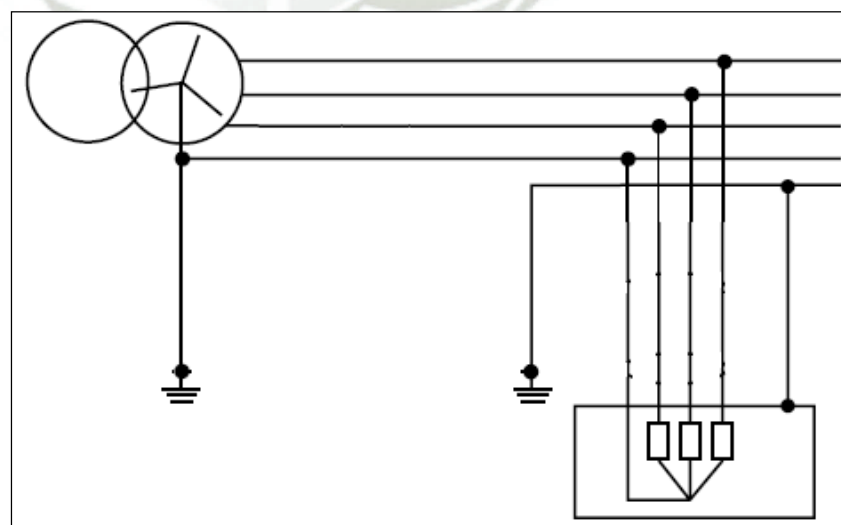


**Figura 30: Sistema I T**

**Fuente: Ministerio de Energía y Minas MINEM, (2001)**

### 2.7.1.3. TT puesta a tierra

El neutro de la fuente de energía está conectado a tierra. Las masas conductoras de la utilización están interconectadas entre sí y puestas a tierra en un solo punto separado de la puesta a tierra del neutro de la fuente de energía. Es el sistema de puesta a tierra más utilizado en las redes públicas y privadas de Baja Tensión. (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2001)



**Figura 31: Sistema TT**

**Fuente: Ministerio de Energía y Minas MINEM, (2001)**

## **2.7.2. Redes de distribución secundaria**

### **2.7.2.1. Circuitos BT**

“Conciérne a todos los conductores o cables que se conectan desde el transformador de distribución (MT/BT) y que forman parte de la red de distribución secundaria” (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2001).

### **2.7.2.2. Cables subterráneos**

Los cables subterráneos son aquellos que van enterrados bien en forma directa o en el interior de ductos o galerías ubicadas estas debajo de la superficie del terreno, generalmente son fabricados de cobre. Algunas de sus características sobre su montaje son las siguientes: Directamente enterrados, en canalizaciones entubadas, en canales revisables, en bandejas y soportes adosados a la pared. (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2001)

### **2.7.2.3. Capacidad térmica de los cables**

La temperatura máxima admisible de los conductores del cable, en régimen de operación permanente, para cables con aislamiento de papel y aislamiento termoplástico. En la tabla 7 se tiene los valores de resistencia y de corriente para cables de tipo NYY unipolar utilizado para redes subterráneas, respecto a la temperatura de operación 20 a 100°C a diferentes calibres utilizados en mm<sup>2</sup>. (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2001)

**Tabla 7**

**Capacidad de corriente conductor subterráneo**



Sección Nominal (mm <sup>2</sup> )	Resistencia Conductor (Ohm/Km)		Reactancia Inductiva Ohm/Km a 60 Hz	Capacidad de Corriente (Amp)	
	c.c. a 20°C	c.a. a 80°C		Aire Libre 30°C	Enterrado Temp=20°C 100°C-cm/W
2,5	7,41	9,16	0,182	31	43
4	4,61	5,73	0,173	41	56
6	3,08	3,83	0,164	52	70
10	1,83	2,27	0,152	71	94
16	1,15	1,43	0,143	94	121
25	0,727	0,903	0,138	126	156
35	0,524	0,651	0,132	156	187
50	0,387	0,481	0,128	192	222
70	0,268	0,334	0,124	241	272
95	0,193	0,241	0,122	300	325
120	0,153	0,192	0,119	349	370
150	0,124	0,156	0,119	402	415
185	0,0991	0,126	0,118	464	467
240	0,0754	0,097	0,117	553	540
300	0,0601	0,079	0,116	636	606
400	0,0470	0,064	0,114	742	686
500	0,0366	0,053	0,113	851	768

**Fuente: Conductores Eléctricos Peruanos CEPER, (2022)**

**2.7.2.3.1. Capacidad de corriente**

La capacidad de corriente de los cables subterráneos se ha establecido convencionalmente dentro de sus condiciones normales de operación a excepción de la profundidad de tendido que es 0.6 m. En la siguiente tabla se muestra la capacidad de corriente para cable multipolar o un sistema de cables unipolares con aislamiento de papel directamente enterrado NKY 0.6/1 KV. (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2001)

**Tabla 8**  
**Capacidad de corriente para cable multipolar**

Sección nominal	1 conductor corriente alterna cables sin armadura		2 Conductores	3 y 4 Conductores
				
mm <sup>2</sup>	A	A	A	A
1.5	--	--	30	26
2.5	--	--	40	35
4	--	--	52	45
6	--	--	65	57
10	--	--	87	76
16	--	--	115	100
25	172	147	150	130
35	205	175	180	165
50	241	207	220	195
70	294	254	270	240
95	350	303	320	290
120	395	345	365	330
150	441	387	410	370
185	494	437	470	415
240	567	507	540	480
300	631	571	610	545
400	711	654	695	615
500	781	731	--	--

**Fuente: Ministerio de energía de minas, (2022)**

#### 2.7.2.4. Acometidas

“Involucran todos los conductores que van desde la red de distribución secundaria (BT) hasta el punto de entrega (PE)” (Aracena Aguirre, 2016).

#### 2.7.2.5. Punto de entrega (PE)

Es el punto de conexión a la red y corresponde al lugar donde el consumidor o carga se conecta al sistema de baja tensión a través de la acometida. El punto de conexión a la red puede ser individual para una acometida o a su vez para varios clientes. (Aracena Aguirre, 2016)

#### 2.7.2.6. Medidores.

“Se utilizan de acuerdo a la necesidad y tarifa elegida por el cliente, registrando en la mayoría de los casos la energía en kWh de los clientes. Existen monofásicos (2 y 3 hilos) y trifásicos (3 y 4 hilos)” (Aracena Aguirre, 2016).

#### 2.7.2.7. Clientes

“Consumidores o cargas finales que pueden ser monofásicos y trifásicos a su vez residenciales, comerciales, industriales, alumbrado público, entre otros” (Aracena Aguirre, 2016).





### 3. METODOLOGÍA PARA LAS PRUEBAS ELÉCTRICAS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA

#### 3.1. Pruebas eléctricas normalizadas

Las pruebas a realizarse en los sistemas de distribución secundario se van a clasificar de acuerdo a sus componentes

**Tabla 9**

#### **Actividades de mantenimiento en subestaciones eléctricas**

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS DE TRANSFORMACION - SET		
<b>Mantenimiento Predictivo</b>		
1	SET-01 Inspección ocular de sub estación electrica de transformación	(SET)
2	SET-02 Inspección de aislamiento con medición de ruido y presencia de efecto corona	(SET)
3	SET-03 Inspección termografía en sub estación electrica de transformación	(SET)
4	SET-04 Medición del nivel de iluminación interior	(SALA)
5	SET-05 Verificación de actuación de los circuitos de protección, mando y señalización de equipos de patio de llaves	(BAHIA)
6	SET-06 Actualización de protecciones de SET, esquemas eléctricos, unifilares e instructivos	(SET)
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		
7	SET-07 Mantenimiento de aislamiento en sub estación electrica de transformación	(COLUMNNA)
8	SET-08 Mantenimiento de aislamiento-siliconado de aisladores de porcelana	(COLUMNNA)
9	SET-09 Embreado de estructuras y soporte de equipos	(M2)
10	SET-10 Pintado de estructuras metalicas, cercos de protección, soportes y componentes	(M2)
11	SET-11 Limpieza general de canaletas, buzones y poza de recolección de aceite	(M)
12	SET-12 Limpieza y mantenimiento de grava	(M2)
13	SET-13 Deshierbado de grava	(M2)
13	SET-13 Instalación de grava	(M2)
14	SET-14 Pintado de paredes y muros de subestaciones de potencia	(M2)
15	SET-15 Mantenimiento del sistema de iluminación integral	(UND)
16	SET-16 Mantenimiento electromecánico de celdas tipo armario (AT o MT)	(UND)
17	SET-17 Mantenimiento electromecánico del seccionador de línea o barra	(UND)
18	SET-18 Mantenimiento de banco de baterías	(UND)
19	SET-19 Mantenimiento de tablero de control, mandos y protección	(UND)
20	SET-20 Mantenimiento de cajas de control de agrupamiento y control de equipos de patio de llaves	(UND)
21	SET-21 Hidrolavado de aisladores de porcelana	(COLUMNNA)
22	SET-22 Pruebas eléctricas de transformadores de potencia	(UND)
23	SET-23 Análisis de aceite dieléctrico	(UND)
24	SET-24 Cambio de silicagel	(UND)
25	SET-25 Confección y cambio de letreros señalizadores	(UND)
26	SET-26 Cambio e Instalación de equipos de iluminación en patio de llaves	(UND)
27	SET-27 Mantenimiento de señalización de equipos y accesorios en sub estación electrica de transformación	(UND)

<b>Mantenimiento Correctivo</b>		
28	SET-28 Cambio de columna aislante	(UND)
29	SET-29 Cambio de terminaciones de cables de energía	(KIT)
30	SET-30 Instalación de terminaciones de cable de energía	(UND)
31	SET-31 Cambio o montaje de equipos de baja tensión: conmutadores, pulsadores, lámparas, Amperímetros, voltím	(UND)
32	SET-32 Cambio o montaje de equipos de medición y protección	(UND)
33	SET-33 Cambio o montaje de equipos en patio de llaves	(UND)
34	SET-34 Eliminación de fugas de aceite	(GBL)
35	SET-35 Cambio de conductor subterráneo	(M)
36	SET-36 Regeneración en caliente del aceite dieléctrico mediante termo vacío	(UND)
37	SET-37 Regeneración en caliente del aceite dieléctrico mediante tierra fuller	(UND)
38	SET-38 Mantenimiento electromecánico del conmutador bajo carga	(UND)
39	SET-39 Montaje de pórtico	(CONJUNTO)
40	SET-40 Nivelación de terreno de subestación eléctrica de transformación	(M2)
41	SET-41 Construcción de loza en subestación eléctrica de transformación	(M2)
42	SET-42 Construcción de buzón de concreto	(M3)
43	SET-43 Construcción de canaletas de concreto en subestación eléctrica de transformación	(M)

<b>MANTENIMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCION/LINEAS DE TRANSMISION - LT</b>		
<b>Mantenimiento Predictivo</b>		
44	ATL-01 Inspección ocular de línea de transmisión	(KM)
45	ATL-02 Inspección de aislamiento de líneas de transmisión	(ESTRUCTURA)
46	ATL-03 Inspección de termografía en líneas de transmisión	(ESTRUCTURA/V
47	ATL-04 Medición de puestas a tierra	(POZO)
48	ATL-05 Medición de tensión de paso y toque	(ESTRUCTURA)
48	L-06 Actualización de líneas, unifilares, protecciones de líneas e instructivos	(SET)

<b>Mantenimiento Preventivo</b>		
49	ATL-06 Mantenimiento de aislamiento en línea de transmisión	(CADENA/PIN)
50	ATL-07 Hidrolavado de aisladores	(CADENA/PIN)
51	ATL-08 Mantenimiento y limpieza de la franja de servidumbre	(OBJETO)
52	ATL-09 Mantenimiento de conductores, empalmes, cuellos y amortiguadores	(UNIDAD)
53	ATL-10 Mantenimiento de puesta a tierra	(POZO)
54	ATL-11 Embadurnado de poste de concreto armado centrifugado	(ESTRUCTURA)
55	ATL-12 Mantenimiento de postes de madera	(ESTRUCTURA)
56	ATL-13 Mantenimiento de retenida	(UNIDAD)
57	ATL-14 Mantenimiento de señalización de estructuras en líneas de transmisión	(ESTRUCTURA)
58	ATL-15 Reforzamiento de bases de postes de concreto armado centrifugado	(UNIDAD)
59	ATL-16 Reforzamiento de bases de postes de madera	(UNIDAD)
60	ATL-17 Podado	(ARBOL)

Mantenimiento Correctivo		
61	ATL-18 Cambio de poste - de madera por madera o concreto	(POSTE)
62	ATL-19 Cambio de Poste de concreto armado centrifugado por concreto	(POSTE)
63	ATL-20 Cambio de cruceta de madera o concreto	(UNIDAD)
64	ATL-21 Instalación o retiro de cruceta de madera o concreto	(UNIDAD)
65	ATL-22 Cambio de cadenas de aisladores	(CADENA)
66	ATL-23 Cambio de aisladores tipo line post	(AISLADOR)
67	ATL-24 Cambio de conductor aéreo	(METRO)
68	ATL-25 Cambio de ferretería	(JUEGO)
69	ATL-26 Instalación de puesta a tierra	(UNIDAD)
70	ATL-27 Cambio de retenidas	(UNIDAD)
71	ATL-28 Acarreo de poste de madera a zonas de difícil acceso	(POSTE)
72	ATL-29 Instalación de poste de concreto armado centrifugado menores o iguales a	(POSTE)
73	ATL-30 Instalación de poste de concreto armado centrifugado mayores a 14m hasta	(POSTE)
74	ATL-31 Instalación de poste de madera	(POSTE)
75	ATL-32 Retiro de poste de concreto o madera	(POSTE)
76	ATL-33 Instalación de conductor aéreo	(METRO)
77	ATL-34 Instalación de conductor subterráneo	(METRO)
78	ATL-35 Retiro de conductor aéreo	(METRO)
79	ATL-36 Retiro de conductor subterráneo	(METRO)
80	ATL-37 Templado de conductor	(METRO)
81	ATL-38 Cambio de seccionadores tipo cut out o pararrayos	(UND)
82	ATL-39 Instalación de poste de fibra	(UND)

Fuente: Pacheco, (2016)

### 3.1.1. En subestaciones eléctricas

- a) Pruebas de campo a transformadores. se revisarán el nivel del líquido refrigerante, funcionamiento del termómetro y comprobación de la lectura máxima,
- b) Pruebas de campo a interruptores,
- c) Pruebas de campo a los pararrayos,
- d) Pruebas de alto potencial a barras,
- e) Pruebas a cables de potencia,
- f) Pruebas a capacitores de potencia,
- g) Prueba de la resistencia a la red de tierra,
- h) En el aceite de los transformadores de distribución, Descripción y Pruebas de campo al aceite aislante,
- i) En el caso de subestaciones no aéreas, se verificará su señalización de riesgo eléctrico, limpieza de rejillas de ventilación, carteles de auxilios, así como los implementos de seguridad que deben de existir al interior de la

subestación eléctrica para maniobras básicas. (Pacheco, 2016)

### **3.1.2. En el pararrayos**

Va a depender del tipo de pararrayos instalado, en el caso del pararrayos de punta se verifica su conservación frente a la corrosión y la conexión mecánica adecuada a la estructura que la soporta. Así como su conexión al sistema de puesta a tierra independiente que utiliza para su descarga. (Pacheco, 2016)

### **3.1.3. En el sistema de puesta a tierra**

Como sabemos este sistema es una parte importante en el funcionamiento de las redes de distribución secundaria no solo por un mejor y adecuado funcionamiento sino y sobre todo por un aspecto de seguridad ya que permite derivar a tierra corrientes de fuga y fallas del sistema eléctrico.

- Prueba de continuidad entre los puntos conectados al sistema de puesta a tierra, para verificar que a pesar de estar en funcionamiento despejando corrientes de fallas aún se encuentran conectadas todas las partes del sistema eléctrico aterrado.
- Medición del valor del sistema de puesta a tierra, mediciones de tensiones de paso y de contacto. (Pacheco, 2016)

### **3.1.4. En las redes eléctricas del sistema de distribución secundario**

Va a depender del tipo de sistema de distribución que se analice

- Conductores eléctricos subterráneos, se recomienda realizar las pruebas de continuidad y las pruebas de resistencia de aislamiento mínimo cada tres años.
- Acometidas y Conductores eléctricos aéreos, se recomienda realizar las pruebas de continuidad, verificar sus conexiones eléctricas y mecánicas (empalmes en las cajas de distribución) y las pruebas de resistencia de aislamiento mínimo cada año
- Conductores eléctricos aéreos, en redes autoportantes, se recomienda realizar las pruebas de continuidad, verificar sus conexiones eléctricas y mecánicas (estado del fijador de neutro y del amarre del tensor) y las pruebas de resistencia de aislamiento mínimo cada año.

- Tablero general de distribución, Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos interruptores termomagnéticos o fusibles, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen para asegurar que no se realizó ningún cambio inadecuado. (Pacheco, 2016)

### **3.1.5. Alumbrado de vías publicas**

Se deberá de realizar una limpieza las luminarias y lámparas conectadas al circuito de alumbrado público, dicha limpieza deberá efectuarse con los circuitos de iluminación desconectados de la red de energía eléctrica, con una frecuencia anual y proceder con la medición de luminancia e iluminancia con los instrumentos adecuados, en las vías públicas. Además, se recomienda tener un registro de las luminarias y lámparas para el reemplazo oportuno y por zonas. (Pacheco, 2016)

### **3.2. Sistemas de distribución secundaria, empresa concesionaria Arequipa SEAL**

Para llevar a cabo las pruebas eléctricas adecuadas y oportunas en los sistemas de distribución es necesario contar con la información y registros de dicho sistema, es así que se presenta a continuación una lista de los programas y/o bases de datos con las que cuenta SEAL para administrar dicha información.

- SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA – GIS
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE TRANSFORMADORES K
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE SUBESTACIONES EKSEAL
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE INTERRUPCIONES
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE ALMACENES
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL K-REDES
- SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LAS DEFICIENCIAS

En dichos sistemas además de obtener datos actualizado de consumos de máxima demanda, se guarda la información de los trabajos de mantenimiento efectuados a las diferentes partes del sistema de distribución eléctrico. (Pacheco, 2016)

### 3.3. Elaboración de la Guía metodológica de pruebas eléctricas en sistemas de distribución.

Se ha realizado una evaluación al “Procedimiento para la Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública” 228-2009-OS/CD, cuyo objetivo es realizar el diagnóstico de todas las estructuras, conductor, aislador y ferretería de las redes de distribución en media y baja tensión con la finalidad de establecer las deficiencias que deberán ser corregidas de acuerdo a la criticidad de cada caso. (Pacheco, 2016)

**Tabla 10**  
**Deficiencias en estructuras de media tensión**

Componente	Código	Deficiencia
<b>POSTE</b>	1002	Poste en mal estado de conservación o inapropiado para la función de apoyo.
	1008	Poste inclinado más de 5°.
	1012	Estructura expuesta al impacto vehicular.
<b>EQUIPOS DE MANIOBRA, PROTECCIÓN, MEDICIÓN, REGULACIÓN O TERMINAL DE CABLE</b>	1034	Partes rígidas bajo tensión no protegidas, incumplen DS respecto a edificación.
	1036	Partes rígidas bajo tensión no protegidas, incumplen DS respecto a líneas de comunicaciones.
	1042	Protección mecánica de cable de MT rota, inexistente, insuficiente o de material inadecuado.
<b>RETENIDA</b>	1072	Retenida en mal estado.
	1074	Retenida sin conexión efectiva de puesta a tierra o sin aislador de retenida.
<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>	1082	Sistema de puesta a tierra inexistente, incompleto o en mal estado en estructuras con terminal de cable y/o equipos de maniobra, regulación, medición, protección.
	1086	Resistencia de puesta a tierra > máxima normada.

Componente	Código	Criterios de Identificación	Norma Trasgredida
POSTE	1002	Poste que ha reducido su resistencia mecánica por deterioro en su estructura, exposición a la inclinación o colapso.	Art. 31° inciso b) de LCE
	1008	Estructura inclinada expuesta a la rotura o caída.	Art. 31° inciso b) de LCE
	1012	Estructura ubicada en la calzada, esquinas, curvas y/o bermas no definidas, medio o alto tránsito vehicular.	Regla 217.A.1.a del CNE-S.
EQUIPOS DE MANIOBRA, PROTECCIÓN, MEDICIÓN, REGULACIÓN O TERMINAL DE CABLE	1034	DH:2,5 m, DV: 4,0 m accesible y no accesible.	Regla 234.C.1 del CNE-S (Tabla 234-1)
	1036	DV: 1,8 m, DH: 1,5 m con cable de comunicación.	Reglas 233.C.1 y 233.B.1 del CNE-S.
	1042	Altura de protección mínima requerida=2,4 m.	Regla 360.A del CNE-S.
RETENIDA	1072	Cable de retenida roto, con hilos rotos o destensada, que exponga la inclinación, caída del poste o contacto con puntos energizados. Existencia de elementos punzo cortantes expuestos de retenidas en mal estado o en desuso.	Art. 31° inciso b) de LCE
	1074	Cuando no existe el aislador de retenida o la conexión a una puesta a tierra efectiva.	Reglas 279.A.2 y 215 C.2 CNE-S.
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	1082	Cuando no existe puesta a tierra efectiva o con elemento deteriorado en EMT con terminal y/o equipos con elementos metálicos instalados a menos de 2,5 m.	Reglas 033.A y 215.C.1 del CNE-S, Art. 31° inciso b) de LCE
	1086	Resistencia > 25 Ohmios para un punto, para estructuras indicadas en la tipificación 1082	Regla 036.B del CNE-S

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, (2010)**

**Tabla 11**  
**Deficiencias en una SED**

Componente	Código	Deficiencia
POSTE	2002	Poste en mal estado de conservación o inapropiado para la función de apoyo.
	2004	Poste inclinado más de 5°.
	2008	Estructura expuesta al impacto vehicular.
EQUIPOS DE MANIOBRA, PROTECCIÓN, MEDICIÓN, TRANSFORMADOR, CABLES Y TERMINACIONES	2024	Partes rígidas bajo tensión no protegidas incumplen DS respecto a edificación.
	2026	Partes rígidas bajo tensión no protegidas incumplen DS respecto a líneas de comunicaciones.
	2034	Protección mecánica de cable de MT rota, inexistente o insuficiente.
	2132	Distancia de SED a estación de combustible menor al normado.
CRUCETA, SOPORTE DE TRANSFORMADOR Y OTROS EQUIPOS	2040	Mal estado de conservación de cruceta, ménsula, soporte de transformador o de otros equipos.
RETENIDA	2072	Retenida en mal estado .
	2074	Retenida sin conexión a puesta a tierra o sin aislador de retenida.
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	2082	Sistema de puesta a tierra inexistente, incompleto o en mal estado.
	2086	Resistencia de puesta a tierra > máxima normada.
TABLERO DE BT Y/O CAJA PORTAMEDIDOR, A NIVEL DE SUPERFICIE	2106	Tablero y/o caja portamedidor fácilmente accesible, en mal estado
	2104	Tablero y/o caja portamedidor sin conexión a puesta a tierra.

Componente	Código	Criterios de Identificación	Norma Trasgredida
POSTE	2002	Poste que ha reducido su resistencia mecánica por deterioro en su estructura, exposición al colapso.	Art. 31° inciso b) de LCE
	2004	Estructura inclinada expuesta a la rotura o caída.	Art. 31° inciso b) de LCE
	2008	Estructura ubicada en la calzada, esquinas, cunvas y/o bermas no definidas, medio o alto tránsito vehicular.	Regla 217.A.1.a del CNE-S
EQUIPOS DE MANIOBRA, PROTECCIÓN, MEDICIÓN, TRANSFORMADOR, CABLES Y TERMINACIONES	2024	DH:2,5 m, DV: 4,0 m accesible y no accesible	Regla 234.C.1 del CNE-S (Tabla 234-1)
	2026	DV: 1,8 m, DH: 1,50 m con cable de comunicación.	Reglas 233.B.1 y 233.C.1 del CNE-S
	2034	Altura de protección mínima requerida =2,4 m.	Regla 360.A del CNE-S
	2132	Incumplimiento de la distancia establecida en la norma vigente.	Regla 127 del CNE - S
CRUCETA, SOPORTE DE TRANSFORMADOR Y OTROS EQUIPOS	2040	Cruceta, ménsula y/o soporte de equipo por desprenderse o romperse, por mal estado de su estructura o elementos de fijación.	Art. 31° inciso b) de LCE
RETENIDA	2072	Cable de retenida roto, con hilos rotos o destensado, que exponga la inclinación, caída del poste o contacto con puntos energizados. Existencia de elementos punzo cortantes expuestos.	Art. 31° inciso b) de LCE
	2074	Cuando no existe el aislador de retenida adecuado o la conexión a una puesta a tierra efectiva.	Reglas 279.A.2 y 215 C.2 CNE-S
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	2082	Cuando no existe puesta a tierra de manera efectiva o con elemento deteriorado que no ofrece continuidad o inexistente.	Reglas 033A y 123.A del CNE-S, Art. 31° inciso b) de LCE
	2086	Resistencia de puesta a tierra : 25 Ohmios para un punto.	Regla 036.B del CNE-S
TABLERO DE BT Y/O CAJA PORTAMEDIDOR, A NIVEL DE SUPERFICIE	2106	Gabinete roto o con agujeros por corrosión, puerta abierta, sin seguro o en mal estado, bisagra deteriorada.	Art. 31° inciso b) de LCE, Art. 19° párrafo "c" del RSSTAE
	2104	Parte metálica sin conexión a puesta a tierra.	Regla 180.A.9 del CNE - S

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, (2010)**

**Tabla 12**

**Deficiencias de subestaciones de distribución (casetas a nivel, subterráneas y no convencionales)**

Componente	Código	Deficiencia
CASETA O BOVEDA	3052	Sin rejillas o con rejillas de ventilación y de ingreso rotas, hundidas o sin cierre seguro.
	3054	Sin puerta o con puerta rota, arqueada o sin cierre seguro.
GABINETE O CAJA PORTAMEDIDOR, A NIVEL DE SUPERFICIE	3074	Gabinete y/o Caja portamedidor en mal estado.

Componente	Código	Criterios de Identificación	Norma Trasgredida
CASETA O BOVEDA	3052	Rejillas ubicadas a nivel del piso, que por su mal estado pueden ocasionar accidentes a los peatones o permitir su ingreso, ausencia de seguros en accesos.	Art. 31° inciso b) de LCE
	3054	Mal estado de la puerta, o ausencia de seguro que permita el acceso de personas extrañas a la SED.	Art. 31° inciso b) de LCE
GABINETE O CAJA PORTAMEDIDOR, A NIVEL DE SUPERFICIE	3074	Gabinete roto o con agujeros por corrosión, puerta abierta, sin seguro o en mal estado, bisagra deteriorada.	Art. 19° párrafo "c" del RSSTAE

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, (2010)**

**Tabla 13**

**Tipificación de deficiencias de subestaciones de distribución compacta (subterránea o pedestal)**

Componente	Código	Deficiencia
TABLERO DE BT, EQUIPO DE MEDICIÓN	4028	Tablero y/o caja portamedidor en mal estado.
	4026	Tablero y/o caja portamedidor sin conexión a P.T.
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	4042	Resistencia de puesta a tierra > Máxima permitida.
	4049	Sistema de puesta a tierra inexistente, incompleto o en mal estado.
CARCASA	4072	Sin puerta o rejilla, o con puerta o rejilla rota, arqueada y sin cierre seguro.

Componente	Código	Criterios de Identificación	Norma Trasgredida
TABLERO DE BT, EQUIPO DE MEDICIÓN	4028	Gabinete roto o con agujeros por corrosión, puerta abierta, sin seguro o en mal estado, bisagra deteriorada.	Art. 31° inciso b) de LCE, Art. 19° párrafo "c" del RSSTAE
	4026	Parte metálica sin conexión a puesta a tierra.	Regla 180.A.9 del CNE – S
SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	4042	Resistencia > 25 Ohmios	Regla 036.B del CNE – S
	4049	Cuando no existe puesta a tierra de manera efectiva o con elemento deteriorado que no ofrece continuidad o inexistente.	Reglas 033A y 123.A del CNE-S, Art. 31° inciso b) de LCE
CARCASA	4072	Mal estado de la puerta o rejilla, posible acceso de personas extrañas a partes con tensión.	Art. 31° inciso b) de LCE

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, (2010)**

**Tabla 14**

**Deficiencias en conductores de media tensión (conductor expuesto)**

Componente	Código	Deficiencia
<b>TRAMO DE MEDIA TENSIÓN</b>	5010	Conductor Incumple DS respecto al nivel de terreno.
	5016	Conductor Incumple DS respecto a letrero, cartel, chimenea, antena, tanque y otras instalaciones similares.
	5018	Conductor incumple DS respecto a estructura y/o cable de comunicación.
	5026	Conductor incumple distancia de seguridad respecto a edificación.
	5030	Conductor incumple distancia de seguridad respecto a estación de combustible.
	5032	Conductor incumple distancia de seguridad respecto a una instalación de baja tensión.
	5038	Conductor esta sobre edificación.

Componente	Código	Criterios de Identificación	Norma Trasgredida
<b>TRAMO DE MEDIA TENSIÓN</b>	5010	DV: entre 5,0 m a 7,0 m, dependiendo del tipo de vía, ver tabla 232-1 del CNE-S.	Regla 232 del CNE-S (Tabla 232-1)
	5016	DH: 2,5 m, DV:4,0 m accesible, DV:3,5 m no accesible	Regla 234.C.1 del CNE-S (Tabla 234-1)
	5018	DV: 1,8 m, DH : 1,50 m con cable de comunicación.	Reglas 233.B.1 y 233.C.1 del CNE-S (Tabla 233-1)
	5026	DH: 2,5 m, DV : 4,0 m accesible y no accesible.	Regla 234.C.1 del CNE-S
	5030	Si la distancia horizontal de la línea al surtidor o tanque más cercano es menor a la fijada en el CNE-S.	Regla 219. .A.3 del CNE-S.
	5032	DH: 1,5 m, DV : 1,2 m	Reglas 233.B.1 (Tabla 233-1) y 234.B.1 del CNE-S
	5038	Cuando una línea de MT esta sobre una edificación con DV mayor a 4 m.	Regla 230.A.3 del CNE-S.

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, (2010)**

Las abreviaturas utilizadas en las tablas se detallan a continuación

RSSTAE: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas.

DS: Distancia de Seguridad.

CNE-S: Código Nacional de Electricidad-Suministro.

P.T.: Puesta a Tierra.

AT, MT y BT: Alta, Media y Baja Tensión.

DH: Distancia de Seguridad Horizontal.

DV: Distancia de Seguridad Vertical.

LCE Ley de Concesiones eléctricas. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2010)

**Tabla 15**  
**Deficiencias en estructuras de baja tensión**

Componente	Código	Deficiencia
<b>Poste</b>	6002	Poste en mal estado de conservación o inapropiado para la función de apoyo.
	6004	Poste inclinado más de 5° o con deficiencias en la cimentación.
	6006	Caja portafusible de poste con partes energizadas expuestas y accesibles.
	6008	Protección mecánica de cable rota, inexistente, insuficiente o material inapropiado.
<b>Retenida</b>	6024	Retenida en mal estado.
<b>Componente de Alumbrado Público</b>	6026	Pastoral de AP en mal estado o por desprenderse.
	6028	Artefacto de AP desprendido o por desprenderse.

Componente	Código	Criterios de Identificación	Norma Trasgredida
<b>Poste</b>	6002	Poste que ha reducido su resistencia mecánica por deterioro en su estructura, alta probabilidad de colapsar	- Art. 31° inciso b) de LCE
	6004	Estructura con inclinación mayor a 5° o con notorias deficiencias en la cimentación, alta probabilidad de colapsar.	- Art. 31° inciso b) de LCE
	6006	Caja portafusible sin tapa con partes vivas energizadas expuestas o aisladas precariamente ubicados a una altura menor de 2,50 m.	- Art. 31° inciso b) de LCE
	6008	Altura mínima de la protección= 2,40 m.	- Art. 31° inciso b) de LCE - Regla 360.A del CNE-S
<b>Retenida</b>	6024	Cable de retenida roto, con hilos rotos o destensado, que exponga la inclinación, caída del poste o contacto con puntos energizados.	- Art. 31° inciso b) de LCE
<b>Componente de Alumbrado Público</b>	6026	Pastoral deteriorado, corroído, roto, por desprenderse o mal estado de elementos de fijación.	- Art. 31° inciso b) de LCE
	6028	Mal estado o ausencia de los elementos de fijación del artefacto de AP, desprendido o por desprenderse.	- Art. 31° inciso b) de LCE

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, (2010)**

**Tabla 16**  
**Deficiencias en conductores de baja tensión**

Componente	Código	Deficiencia
Vano de BT	7002	Conductor desnudo, forrado o aislado con aislamiento deteriorado o inadecuado.
	7004	Conductor de baja tensión sobre edificación o en contacto con techo o soporte metálico.
	7006	Conductor incumple DS respecto al nivel de terreno.
	7008	Conductor Incumple DS respecto a grifo

Componente	Código	Criterios de Identificación	Norma Trasgredida
Vano de BT	7002	Conductor desnudo, forrado (CPI) o aislado (autoportante) con el aislamiento deteriorado, o conductor con aislamiento inadecuado para exposición a la intemperie.	- Regla 278.A.1 del CNE-S - Regla 230.A.4 del CNE-S.
	7004		- Art. 31° inciso b) de LCE - Regla 230.A.3 del CNE-S.
	7006	Incumplimiento de la distancia vertical establecida en la tabla 232-1 del CNE-S.	- Regla 232.B.1. del CNE-S (Tabla 232-1)
	7008	Si la distancia horizontal de la línea al surtidor o tanque más cercano es menor a la fijada en el CNE-S.	- Regla 219.A.3 del CNE-S

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, (2010)**

**Tabla 17**  
**Deficiencias en conexiones eléctricas**

Componente	Código	Deficiencia
Acometida aérea	8002	Conductor inapropiado, o con aislamiento deteriorado o con empalmes intermedios.
	8004	Conductor no empotrado o sin protección mecánica adecuada donde no sea factible su empotramiento.
	8006	Conductor no cumple con distancia de seguridad respecto al nivel de terreno o techo.
	8008	Conductor en contacto con la parte metálica de la edificación.
	8010	Acometida fijada precariamente sin elementos apropiados
Caja de medición o toma	8012	Medidor expuesto sin caja de medición.
	8016	Caja abierta, sin tapa o sin cerradura.
	8026	Caja sin fijación o con fijación defectuosa

Componente	Código	Criterios de Identificación	Norma Trasgredida
Acometida aérea	8002	Conductor de acometida inapropiado con aislamiento roto o picado o empalme(s) intermedio(s).	-Art. 31° inciso b) de LCE, -Numeral 5.14 de la DGE-11-CE-1, -Numeral 6.2.1 de la DGE-11-CE-1
	8004	Conductor de la acometida no empotrado o sin protección mecánica al ingreso de la caja portamedidor, posibilidad de electrificación de la caja.	-Art. 31° inciso b) de LCE, -Numeral 6.5, Norma DGE-11-CE-1(plano CE-3)
	8006	3,00 m sobre el suelo, vereds, pasajes o vías no transitables por vehículos, 5.50 m sobre vías públicas, calles, paseos, caminos y carreteras, 3,00 m sobre techos accesibles y 1,80 m sobre techos no accesibles.	- Numeral 6.3.1.1 y 6.3.1.3 de la DGE-11-CE-1
	8008	Conductor de la acometida en contacto con partes metálicas de la edificación: techos, columnas, vigas o rejas.	-Numeral 6.3.1.4 de la DGE-11-CE-1
	8010	Elementos de fijación de la acometida inexistentes, inapropiados o en mal estado	- Numeral. 6.2.1 de la DGE-11-CE-1 -Art. 31° inciso b) de LCE
Caja de medición o toma	8012	Medidor instalado sin caja portamedidor, accesible a la manipulación	- Art. 31° inciso b) de LCE, - Numeral 9.3 de la DGE-11-CE-1
	8016	Caja abierta, sin tapa o sin cerradura, con elementos energizados en el interior.	- Art. 31° inciso b) de LCE, Numeral 9.3 de la DGE-11-CE-1
	8026	Caja no empotrada o mal fijada, expuesta a manipulación	- Art. 31° inciso b) de LCE, - Numeral 9.1 de la DGE-11-CE-1, - Numeral 9.3 de la DGE-11-CE-1

**Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, (2010)**

### 3.4. Cronograma de mantenimiento óptimo de los sistemas de distribución

El mantenimiento eléctrico permite detectar fallas que comienzan a gestarse y que pueden producir en el futuro cercano o a mediano plazo una parada de una planta y/o un siniestro afectando a personas e instalaciones. Esto permite la reducción de los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de salidas de servicio imprevistas, no programadas, gracias a su aporte en cuanto a la planificación de las reparaciones y del mantenimiento.

Los beneficios de reducción de costos incluyen ahorros de energía, protección de los equipos, velocidad de inspección y diagnóstico, verificación rápida y sencilla de la reparación.

- Análisis del aceite de los transformadores.
- Mantenimiento y pruebas eléctricas de los transformadores de potencia.
- Mantenimiento preventivo de los sistemas de transmisión. (Pacheco, 2016)

#### 3.4.1. Análisis del aceite de los transformadores

Las pruebas se realizarán a los transformadores de potencia y consiste en el análisis físico químico y cromatográfico del aceite.

##### 3.4.1.1. PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS

- Rigidez dieléctrica (ASTM D877/1816)
- Contenido de agua (ASTM D1533)
- Índice de Neutralización (ASTM D974)
- Tensión Interfacial (ASTM D971)
- Contenido de Metales
- Factor de Potencia a 25°C y 100 °C (ASTM D924).
- Contenido de inhibidor(ASTM D 2668).
- Color (ASTM D1500).
- Gravedad Específica (ASTM D1298).
- Visual (ASTM D1524).
- Sedimentos. (Pacheco, 2016)

### 3.4.1.2. PRUEBAS CROMATOGRÁFICAS

Para determinar la presencia de:

- Hidrógeno (H<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)
- Etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)
- Etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)
- Oxígeno (O<sub>2</sub>)
- Nitrógeno (N<sub>2</sub>)
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). (Pacheco, 2016)

### 3.4.2. Mantenimiento y pruebas eléctricas de los transformadores de potencia

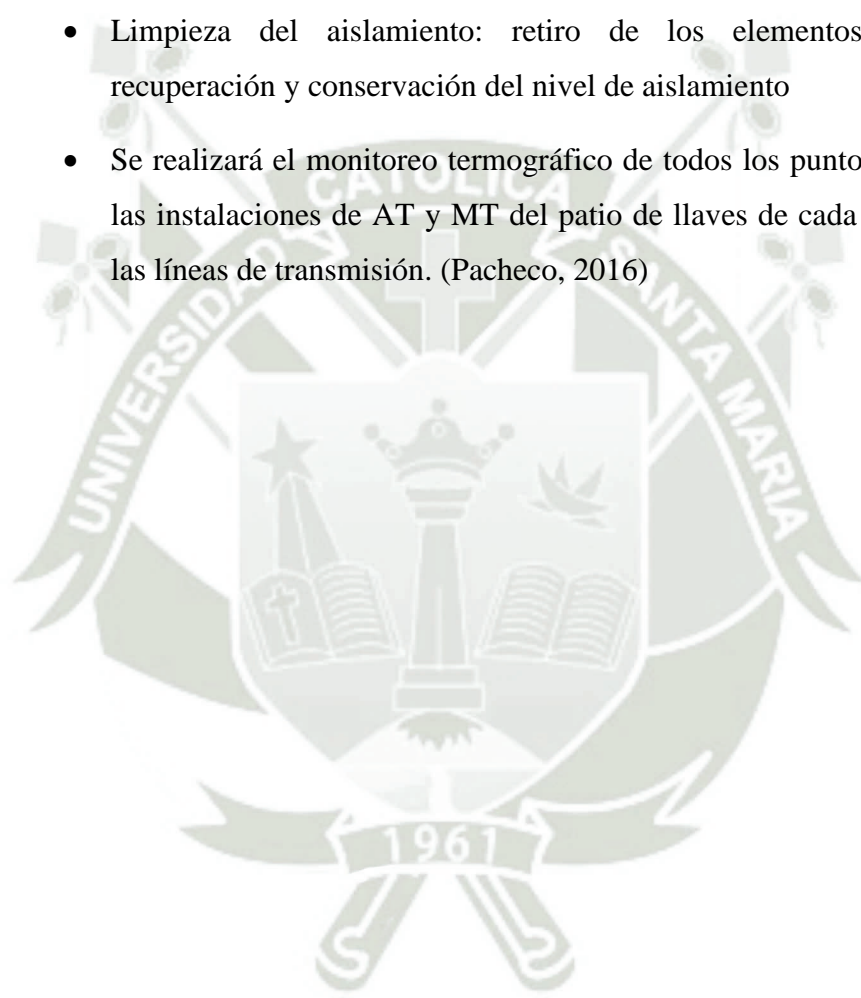
Se consideran las siguientes pruebas:

- Medición de la resistencia óhmica de los bobinados
- Medición de la resistencia de aislamiento entre los bornes de AT, BT y masa
- Medida de la relación de transformación en todos los taps del transformador
- Medición de capacitancias de bobinados
- Factor de potencia de bobinados
- Medición de la corriente de excitación
- Prueba de respuesta al barrido de la frecuencia (SFRA)
- Verificación de la polaridad y grupo de conexión
- Verificación de funcionamiento de los accesorios de protección propios del transformador. (Pacheco, 2016)

### **3.4.3. Mantenimiento preventivo de los sistemas de transmisión, que forman parte de la empresa concesionaria**

Las actividades a desarrollarse para este mantenimiento preventivo serian:

- Inspecciones de invasión de servidumbre, cambio de componentes, del estado de las estructuras, equipos, seccionadores, interruptores, transformadores de tensión y corriente, aisladores, cables,
- Limpieza del aislamiento: retiro de los elementos contaminantes, recuperación y conservación del nivel de aislamiento
- Se realizará el monitoreo termográfico de todos los puntos de conexión en las instalaciones de AT y MT del patio de llaves de cada subestación y de las líneas de transmisión. (Pacheco, 2016)

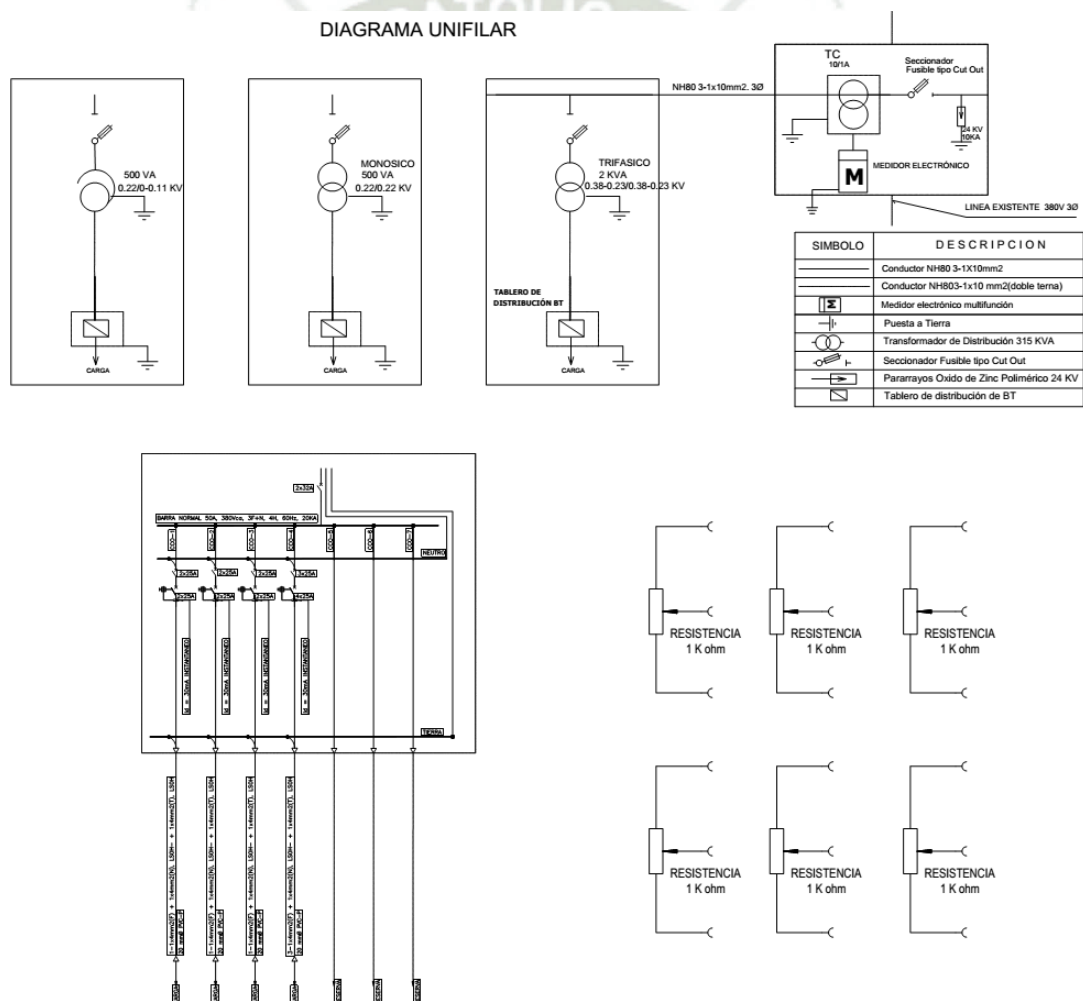




#### 4. PROCEDIMIENTO DE USO DE MÓDULO DIDÁCTICO DE ANÁLISIS DE FALLAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y PRESENTACIÓN DE GUÍAS

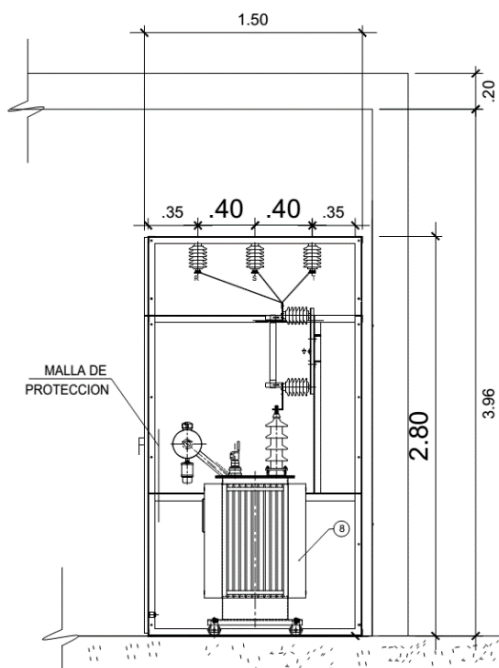
##### 4.1. Planteamiento del módulo

El módulo propuesto tiene tres partes, la primera serían las conexiones de alimentación y el transformador principal trifásico de 2KV, 380/220V, la segunda parte el transformador de aislamiento 500VA, 220V y el autotransformador 0-220, 500 VA, y la tercera parte las salidas para la carga eléctrica monofásica y trifásica. A continuación, se presenta el diagrama unifilar del módulo:



**Figura 32:** Diagrama unifilar del módulo

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 33: Alimentación a transformador trifásico**

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.2. Selección de componentes

**Tabla 18**

**Componentes del módulo didáctico**

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1 und	Estructura metálica 240cmx180cm
2	1 und	Analizador de redes trifásico
3	1 und	Transformador trifásico 380-220/380-38V de 2KVA
4	1 und	Transformador de aislamiento monofásico 220/220V, de 500VA
5	1 und	Autotransformador de 220/110V de 500VA
6	2 und	Interruptores termomagnéticos de 3x20A, de 3x40A
7	1 und	Interruptor termomagnético de 2x10A, de 2x20A
8	1 und	Interruptor termomagnético de 1x2A
9	1 und	Interruptor diferencial 4x25A-I $\Delta$ n=30mA
10	1 und	Interruptor diferencial 2x25A-I $\Delta$ n=30mA
11	1 und	Interruptor de levas 1-0-2
12	1 und	Interruptor conmutador voltimétrico
13	1 und	Voltímetro de tablero de 0 a 500VAC
14	133 und	Terminales banana hembra de 4mm
15	20 und	Interruptores de codillo pequeños
16	68 und	Resistencias de potencia de diferentes valores
17	2 und	Placas universales de circuito impreso
18	4 und	Regletas de borneras de 20A
19	3 und	Porta fusibles para tablero
20	12 und	Patitas de jebe
21	2 und	Tableros metálicos de 50x40cm, Tablero metálico de 50x60cm
22	3 und	Calcomanías con el dibujo pictórico de los módulos
23	50 und	Metros de cable NPT número AWG 12
24	3 und	Cajas de paso 10x10cm
25	1 und	Ferretería varios
26	3 und	Aisladores de suspensión /Aislador tipo Pin

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
27	3 und	Seccionadores
28	1 und	Caja portafusible 100 A
29	1 und	Toma tipo clavija 3L+T 32A
30	3 und	Grapa tipo pistola

**Fuente: Elaboración propia**

Para la construcción del módulo se propone utilizar una estructura metálica (conformada por tubería cuadrada de hierro negro), las dimensiones aproximadas de la estructura son de: 250 cm de ancho, de profundidad 90 cm y de altura 183 cm, sobre dicha estructura ira una plancha de melanine blanco de 15mm de espesor y de dimensiones 250x183cm, en la cual se hará las perforaciones de acuerdo a la distribución de equipos y salidas detalladas en el diagrama unifilar.

En las perforaciones se colocarán los terminales y se continua con la colocación de los equipos y elementos, de acuerdo al diseño, se conectarán los transformadores trifásicos, aislamiento y autotransformador, analizador de redes, disyuntores, boquillas entre otros dispositivos.

La estructura metálica del módulo también servirá de apoyo mecánico para los aisladores y seccionadores que alimentaran el trasformador trifásico principal, de tal manera que se tenga una disposición similar a la real en una red de distribución eléctricas y en las guías que se podrían hacer con el módulo considerar los mismos procedimientos de apertura y seguridad que en las redes de distribución reales.

A continuación, se detallan los equipos que conformarían el módulo:

**4.2.1. Transformador trifásico 380-220/380-220V/38-22V, de 5KVA**

Los transformadores eléctricos de distribución en aceite pueden ser trifásicos y monofásicos, son empleados para aumentar o reducir los niveles de energía en media tensión (M.T.) y Baja Tensión (B.T.), principalmente en áreas residenciales, e industriales. Están sumergidos en aceite dieléctrico como modo de refrigeración y pueden ser instalados en una caseta dentro de los edificios como fuera y en postes exteriores al descubierto. El que se propone como parte del módulo es un transformador de 5KVA. (Omega Electric, 2022)

**Características de fabricación:**

Transformador trifásico: de 5 kVA

Nivel de tensión primario: 380V

Normas nacionales e internacionales.

INTINTEC 370.002: Diseño de fabricación y pruebas

IEC 60076: Diseño de fabricación y pruebas

IEC 60076-7: Diseño de fabricación y pruebas

ANSI C571210: Diseño de fabricación y pruebas. (Pacheco, 2016)

La alimentación eléctrica a dicho equipo se puede realizar con el siguiente calculo:

$$Pa = \sqrt{3} * 380V * In$$

$$5000VA = \sqrt{3} * 380V * In$$

$$In = 7.60A$$

$$Id = 1.25 * 7.60A$$

$$Id = 9.50A$$

Por lo que se seleccionó el conductor de 4mm<sup>2</sup>.

**4.2.2. Transformador de aislamiento monofásico 220/220V, de 1KVA**

Los transformadores de aislamiento se usan para proporcionar un aislamiento galvánico entre las líneas de alimentación de CA (red) y el dispositivo alimentado. Eso significa que no hay un camino de corriente continua entre los dos devanados. Cumple propósitos principales:

- El primero es aislar el secundario del suelo (tierra)
- El segundo es proporcionar un aumento o disminución de los voltajes de línea (red)
- El tercero es reducir el ruido de línea que se transmite del primario al secundario o viceversa. (Omega Electric, 2022)

Los transformadores de aislamiento, para empezar, son transformadores, y comparten las características comunes de los transformadores. Los bobinados primarios y secundarios están enrollados en un núcleo ferromagnético común. El transformador de aislamiento elegido, es un Transformador de aislamiento monofásico 220/220V, de 1KVA, que tiene las siguientes características:

Norma de Ejecución: IEC – 76 / ITINTEC 370.002

Factor de potencia: 0.80 para K1 (3,500 msnm)

Factor de potencia: 0.99 para K13 (4,500 msnm)

Fases: MONOFASICO

ENTRADA: 220VAC

SALIDA: 220VAC. (Pacheco, 2016)

#### 4.2.2.1. PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR:

- AISLAMIENTO: Doble Apantallado, Clase H, Con Pantalla Electrostática
- NÚCLEO: Laminado Hierro De Silicio, Con Corte De 45 °
- EFICIENCIA: 98% Para Mejorar La Eficiencia Y Rendimiento
- NIVEL DE AISLAMIENTO : 1.0/0.3 Kv
- Aislamiento Tipo CLASE H (180° de soporte )
- SUPRESORES RFI/EMI
- SISTEMA ATERRADO + NEUTRO

La alimentación eléctrica a dicho equipo se puede realizar con el siguiente calculo:

$$Pa = 220V * In$$

$$100VA = 220V * In$$

$$In = 4.54A$$

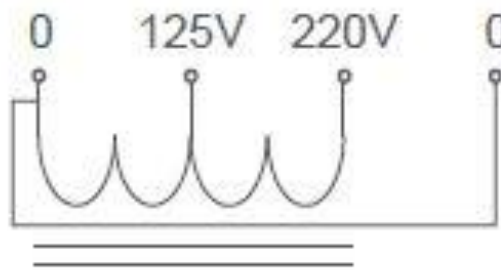
$$Id = 1.25 * 7.60A$$

$$Id = 5.68A$$

Por lo que se seleccionó el conductor de 4mm<sup>2</sup>.

#### 4.2.3. Autotransformador de 220/110V de 1000VA

Un autotransformador es una máquina eléctrica de construcción y características similares a las de un transformador, pero que, a diferencia de este, solo posee un devanado único alrededor de un núcleo ferromagnético. El Autotransformador elegido es uno reversible monofásico de 1000VA, que permite la adaptación de tensión entre 125 y 220Vac. (Pacheco, 2016)



#### Normas nacionales e internacionales.

INTINTEC 370.002: Diseño de fabricación y pruebas

IEC 60076: Diseño de fabricación y pruebas

IEC 60076-7: Diseño de fabricación y pruebas

ANSI C571210: Diseño de fabricación y pruebas. (Omega Electric, 2022)

La alimentación eléctrica a dicho equipo se puede realizar con el siguiente calculo:

$$Pa = 220V * In$$

$$100VA = 220V * In$$

$$In = 4.54A$$

$$Id = 1.25 * 7.60A$$

$$Id = 5.68A$$

Por lo que se seleccionó el conductor de 4mm<sup>2</sup>.

### 4.3. Uso y calibración de instrumentos del módulo

En el módulo se propone el uso de dos instrumentos el Analizador de redes trifásico y un voltímetro analógico, a continuación, se detallan las características y el uso de cada instrumento del módulo:

#### 4.3.1. Voltímetro analógico 0-500V

El voltímetro analógico de 0 a 500V, (0.96x0.96m) ira en el módulo debajo de la llave trifásica principal (de acuerdo a lo indicado en el diagrama unifilar), el uso de este instrumento es importante por un aspecto de seguridad, ya que por la baja exactitud del equipo no se recomienda su uso como una medición exacta, pero si para que el usuario sepa que el módulo tiene una tensión o voltaje de ingreso y por tanto, el módulo está en funcionamiento. (Ramirez, 2012)



**Figura 34:** Voltímetro analógico

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.3.2. Analizador de redes trifásico

Este instrumento permite realizar un análisis de las magnitudes eléctricas de una instalación, permite verificar la capacidad de carga, conocer el consumo, detectar problemas en los armónicos y controlar el voltaje y la sobretensión, es decir nos va a permitir realizar las evaluaciones de los diferentes tipos de cargas eléctricas que conectemos al módulo, tanto monofásicas como trifásicas, tipos de fallas, así también como en el uso del transformador de aislamiento y autotransformador. (Ramirez, 2012)

Existen muchos tipos de analizadores de redes trifásicos de instalación en panel, en el mercado, pero se ha elegido uno de la marca que está en la relación

de equipos aprobados por la OSINERGMIN, para esta clase de estudios, que sería el CVM-B100-ITF-485-ICT2, de marca CIRCUTOR, con dimensiones de 96 x 96 y 144 x 144 milímetros respectivamente. Dispone de medida en 4 cuadrantes (consumo y generación). Adecuado para instalaciones de Media o Baja Tensión, tanto en circuitos trifásicos a 3 o 4 hilos, bifásicos con o sin neutro, monofásicos o conexiones ARON., tiene las siguientes características. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin, 2016)



**Figura 35: Analizador de redes**

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 19**

**Precisión de las medidas del analizador de redes**

Precisión de medidas	
Medida de frecuencia	Clase 0.1 (.../5A, .../1A, .../0.250A)
Medida de corriente de fase	clase 0.2 ±1 dígito 0.05...8A (.../5A), 0.01...1.2A (.../1A), 0.01...0.3A (.../0.250A)
Medida de corriente de neutro	clase 1 ±1 dígito 0.05...6A (.../5A), 0.01...1.2A (.../1A), calculada (.../0.250A)
Medida de energía reactiva (kvarh)	(IEC 62053-23) Clase 1 (.../5A), clase 2 (.../1A, .../0.250A)
Medida de potencia reactiva (kvar)	(Vn 230/110 Vca) clase 1 ±1 dígito 0.05...6A (.../5A), 0.01...1.2A (.../1A), 0.01...0.3A (.../0.250A)
Medida de potencia aparente (kVA)	(Vn 230/110 Vca) clase 0.5 ±1 dígito 0.05...6A (.../5A), 0.01...1.2A (.../1A), 0.01...0.3A (.../0.250A)
Medida de energía activa (kWh)	(IEC 62053-22) Clase 0.5S (.../5A), clase1 (.../1A), clase1 (.../0.250A)
Medida de potencia activa (kW)	(Vn 230/110 Vca) clase 0.5 ±1 dígito 0.05...6A (.../5A), 0.01...1.2A (.../1A), 0.01...0.3A (.../0.250A)
Medida factor de potencia	Clase 0.5 (.../5A, .../1A, .../0.250A)
THD de corriente	Clase 1 (.../5A), clase 2 (.../1A, .../0.250A)
THD de tensión	Clase 1 (.../5A, .../1A, .../0.250A)
Medida de tensión de fase	clase 0.2 ±1 dígito (20...600 Vca, .../5A, .../1A, .../0.250A)
Medida de tensión de neutro	clase 0.5 ±1 dígito (50...600 Vca, .../5A, .../1A, .../0.250A)
Armónicos de corriente (THD)	Clase 1 (.../5A), clase 2 (.../1A, .../0.250A)
Armónicos de tensión (THD)	Clase 1 (.../5A, .../1A, .../0.250A)

#### Alimentación en alterna

Categoría de la instalación	CAT III 300 V
Consumo	máx. 23.9 VA
Frecuencia	45 ... 65Hz
Tensión nominal	100 ... 240 V ~

#### Alimentación en continua

Categoría de la instalación	CAT III 300 V
Consumo	máx. 12.2 W
Tensión nominal	120 ... 300 Vcc

#### Características mecánicas

Tamaño (mm) ancho x alto x fondo	97 x 99 x 99 (mm)
Envolvente	Plástico V0 autoextinguible
Fijación	Panel 92x92
Peso Neto (kg)	0,516

#### Características ambientales

Grado de protección	IP 40 (Frontal), IP 65 (Junta estanqueidad), IP 30 (sin montar)
Humedad relativa (sin condensación)	5 ... 95%
Temperatura de almacenamiento	-20... +80 °C
Temperatura de trabajo	-10...+50 °C

#### Normas

Certificaciones	UL 61010-1 3rd edition, CAN/CSA-C22.2 No.61010-1 3rd. edition 2012-05
Seguridad eléctrica, Altitud máx. (m)	2000
Normas	IEC 61010-1 (Parte 1), UNE-EN 61000-6-2, UNE-EN 61000-6-4, IEC 60664-1, IEC 61010-2-030 (Parte 1). Medidas conforme IEC 61557-12

#### Círculo de medida de corriente

Categoría de la instalación	CAT III 600 V
Corriente nominal (In)	.../5A, .../1A, .../0.250A
Margen medida corriente de fase	0.01...10A (.../5A), 0.01...2A (.../1A), 0.01...0.5A (.../0.250A)
Margen medida corriente de neutro	0.02...0.5A (.../0.250A, calculada)
Consumo máx. en entrada de corriente	0,9 VA
Corriente máxima de impulso	100 A
Corriente mínima de medida	0,01 A (.../5A, .../1A, .../0,250A

#### Círculo de medida de tensión

Categoría Instalación	CAT III 600V
-----------------------	--------------

**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.3.3. Multímetro digital Marca KEWEISI Modelo KWS-300-100<sup>a</sup>



**Figura 36:** Multímetro digital

**Fuente:** Elaboración propia

Se colocará un multímetro digital al ingreso de cada carga monofásica, con el cual podremos registrar el voltaje, la corriente, la potencia y la energía eléctrica activa.

Voltímetro amperímetro KWS medidor de energía LED Digital AC Wattmeter medidor eléctrico con función de reinicio 0-100A

**Modelo:** AC300-10A

1. 1 Voltaje: AC50-300V
2. Corriente: 0-10a
3. Potencia: 0-3000W
4. Capacidad: 0,01-19999Kwh
5. Tiempo: 0-200H
6. Temperatura: -10 ° C a 99 ° C
7. El paquete incluye: 1X del voltímetro (10A sin derivación/bobina CT), 1

**Función del producto:**

1. 1 voltaje actual de mensajes instantáneos. Energía Eléctrica de corriente diaria, energía eléctrica acumulada
2. Energía eléctrica y reinicio
3. Energía eléctrica y timing
4. Frecuencia nominal 45-65Hz

#### 4.3.4. Maleta Omicron CPC100

El sistema patentado de pruebas de inyección primaria CPC 100 reemplaza varios dispositivos de prueba individuales. Esto reduce los costos de transporte, además del tiempo dedicado a las pruebas. Por ello, el CPC 100 es el equipo de prueba idóneo para la puesta en servicio y el mantenimiento de activos de subestaciones. Puede utilizar el equipo CPC 100 mediante el panel frontal integrado o utilizando el software Primary Test Manager™ (PTM) en una computadora portátil. (Omicron, 2022)

##### 4.3.4.1. Aplicaciones

Transformadores de corriente (TC)

Transformadores de tensión (TT)

Transformadores

Máquinas rotativas

Sistemas de puesta a tierra

Líneas y cables

Interruptores de potencia. (Omicron, 2022)



**Figura 37: Maleta de medición Omicron**

**Fuente: Omicron, (2022)**

#### 4.4. Guías de prácticas propuestas

A continuación, se resumen las guías de laboratorio propuesta para el módulo didáctico de redes de distribución secundaria.

##### 4.4.1. GUÍA DE LABORATORIO 1

Seguridad del módulo de pruebas para acometidas en baja tensión.

**Objetivo General:** Reconocer, prevenir y definir el uso y las normas de operación segura de cada uno de los equipos eléctricos que conforman el módulo.

**Resumen:** Es importante reconocer todos los componentes del módulo, tanto de los equipos como de las protecciones, así como conocer los procedimientos de encendido y apagado del módulo y su conexión al sistema de puesta a tierra. Para mantener el módulo en buen estado de funcionamiento, así como que sea seguro para los alumnos que lo utilicen durante las prácticas. (González et al, 2015)

##### 4.4.2. GUÍA DE LABORATORIO 2

Puesta en operación de los elementos del banco de pruebas.

**Objetivo General:** Realizar la comprobación del correcto funcionamiento de los elementos de protección y equipos del módulo de pruebas.

**Resumen:** Se procederá a la inspección visual de todos los componentes y equipos y conexión a la red eléctrica para comprobar el buen estado de las conexiones y equipamiento. Realizando encendido y apagado por partes de cada transformador. (González et al, 2015)

##### 4.4.3. GUÍA DE LABORATORIO 3

Conexión y medición de un transformador trifásico de distribución sin carga.

**Objetivo General:** Realizar la conexión de un transformador trifásico de distribución sin carga desde la red de alimentación hasta la red secundaria de baja tensión del módulo.

**Resumen:** se conectará el transformador trifásico de distribución sin carga desde la red de alimentación, utilizando el procedimiento real, con los seccionadores e interruptores del módulo y se registraran todas las mediciones

de consumo en vacío mediante los equipos de medición del módulo. (González et al, 2015)

#### 4.4.4. GUÍA DE LABORATORIO 4

Red secundaria con cargas balanceadas.

**Objetivo General:** Realizar la conexión de las cargas trifásicas **balanceadas** y verificar el comportamiento de la red secundaria cuando posee cargas balanceadas.

**Resumen:** Mediante el módulo se conectará el transformador de distribución y se conectarán las cargas trifásicas con un mismo valor de impedancia, lo cual simulara una red de distribución secundaria balanceada y se realizarán las mediciones respectivas de consumo. (González et al, 2015)

#### 4.4.5. GUÍA DE LABORATORIO 5

Red secundaria con cargas desbalanceadas.

**Objetivo General:** Realizar la conexión de las cargas trifásicas **desbalanceadas** y **verificar** cual es el comportamiento de una red secundaria cuando en sus líneas se conectan cargas desbalanceadas.

**Resumen:** Mediante el módulo se conectará el transformador de distribución y se conectarán las cargas trifásicas de diferentes valores de impedancia cada una, lo cual simulara una red de distribución secundaria desbalanceada. Y se realizarán las mediciones respectivas de consumo. (González et al, 2015)

#### 4.4.6. GUÍA DE LABORATORIO 6

Simulación de falla del neutro y tierra en una red secundaria.

**Objetivo General:** Comprobar y analizar las consecuencias que tienen las cargas conectadas a la red secundaria cuando esta presenta la desconexión del neutro y tierra.

**Resumen:** en el módulo se podrá simular cuales son los efectos y consecuencias que se producen en las cargas en este caso residenciales cuando en la red de la cual es alimentada, presentan fallas tales como la desconexión del neutro y tierra y se realizarán las mediciones respectivas. (González et al, 2015)

#### 4.4.7. GUÍA DE LABORATORIO 7

Simulación de falla en una fase de la red secundaria.

**Objetivo General:** Se comprobará y analizara las consecuencias que tienen las cargas conectadas a la red secundaria cuando esta presenta la desconexión de una de sus dos fases o líneas.

**Resumen:** En el banco de pruebas se simularán los efectos que tienen las cargas de las viviendas simuladas cuando al circuito que estas están conectadas presenta la desconexión de una línea o fase. Y se realizaran las mediciones respectivas. (González et al, 2015)

#### 4.4.8. GUÍA DE LABORATORIO 8

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución TT.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TT.

**Resumen:** Por medio de esta práctica se realizará la simulación de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución, para diferentes valores de resistencia de falla. (González et al, 2015)

#### 4.4.9. GUÍA DE LABORATORIO 09

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución TT con cargas eléctricas trifásicas.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TT con cargas eléctricas trifásicas.

**Resumen:** Por medio de esta práctica se realizará la simulación de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución con cargas eléctricas trifásicas. (González et al, 2015)

#### 4.4.10. GUÍA DE LABORATORIO 10

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución IT.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución IT.

**Resumen:** Por medio de esta práctica se realizará la simulación de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución IT, ante una primera y segunda falla. (González et al, 2015)

#### 4.4.11. GUÍA DE LABORATORIO 11

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución TN-S.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TN-S.

**Resumen:** Por medio de esta práctica se realizará la simulación de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TN-S, ante una primera y segunda falla. (González et al, 2015)

#### 4.4.12. GUÍA DE LABORATORIO 12

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución TN-C.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TN-C.

**Resumen:** Por medio de esta práctica se realizará la simulación de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TN-C, ante una primera y segunda falla.

En resumen, se están proponiendo doce guías de prácticas de laboratorio para efectuarlos usando el módulo propuesto, pero dado el equipamiento planteado, así como los instrumentos, se podrían realizar muchas más experiencias, incluso como cargas se podrían conectar motores eléctricos.

Para la realización de las practicas, en todos los casos se deberá de considerar el uso de equipos de protección personal EPPs. (González et al, 2015)

A continuación, detallaremos el procedimiento de desarrollo de las guías de laboratorio propuestas para los sistemas de distribución secundaria:

#### 4.4.13. GUÍA DE LABORATORIO 1

Seguridad del módulo de pruebas para acometidas en baja tensión.

**Objetivo General:** Reconocer, prevenir y definir el uso y las normas de operación segura de cada uno de los equipos eléctricos que conforman el módulo.

### **Equipo y material a utilizar**

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.
- Medidor De Aislamiento 5KV
- Maleta Omicron CPC100

### **Procedimiento**

Se procederá de la siguiente forma:

- a. Se conectará el tomacorriente tipo clavija de 32A del módulo a la mesa de trabajo. Con el cual se energiza el módulo por medio de un conductor tetrapolar NPT 4x12 AWG y este en sus extremos posee un enchufe tipo clavija de 32A.
- b. Todos los interruptores y seccionadores del módulo deberán de estar abiertos para la conexión del módulo, y después conectarse uno a uno dependiendo del uso que se le dé al módulo.
- c. Se cerrarán los seccionadores con lo cual quedara conectado el transformador trifásico, se harán las mediciones en vacío a las salidas del transformador trifásico utilizando un multímetro digital y registrando a demás las lecturas del analizador de redes,
- d. Se conectará el autotransformador, cerrando el interruptor monofásico que lo alimenta, se harán las mediciones en vacío a las salidas del autotransformador utilizando un multímetro digital y registrando a demás las lecturas del analizador de redes
- e. Se conectará el transformador de aislamiento, cerrando el interruptor monofásico que lo alimenta, se harán las mediciones en vacío a las salidas

del transformador de aislamiento utilizando un multímetro digital y registrando a demás las lecturas del analizador de redes.

- f. El analizador de redes también tiene un interruptor termomagnético monofásico para su conexión o desconexión del módulo, además antes de realizar mediciones con dicho instrumento se tiene que configurar el tipo de carga, monofásica o trifásica, balanceado o desbalanceado, el tipo de sistema TT, IT, TNS, TNC. Se verificará que la luz piloto de color verde este encendida, cuando se conecta cada parte del módulo. Además, el voltímetro analógico de cuadro registrara el valor del voltaje.
- g. En el banco existe una barra a tierra que se encuentra conectada con la entrada de la puesta a tierra del laboratorio.
- h. El módulo tiene una barra a tierra que debe ser conectada con la puesta a tierra del laboratorio. Se realizará la comprobación de la conexión mediante una prueba de continuidad entre las dos barras.
- i. Se debe realizar todas las practicas utilizando las EPPS protecciones adecuadas para los equipos con los que se trabajara, mínimo zapatos de seguridad y guantes de seguridad dieléctricos.
- j. Antes de energizar el módulo verificar que las conexiones sean correctas y no exista conexiones incorrectas a los equipos.
- k. Para realizar cualquier modificación a las conexiones se deberá desenergizar el circuito conectado.
- l. Se deberá de evitar el contacto directo o indirecto con terminales cuando el módulo ya ha sido conectado.
- m. En caso de activarse alguna protección del módulo, interruptor termomagnético, diferencial, verificar las causas del suceso y despejar la falla antes de volver a energizar el módulo.
- n. Si algún equipo está operando incorrectamente cuando se realice la conexión, que emana olor a quemado o que está saliendo humo de él, desconectar la energía inmediatamente y comunicar al docente lo sucedido.
- o. Una vez concluido la puesta en funcionamiento de las diferentes partes del módulo se procederá al apagado y desconexión total para efectuar las

pruebas de resistencia de aislamiento al transformador de distribución trifásico:

### **Medida de Resistencia de Aislamiento**

Bobina Primaria Vs. Masa (Solo en caso de TT Capacitivo)

Bobina Primaria Vs. Bobina Secundaria (Baja Tensión 1)

Bobina Secundaria Vs. Masa

- Para medir la resistencia de aislamiento Bobina Primaria Vs. Masa, conectar el Megóhmetro correctamente, luego proceder a aplicar 5 kV, luego de 60 seg. de haber aplicado dicha tensión, tomar lectura.
- Para medir la resistencia de aislamiento Bobina Primaria Vs. Bobina Secundaria, conectar el Megóhmetro correctamente, luego proceder a aplicar 5 kV, luego de 60 seg. de haber aplicado dicha tensión, tomar lectura.
- Para medir la resistencia de aislamiento Bobina Secundaria Vs. Masa, conectar el Megóhmetro correctamente, luego proceder a aplicar 0.5 kV, luego de 60 seg. de haber aplicado dicha tensión, tomar lectura.

### **Medición de la Relación de Transformación y Polaridad**

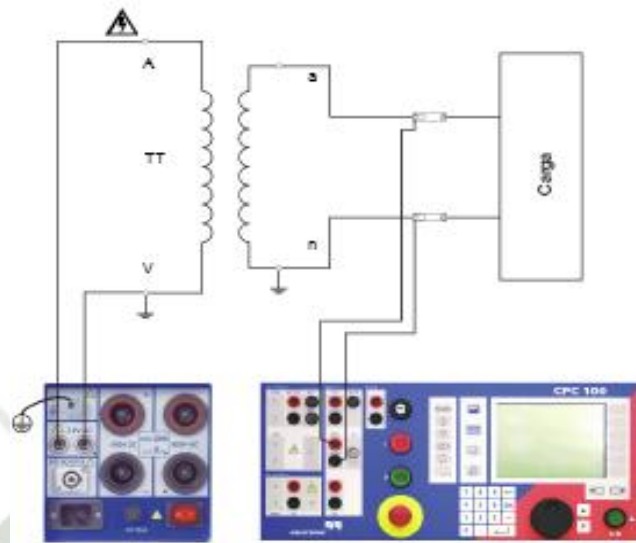
Bobina Primaria Vs. Bobina Secundaria

Verificación de Polaridad

- Para medir la Relación de Transformación, entre la Bobina de A.T. y la Bobina de Medición realizar las conexiones de acuerdo a diagrama de la maleta de pruebas CPC-100, luego a proceder a realizar la prueba.
- El equipo indica con un signo Menos (-) si la polaridad de la Bobina Primaria con respecto a la Bobina Secundaria está equivocada.

### Relación TT

Use la tarjeta de prueba Relación TT para medir la relación de un transformador de tensión (TT) en el lado primario del TT hasta de 2 KV desde la salida A/C OUTPUT.



**Figura 38: Conexión del transformador con el Equipo de Prueba**

**Fuente: Elaboración propia**

### Cuestionario

- ¿Cuál es el procedimiento para la conexión del módulo de pruebas?
- Describa cada uno de los componentes del módulo.
- ¿Indique que los cuidados que se debe tener en cuenta antes de energizar los transformadores del banco de pruebas?
- Explique las normas de seguridad que se deben de tener en el laboratorio
- ¿Qué Riesgos eléctricos existen?
- ¿Cuál es el efecto de las descargas eléctricas en el cuerpo humano?
- Explique sobre la Maleta Omicron CPC100, que pruebas se pueden realizar con el equipo.

#### 4.4.14. GUÍA DE LABORATORIO 2

Conexión y medición de un transformador trifásico de distribución sin carga.

**Objetivo General:** Realizar la conexión de un transformador trifásico de distribución sin carga desde la red de alimentación hasta la red secundaria de baja tensión del módulo. (González et al, 2015)

### Equipo y material a utilizar

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

### Procedimiento

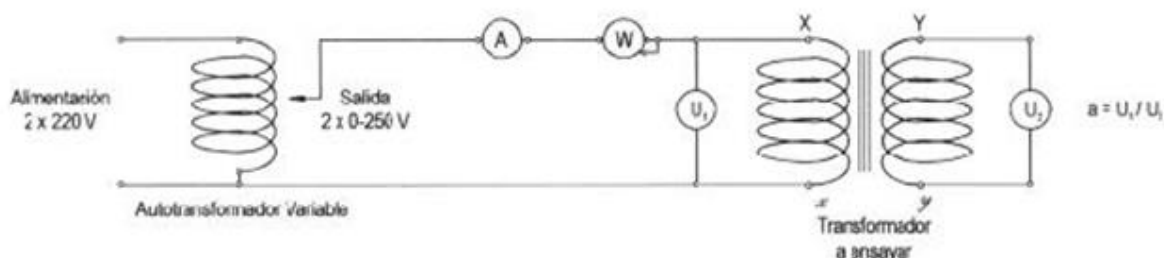
Se procederá de la siguiente forma:

- Se verificará los elementos del módulo de pruebas a utilizar para la práctica.
- Se conectará la alimentación principal del módulo
- Se energizará el módulo de pruebas, se cerrará los seccionadores y se subirá el interruptor trifásico y se verificará los voltajes de alimentación en el transformador de distribución.
- Se tomará los datos de las mediciones de los voltajes de línea y fase, así como el registro de corriente en vacío del transformador.

PRUEBA SIN CARGA		
	MAGNITUD	VALOR
ENTRADA	V1 (V)	
	I1 (A)	
	P (W)	
	Q (VAR)	
	S (VA)	
	FP	
SALIDA TRANSF.	VS-X2	
	VS-X3	
	VS-X3	
	IX1	
	IX2	
	IX3	

**Fuente: Elaboración propia**

- e. Indicar las observaciones, recomendaciones y conclusiones de la practica
- f. Se probará también el transformador de aislamiento monofásico, de acuerdo al siguiente circuito:



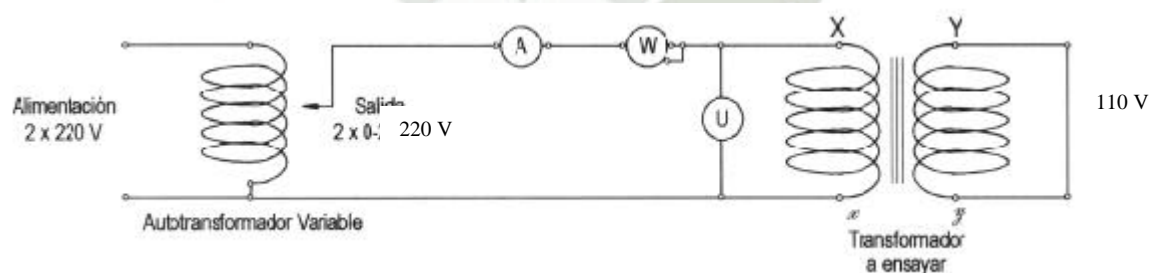
Fuente: González et al, (2015)

- g. Registrar los valores de los instrumentos, cuando la tensión en V2 es la nominal (110 V).

$I_o$	$V_o$	$W_o$	$R_m$	$X_m$	$Z_m$

Fuente: González et al, (2015)

- h. Armar el siguiente circuito.



Fuente: González et al, (2015)

- i. Regular el autotransformador variable desde cero voltios hasta conseguir en ambos arrollamientos la corriente nominal del transformador (más o menos 5%  $V_{nominal}$ ).
- j. Registrar los valores de los instrumentos para esta Corriente nominal. (González et al, 2015)

Icc	Vcc	Wcc	Rcc	Xcc	Zcc

**Cuestionario:**

1. Describa el concepto y clasificación de los transformadores
2. Describa las partes principales de los transformadores de distribución
3. ¿Describa el funcionamiento de los elementos de protección que conforman una acometida en media tensión?
4. ¿Qué es la relación de transformación y cómo puede determinarse experimentalmente?
5. Haga la distinción entre la corriente de excitación, la corriente por pérdida en el núcleo y la corriente de magnetización.
6. ¿Cuál es la ventaja de realizar la prueba de circuito abierto en el lado de bajo voltaje?
7. ¿Por qué se prefiere ejecutar la prueba de cortocircuito en el lado de alto voltaje?
8. Dibuje el circuito equivalente del transformador ensayado en laboratorio con sus respectivos valores ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_m$  y  $R_m$ ). (González et al, 2015)

**4.4.15. GUÍA DE LABORATORIO 4**

Red secundaria con cargas balanceadas.

**Objetivo General:** Realizar la conexión de las cargas trifásicas **balanceadas** y verificar el comportamiento de la red secundaria cuando posee cargas balanceadas.

**Equipo y material a utilizar**

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo

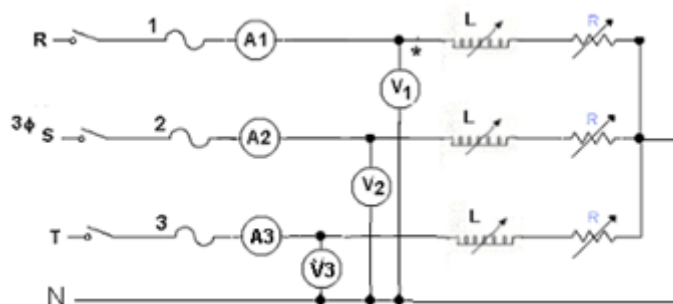
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

### **Procedimiento**

Se procederá de la siguiente forma:

- a) Se verificará los elementos del módulo de pruebas a utilizar para la práctica.
- b) Se conectará la alimentación principal del módulo
- c) Se conectará la salida del transformador trifásico de distribución a cargas eléctricas con una misma impedancia.
- d) Tomar los datos de las mediciones correspondientes a la práctica y completar las respectivas tablas.
- e) Indicar las observaciones, recomendaciones y conclusiones de la práctica.
- f) Las cargas trifásicas, cada una se considerará como el consumo de una vivienda, entonces cada carga estará conectada entre línea y neutro simulando ser una vivienda de la red de distribución secundaria.
- g) En la vivienda 1, 2 y 3 se conectan cargas iguales de diferentes tipos (R-C, R-L) que estarán conectadas a L-N.
- h) Las mediciones de los parámetros de consumo se harán mediante los multímetros digitales instalados uno en casa carga monofásica, y también los registros del analizador de redes principal del módulo.
- i) En el multímetro digital de cada impedancia se puede seleccionar el voltaje a visualizar VL1-N, la corriente, la potencia y la energía que consume dicha impedancia, que alimenta las viviendas simuladas. Todas las cargas estarán protegidas por interruptor termomagnético monofásico principal que se encuentran en los paneles de 1P-20A, a medida que cada una de las cargas entra en funcionamiento se observa las variaciones de medición en los multímetros digitales ubicadas en la red secundaria. (González et al,

2015)



**Circuito a la salida del transformador, solo cargas**

**Fuente: González et al, (2015)**

PRUEBA CON CARGA		
	MAGNITUD	VALOR
ENTRADA  (Analizador de redes CIRCUTOR)	V1 (V)	
	I1 (A)	
	P (W)	
	Q (VAR)	
	S (VA)	
	FP	
SALIDA TRANSF. (Multímetro digital)	VS-X1	
	VS-X2	
	VS-X3	
	IX1	
	IX2	
	IX3	

**Fuente: González et al, (2015)**

Repetir las mediciones modificando las cargas eléctricas, del mismo modo en las tres fases para las cargas balanceadas.

**Cuestionario:**

1. ¿En qué consiste el método de un solo vatímetro para encontrar la potencia de un circuito trifásico? Explicar con detalle.
2. ¿En qué consiste el método de dos vatímetros para encontrar la potencia de

un circuito trifásico? Explicar con detalle.

3. ¿En qué consiste el método de tres vatímetros para encontrar la potencia de un circuito trifásico? Explicar con detalle.
4. ¿Cuál de los métodos indirectos para la medición de potencia trifásico es el más exacto?
5. Obtener la Potencia Activa, Reactiva y la Potencia Aparente experimentales para cada una de la impedancia Z.
6. Obtener el factor de potencia, Potencia Activa, Reactiva y la Potencia Aparente teóricos para cada una de la impedancia Z.
7. Presentar en forma tabulada la divergencia en porcentaje dando el error absoluto relativo porcentual de cada uno de los métodos usados para las Potencias del circuito. (González et al, 2015)

#### 4.4.16. GUÍA DE LABORATORIO 5

Red secundaria con cargas desbalanceadas.

**Objetivo General:** Realizar la conexión de las cargas trifásicas desbalanceadas y verificar cual es el comportamiento de una red secundaria cuando en sus líneas se conectan cargas desbalanceadas.

##### **Equipo y material a utilizar**

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

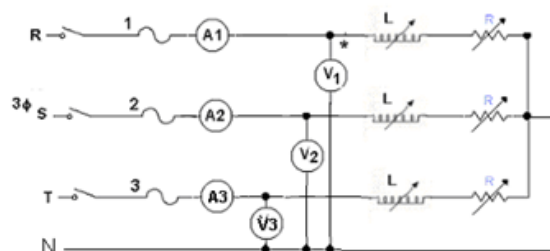
##### **Procedimiento**

Se procederá de la siguiente forma:

- a) Se verificará los elementos del módulo de pruebas a utilizar para la

práctica.

- b) Se conectará la alimentación principal del módulo
- c) Se conectará la salida del transformador trifásico de distribución a cargas eléctricas con diferentes impedancias.
- d) Tomar los datos de las mediciones correspondientes a la práctica y completar las respectivas tablas.
- e) Indicar las observaciones, recomendaciones y conclusiones de la práctica.
- f) Las cargas trifásicas, cada una se considerará como el consumo de una vivienda, entonces cada carga estará conectada entre línea y neutro simulando ser una vivienda de la red de distribución secundaria.
- g) En la vivienda 1, 2 y 3 se conectan cargas de diferentes tipos (R, R-C, R-L) que estarán conectadas a L-N.
- h) Las mediciones de los parámetros de consumo se harán mediante los multímetros digitales instalados uno en cada carga monofásica, y también los registros del analizador de redes principal del módulo.
- i) En el multímetro digital de cada impedancia se puede seleccionar el voltaje a visualizar VL1-N, la corriente, la potencia y la energía que consume dicha impedancia, que alimenta las viviendas simuladas. Todas las cargas estarán protegidas por interruptor termomagnético monofásico principal que se encuentran en los paneles de 1P-20A, a medida que cada una de las cargas entra en funcionamiento se observa las variaciones de medición en los multímetros digitales ubicadas en la red secundaria. (González et al, 2015)



**Circuito a la salida del transformador, solo cargas**

**Fuente: González et al, (2015)**

PRUEBA CON CARGA		
	MAGNITUD	VALOR
ENTRADA  (Analizador de redes CIRCUTOR)	V1 (V)	
	I1 (A)	
	P (W)	
	Q (VAR)	
	S (VA)	
	FP	
SALIDA TRANSF. (Multímetro digital)	VS-X1	
	VS-X2	
	VS-X3	
	IX1	
	IX2	
	IX3	

**Fuente: González et al, (2015)**

Repetir las mediciones modificando las cargas eléctricas, del mismo modo en las tres fases para las cargas balanceadas.

### **Cuestionario**

1. ¿Qué métodos de medición existen para encontrar la potencia de un circuito trifásico desbalanceado? Explicar con detalle.
2. Obtener la Potencia Activa, Reactiva y la Potencia Aparente experimentales para cada una de las impedancia  $Z$ .
3. Obtener el factor de potencia, Potencia Activa, Reactiva y la Potencia Aparente teóricos para cada una de las impedancia  $Z$ .
4. Presentar en forma tabulada la divergencia en porcentaje dando el error absoluto relativo porcentual de cada uno de los métodos usados para el Factor de Potencia del circuito. (González et al, 2015)

#### 4.4.17. GUÍA DE LABORATORIO 6

Simulación de falla del neutro y tierra en una red secundaria.

**Objetivo General:** Comprobar y analizar las consecuencias que tienen las cargas conectadas a la red secundaria cuando esta presenta la desconexión del neutro y tierra.

##### **Equipo y material a utilizar**

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

##### **Procedimiento**

Se procederá de la siguiente forma:

- a) Se verificará los elementos del módulo de pruebas a utilizar para la práctica.
- b) Se conectará la alimentación principal del módulo
- c) Se conectará la salida del transformador trifásico de distribución
- d) Se conectará las salidas de cada una de las viviendas simuladas.
- e) Comprobar voltajes en red secundaria, conectar cada una de las casas simuladas y energizar las respectivas cargas que están poseen, las cargas pueden ser balanceadas o desbalanceadas.
- f) Una vez que el sistema funciona de manera normal se procede a simular la falla para visualizar y analizar el comportamiento de las cargas.
- g) Se procederá a desconectar el neutro desde el transformador de distribución.
- h) Se simula la desconexión de tierra por medio del selector que se lo ubica en

position de OFF que se encontrará en la parte inferior del módulo de pruebas.

- i) Registrar los datos de las mediciones tanto de corriente como de voltaje, antes y después de la falla, correspondientes a la práctica y completar las respectivas tablas. (González et al, 2015)

	MAGNITUD	VALOR
ENTRADA (Analizador de redes)	V L1N (V)	
	V L2N (V)	
	V L3N (V)	
	I L1 (A)	
	I L2 (A)	
	I L3 (A)	
	P (W)	
	Q (VAR)	
	S (VA)	
	FP	
	CARGA MONOFASI CA. (Multimetro digital)	VLN
IL		
IN		
CARGA TRIFASICA (Multimetro digital)	VL1 L2	
	VL1 L3	
	VL3 L2	
	IL	
	IN	
	VLN	

**Fuente: González et al, (2015)**

### Cuestionario

1. ¿Cuál es la clasificación de los sistemas de distribución con respecto a su conexión del neutro?
2. ¿Cuáles son los diferentes tipos de sistemas de puesta a tierra?
3. ¿A qué se llama neutro multiaterrizado?
4. ¿Por qué en una red secundaria debe ir el neutro conectado al sistema de puesta a tierra?

5. ¿Por qué el neutro de todos los circuitos secundarios se conectan entre si?
6. ¿Por qué se conectan al sistema de puesta a tierra las cargas eléctricas?  
(González et al, 2015)

#### 4.4.18. GUÍA DE LABORATORIO 7

Simulación de falla en una fase de la red secundaria.

**Objetivo General:** Se comprobará y se analizará las consecuencias que tienen las cargas conectadas a la red secundaria cuando esta presenta la desconexión de una de sus dos fases o líneas.

##### **Equipo y material a utilizar**

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

##### **Procedimiento**

Se procederá de la siguiente forma:

- a) Se verificará los elementos del módulo de pruebas a utilizar para la práctica.
- b) Se conectará la alimentación principal del módulo
- c) Se conectará la salida del transformador trifásico de distribución
- d) Se conectará las salidas de cada una de las viviendas simuladas.
- e) Una vez que el sistema funciona de manera normal se procede a simular la falla para visualizar y analizar el comportamiento de las cargas.
- f) Se desconectará cualquiera de las fases o líneas sea desde los terminales de baja tensión del transformador de distribución.
- g) Visualizar y analizar el efecto producido en las cargas monofásicas y

trifásicas de las viviendas simuladas, realizada la simulación de la falla.

- h) Recopilar los datos de las mediciones correspondientes a la práctica y completar las respectivas tablas. (González et al, 2015)

	MAGNITUD	VALOR	
ENTRADA (Analizador de redes)	V L1L2 (V)		
	V L2L3 (V)		
	V L3L1 (V)		
	V L1N (V)		
	V L2N (V)		
	V L3N (V)		
	I L1 (A)		
	I L2 (A)		
	I L3 (A)		
	P (W)		
	Q (VAR)		
	S (VA)		
	FP		
	CARGA MONOFASI CA. (Multimetro digital)	VLN	
		IL	
IN			
CARGA TRIFASICA (Multimetro digital)	VL1 L2		
	VL1 L3		
	VL3 L2		
	IL		
	IN		
	VLN		

**Fuente: González et al, (2015)**

### Cuestionario

1. ¿Qué tipos de fallas ocurren en un sistema de distribución secundaria?
2. ¿Cuáles son las posibles causas para que una fase se interrumpa en la red secundaria?
3. ¿Cuáles son las consecuencias que se ocasionan debido a este tipo de fallas en las cargas conectadas a una red secundaria?
4. ¿Qué métodos de protección existen frente a las fallas de los sistemas de

distribución secundaria? (González et al, 2015)

#### 4.4.19. GUÍA DE LABORATORIO 8

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución TT.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TT.

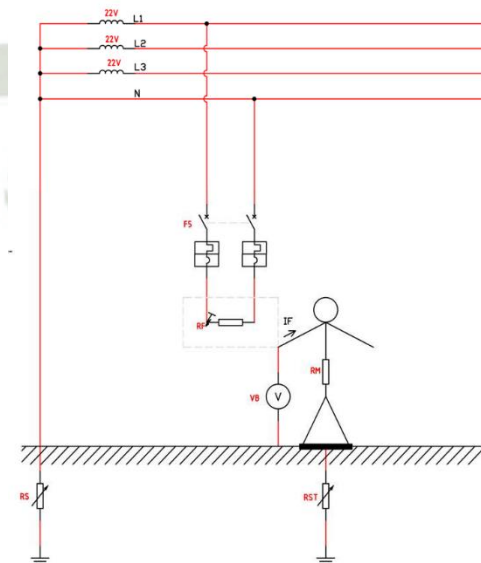
##### Equipo y material a utilizar

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

##### Procedimiento

Se procederá de la siguiente forma:

- a) Sistema TT sin cable de protección (CP)



Fuente: González et al, (2015)

Este es el esquema de conexión de este tipo de sistema TT, el neutro del transformador de distribución se conectará a tierra, mientras que la carga monofásica se encuentra sin conexión a tierra.

Ahora para realizar la simulación de la falla de aislamiento, y simular que una persona está haciendo contacto con la carga monofásica como el esquema, se utilizará la parte del módulo con resistencias, y las resistencias se irán conectando y desconectando en función de los parámetros indicados a continuación con el fin de simular la resistencia del contacto del cuerpo humano  $R_M$  y la resistencia de tierra  $R_{ST}$  de la carga, la resistencia del neutro del transformador de distribución  $R_S$  y la resistencia de falla  $R_F$ . (González et al, 2015)

**Caso 1:**

$R_M=750\Omega$  (persona con manos y pies húmedos),  $R_{ST}=250\Omega$ (piso mojado)

RS	RF		IF	VB
5 $\Omega$	2.5 $\Omega$			
	10 $\Omega$			
	20 $\Omega$			
25 $\Omega$	2.5 $\Omega$			
	10 $\Omega$			
	20 $\Omega$			
50 $\Omega$	2.5 $\Omega$			
	10 $\Omega$			
	20 $\Omega$			

**Fuente: González et al, (2015)**

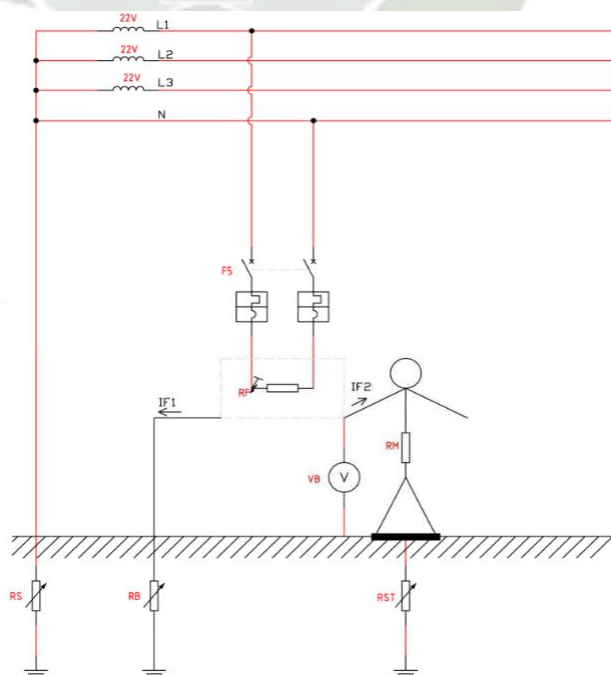
**Caso 2:  $R_M=1500\Omega$ (persona con manos y pies secos),**

**$R_{ST}=10K\Omega$  (piso seco).**

RS	RF	IF	VB
5 $\Omega$	2.5 $\Omega$		
	10 $\Omega$		
	20 $\Omega$		
25 $\Omega$	2.5 $\Omega$		
	10 $\Omega$		
	20 $\Omega$		
50 $\Omega$	2.5 $\Omega$		
	10 $\Omega$		
	20 $\Omega$		

**Fuente: González et al, (2015)**

b) Sistema TT con cable de protección (CP)



**Fuente: González et al, (2015)**

**Caso 3:**

En esta conexión de sistema TT, se nota que el neutro del transformador de distribución se encuentra conectado a tierra, además la masa de la carga también está conectada a tierra mediante la resistencia RB.

Se variará la RS, RB y RF, a diferentes valores, y se medirá la corriente de falla:

RS	RB	RF	IF1

**Fuente: González et al, (2015)**

**Cuestionario**

1. ¿En el caso 1, en qué condiciones está en más peligro la persona?, ¿cuál es la resistencia determinante?
2. ¿En el caso 2, en qué condiciones está en más peligro la persona?, ¿cuál es la resistencia determinante?
3. ¿Cuál es el valor de la tensión de contacto donde la persona no está en riesgo eléctrico?, ¿por qué?
4. ¿Cuál de las resistencias involucradas en el circuito de falla puede ser modificada por la persona?, ¿por qué?
5. Para el caso 3, considerando la corriente máxima de falla medida, calcular el consumo de energía para 24 horas de existencia de la falla. Y en un mes. Cuantificarlo con S/KWH de la página de Osinergmin. Comentar. (Aracena Aguirre, 2016)

#### 4.4.20. GUÍA DE LABORATORIO 09

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución TT con cargas eléctricas trifásicas

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TT con cargas eléctricas trifásicas.

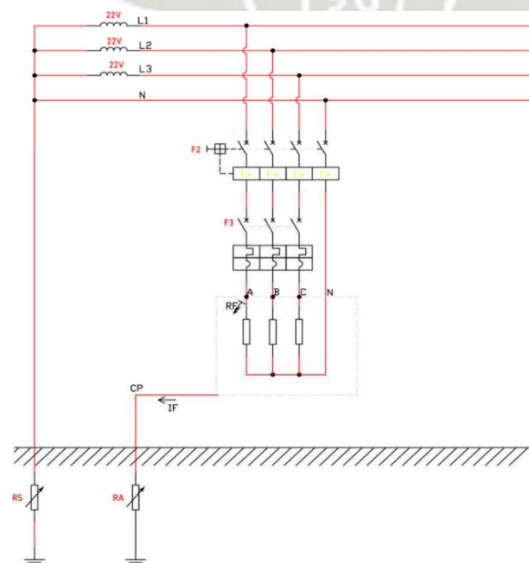
##### Equipo y material a utilizar

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

##### Procedimiento

Se procederá de la siguiente forma:

- a) Respuesta del interruptor diferencial trifásico ante diferentes tipos de fallas y condiciones trifásicas.



Fuente: Elaboración propia

Diagrama interruptor diferencial trifásico tetrapolar

- b) Se asignará valores a las resistencias  $R_S$ ,  $R_A$  Y  $R_F$ , en cada variación de resistencias se medirá la corriente de falla

$R_S$	$R_A$	$R_F$	IF (mA)

**Fuente: Elaboración propia**

- c) Verificar en las mediciones a partir de que valor el interruptor abre el circuito, compara con la sensibilidad del interruptor.
- d) Repetir el procedimiento anterior pero ahora desconecte el neutro de la carga trifásica

Respuesta del interruptor diferencial trifásico con cargas monofásicas

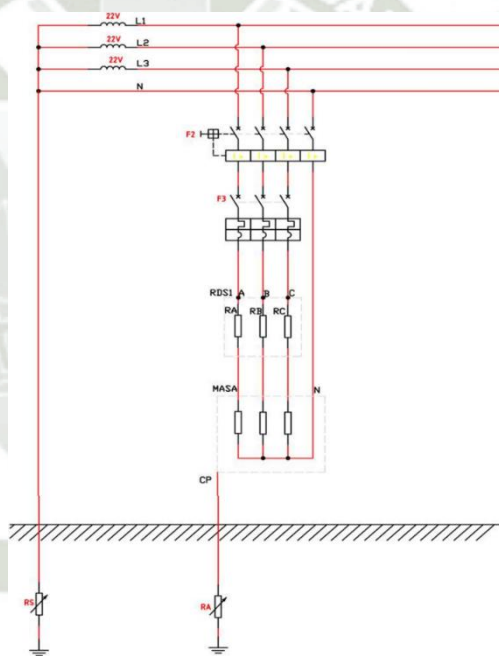
- e) Considerando los mismos valores de resistencias del caso anterior pero ahora sólo alimente carga monofásica “A” respecto a “N”, cierre primero F2 luego F3. Repita el procedimiento para la carga monofásica “B” con respecto a “N” y para la carga monofásica “C” con respecto a “N”. (González et al, 2015)

Falla monofásica	F2 Dispara (SI/NO)
A-N→ con falla a tierra	
B-N→ con falla a tierra	
C-N→ con falla a tierra	

**Fuente: González et al, (2015)**

Cargas trifásicas desbalanceadas

- f) Instalar entre el interruptor F3 y la carga trifásica el conjunto de resistencias “RDS1” (González et al, 2015).



**Fuente: Elaboración propia**

Diagrama unifilar del interruptor diferencial trifásico tetrapolar con carga trifásica desbalanceada

- g) Se asignará valores a las resistencias RS, RA Y RF, en cada variación de resistencias se medirá la corriente de falla (González et al, 2015).

RS	RA	RF	IF (mA)

**Fuente: González et al, (2015)**

- h) Producir falla a tierra en los puntos “A”, “B” y “C” como si la carga hiciera contacto con una estructura metálica industrial ( $R_{falla}=100\Omega$ ) (González et al, 2015).

TIPO DE FALLA	F2 DISPARA (SI/NO)
A→TIERRA	
B→TIERRA	
C→TIERRA	

**Fuente: González et al, (2015)**

### Cargas desbalanceadas con apertura del neutro

- i) Con el neutro conectado y sin falla, cerrar F2 y F3, y medir voltajes de línea y voltajes de fase (González et al, 2015).

VL1-N		VL1-L2	
VL2-N		VL2-L3	
VL3-N		VL3-L1	

**Fuente: González et al, (2015)**

- j) Desconecte el cable neutro de la red a la carga (carga con neutro flotante) y vuelva a medir los voltajes, tome en consideración el terminal “N” de la carga (González et al, 2015).

VL1-N		VL1-L2	
VL2-N		VL2-L3	
VL3-N		VL3-L1	

**Fuente: González et al, (2015)**

### **Cuestionario**

1. Explique el funcionamiento de un interruptor diferencial monofásico
2. Explique el funcionamiento de un interruptor diferencial trifásico
3. ¿Cómo se comporta el interruptor diferencial frente a fallas a tierra en cargas con y sin neutro?
4. ¿Cómo se comporta el interruptor diferencial monofásico?
5. ¿Qué efecto tienen las cargas en el funcionamiento de un interruptor diferencial? (Aracena Aguirre, 2016)

#### **4.4.21. GUÍA DE LABORATORIO 10**

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución IT.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución IT.

#### **Equipo y material a utilizar**

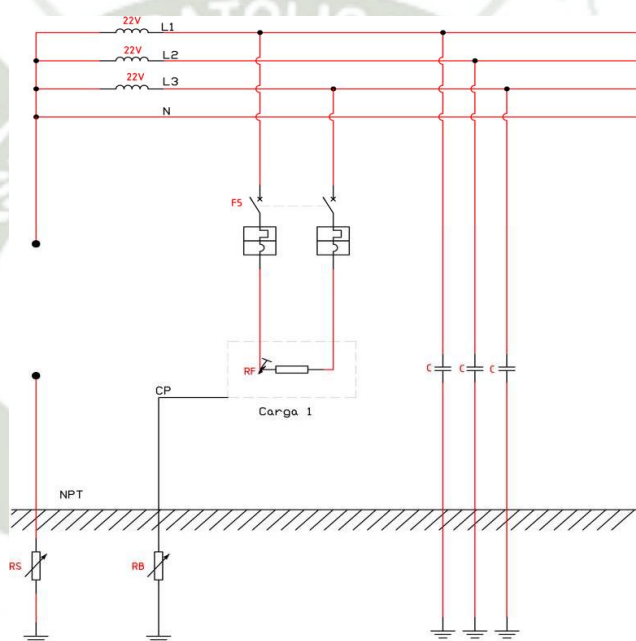
- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión

- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

**Procedimiento**

Se procederá de la siguiente forma:

- a) CASO 1. En el sistema IT, como se puede apreciar en la siguiente figura, tenemos el neutro del transformador aislado (sin conexión a tierra), pero la carga si se encuentra conectada al sistema de puesta a tierra, además se puede observar el efecto capacitivo que se da en estos tipos de sistemas.



Fuente: González et al, (2015)

VOLTAJES	V	VOLTAJES	V
VL1-N		VL1-tierra	
VL2-N		VL2-tierra	
VL3-N		VL3-tierra	
		VN-tierra	

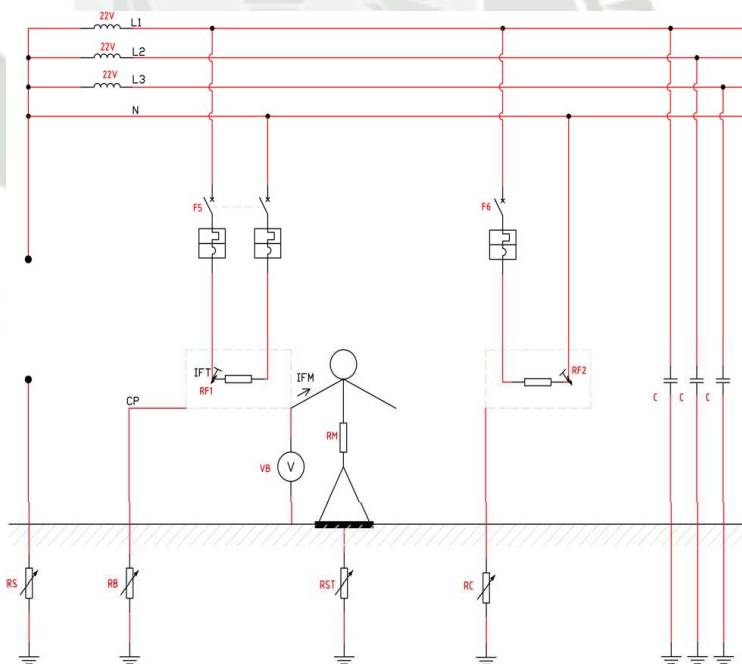
Fuente: González et al, (2015)

b) CASO 2. Genere una falla de  $R_F=2.5\Omega$  y con  $R_B=5\Omega$ , vuelva hacer mediciones de voltaje (Pacheco, 2016).

VOLTAJES	V	VOLTAJES	V
VL1-N		VL1-tierra	
VL2-N		VL2-tierra	
VL3-N		VL3-tierra	
		VN-tierra	

Fuente: González et al, (2015)

c) Caso 3. 1era y 2da falla en sistemas IT (Pacheco, 2016).



Fuente: González et al, (2015)

**1ERA FALLA:** “Sólo conectar  $R_{F1}$ , la persona toca la masa. Tener en cuenta los siguientes valores de resistencias:  $R_M=750\Omega$ ,  $R_{ST}=250\Omega$ ,  $R_{F1}=2.5\Omega$  y  $R_B=5\Omega$ . Realizar las siguientes mediciones” (Pacheco, 2016).

VB	
IFM	
VN-tierra	
VL1-tierra	
VL2-tierra	
VL3-tierra	

**Fuente: González et al, (2015)**

**2DA FALLA:** Considerando el circuito anterior, ahora también se presenta la falla 2 (RF2).

RF1	RB	RM	RST	RF2	RC
2.5 $\Omega$	5 $\Omega$	750 $\Omega$	250 $\Omega$	2.5 $\Omega$	5 $\Omega$

**Fuente: González et al, (2015)**

Realizar las siguientes mediciones

VB	
IFM	
IFT	
VN-tierra	
VL1-tierra	
VL2-tierra	
VL3-tierra	

**Fuente: González et al, (2015)**

### **Cuestionario**

1. Explique sobre los sistemas IT, ventajas y desventajas
2. Dibujar triángulo de voltajes ubicando neutro y tierra en función de los datos registrados. ¿Para el caso 1 qué potencial tiene tierra?
3. Dibujar triángulo de voltajes ubicando neutro y tierra en función de los datos registrados. ¿Para el caso 2 qué potencial tiene tierra?
4. ¿Cómo se detecta si una línea hace tierra ante la primera falla en sistemas IT?
5. ¿Será recomendable utilizar interruptor diferencial en un sistema IT?
6. ¿Cuáles son las aplicaciones del sistema de distribución IT? (Pacheco, 2016)

#### **4.4.22. GUÍA DE LABORATORIO 11**

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución TN-S.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TN-S.

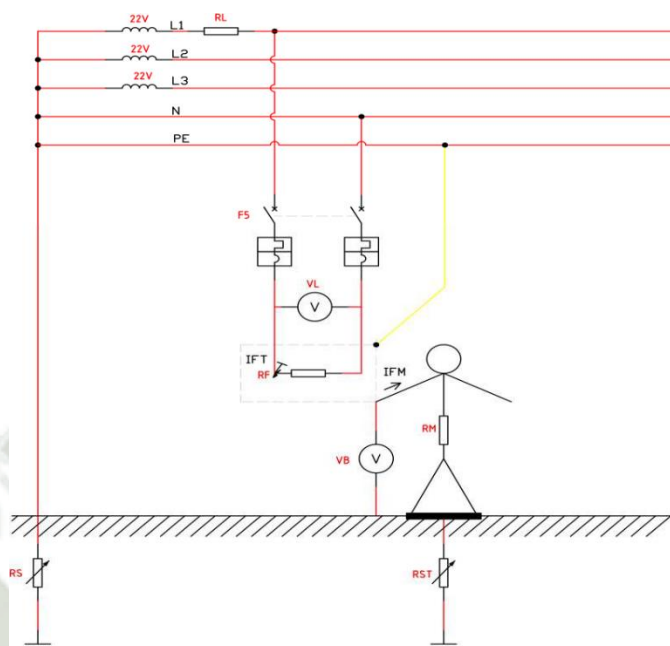
#### **Equipo y material a utilizar**

- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales
- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo.

#### **Procedimiento**

Se procederá de la siguiente forma:

- a) Caso 1. Se conectará de acuerdo al siguiente esquema. En un sistema TN-S, como se observa la masa de la carga está conectada a la tierra de la fuente



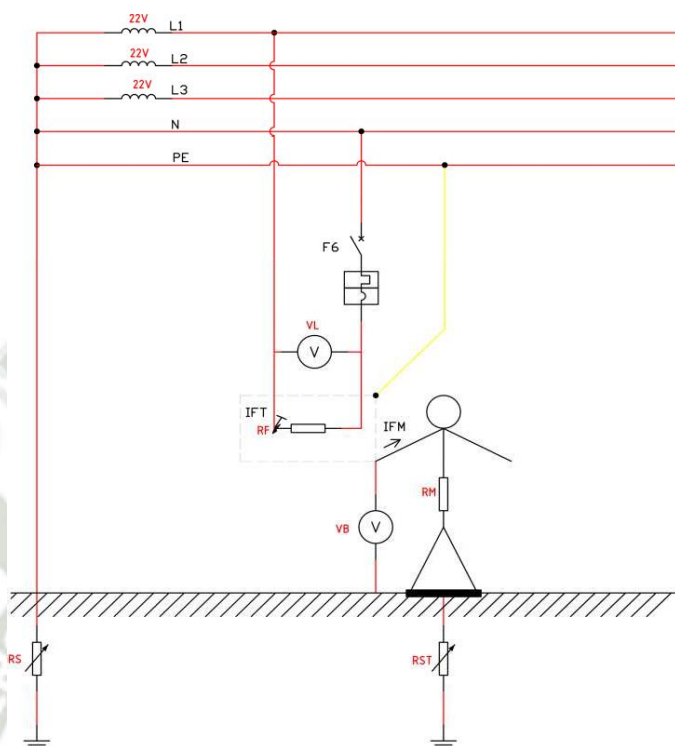
Fuente: González et al, (2015)

- b) Calcular la corriente de falla total (IFT), la corriente por la persona (IFM) y la tensión de contacto (VB) para los siguientes casos. y luego proceder a la medición en el módulo de dichos parámetros (Pacheco, 2016).

RS	RL	RM	RST	RF	IFT	IFM	VB
14Ω	0.5Ω	750Ω	250Ω	2.5Ω			
				10Ω			
				20Ω			

Fuente: González et al, (2015)

c) Caso 2. Se tiene el siguiente circuito



Fuente: González et al, (2015)

d) Considerar “F6 abierto” y los siguientes valores de resistencias (Pacheco, 2016).

RS	RF	RM	RST
14Ω	20Ω	750Ω	250Ω

Fuente: González et al, (2015)

e) Energizar el circuito (F6 cerrado), luego realizar las siguientes mediciones (Pacheco, 2016).

VL	
VB	
IFT	
IFM	

Fuente: González et al, (2015)

- f) Desenergizar el circuito (F6 abierto), luego realizar las siguientes mediciones (Pacheco, 2016).

VL	
VB	
IFT	
IFM	

**Fuente: González et al, (2015)**

#### **Cuestionario**

1. Explique sobre los sistemas TN-S, ventajas y desventajas
2. ¿Podría instalarse un interruptor diferencial para la protección de la persona en sistemas TN-S?
3. ¿Qué tipos de protección se deben de utilizar en los sistemas TN-S?
4. ¿Qué aplicaciones tienen los sistemas TN-S?
5. En qué caso de la practica las personas que utilizan este sistema estarían en riesgo. Explique. (Pacheco, 2016)

#### **4.4.23. GUÍA DE LABORATORIO 12**

Simulación de diferentes tipos de falla en un Sistema de Distribución TN-C.

**Objetivo General:** Comprobar el comportamiento de las fallas o problemas que se pueden presentar en este sistema de distribución TN-C.

#### **Equipo y material a utilizar**

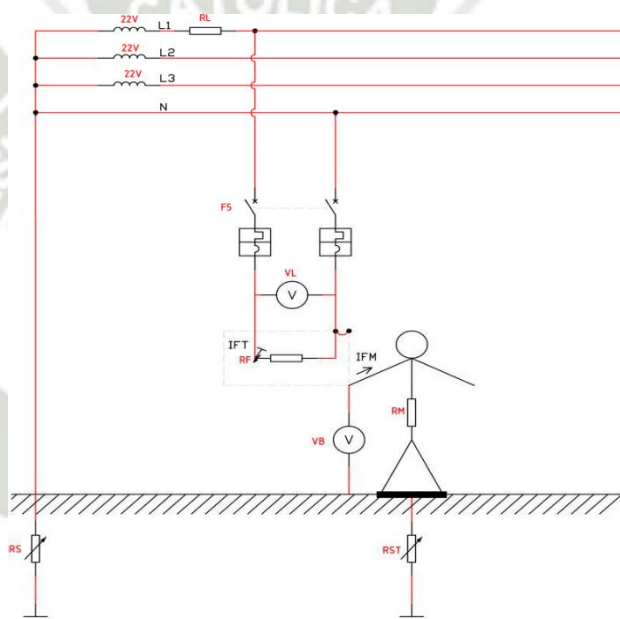
- Módulo didáctico de sistemas de distribución
- Equipos de medición: analizador de redes, y voltímetro incorporado en el módulo
- Multímetros digitales

- Cables de conexión
- Formatos para registro de valores experimentales y resultados.
- Cable de potencia NPT para alimentación al módulo. (Pacheco, 2016)

### Procedimiento

Se procederá de la siguiente forma:

- a) Caso 1. Se conectará de acuerdo al siguiente esquema. En un sistema TN-C, como se observa la masa de la carga esta conectada a la tierra de la fuente utilizando el mismo conductor neutro.



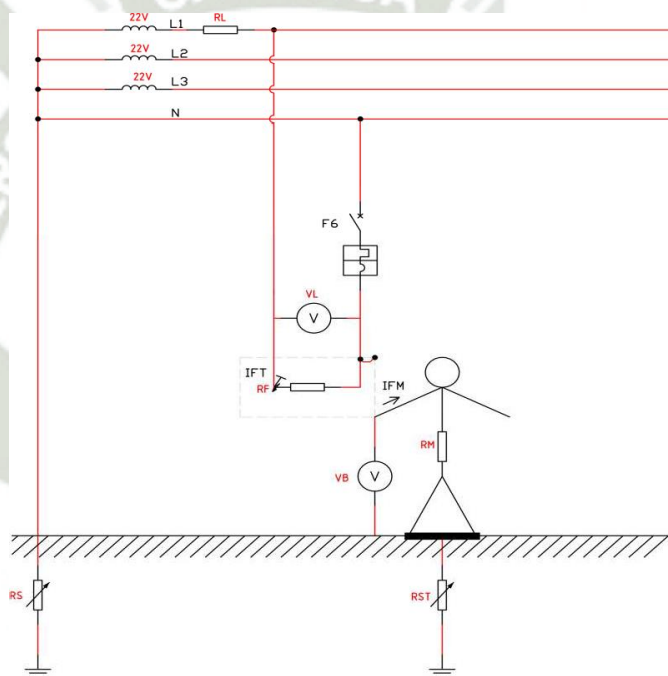
**Fuente: González et al, (2015)**

- b) Calcular la corriente de falla total (IFT), la corriente por la persona (IFM) y la tensión de contacto (VB) para los siguientes casos y luego proceder a la medición en el módulo de dichos parámetros. (Pacheco, 2016)

RS	RL	RM	RST	RF	IFT	IFM	VB
14Ω	0.5Ω	750Ω	250Ω	2.5Ω			
				10Ω			
				20Ω			

Fuente: González et al, (2015)

c) Caso 2, realizar el siguiente circuito



d) Considerar “F6 abierto” y los siguientes valores de resistencias (Pacheco, 2016).

RS	RF	RM	RST
14Ω	20Ω	750Ω	250Ω

Fuente: González et al, (2015)

e) Energizar el circuito (F6 cerrado), luego realizar las siguientes mediciones (Pacheco, 2016).

VL	
VB	
IFT	
IFM	

**Fuente: González et al, (2015)**

f) Desenergizar el circuito (F6 abierto), luego realizar las siguientes mediciones (Pacheco, 2016).

VL	
VB	
IFT	
IFM	

**Fuente: González et al, (2015)**

### Cuestionario

1. Explique sobre los sistemas TN-C, ventajas y desventajas
2. ¿Podría instalarse un interruptor diferencial para la protección de la persona en sistemas TN-C?
3. ¿Qué tipos de protección se deben de utilizar en los sistemas TN-C?
4. ¿Qué aplicaciones tienen los sistemas TN-C?
5. En qué caso de la practica las personas que utilizan este sistema estarían en riesgo. Explique. (Pacheco, 2016)

## CONCLUSIONES

### PRIMERA

En el capítulo II se dio a conocer los tipos de sistemas de distribución y su alcance, según la normatividad peruana, tanto primaria como secundaria, así como los sistemas de distribución secundario en función de su conexión a tierra, los sistemas TT, IT, TN.

### SEGUNDA

En el capítulo III, se realizó un análisis normativo referente a las pruebas eléctricas y valores normalizados de los sistemas de distribución secundario, ampliándose a la descripción de las actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo en las redes de distribución, así como en subestaciones eléctricas de distribución.

### TERCERA

En el capítulo III se presentó la Guía metodológica de pruebas eléctricas en sistemas de distribución secundario en base al “Procedimiento para la Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública” 228-2009-OS/CD, cuyo objetivo es realizar el diagnóstico de todas las estructuras, ferretería, aislador, conductor y de las redes de distribución en media y baja tensión con la finalidad de establecer las deficiencias que deberán ser corregidas de acuerdo a la criticidad de cada caso. Para los diferentes componentes de una red de distribución.

### CUARTA

En el capítulo IV, se presentó el diseño de un módulo de pruebas de fallas para sistemas de distribución secundario, así como la descripción de sus componentes, entre los cuales tenemos como principales el transformador de distribución 5KVA, transformador de aislamiento 1KVA y autotransformador 1KVA, y sus protecciones como seccionadores, interruptores termomagnéticos y diferenciales, y los instrumentos de medida fijos como analizadores de redes eléctricas a la cabecera del módulo y multímetros digitales para cada una de las cargas monofásicas y portátiles como telurómetro, megometro y Maleta Omicron CPC100, además de diferentes tipos de carga como resistencias fijas, reóstato, capacitores, inductores y se presentó doce guías de prácticas para el uso del módulo, que nos van a permitir realizar los ensayos a un sistema de distribución secundario en funcionamiento real, con diferentes tipos de cargas balanceadas y desbalanceadas, así como los procedimientos de apertura y cierre en estos tipos de sistemas, así como analizar

el comportamiento frente a fallas eléctricas en los sistema TT, IT, TNC, TNS.  
Configurando las conexiones y las resistencias, de acuerdo al detalle y esquemas de conexiones presentados en las GUÍAs.



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la implementación del módulo propuesto, para poner en prácticas los cursos de instalaciones eléctricas 2, en los que se ven los sistemas de distribución primario y secundario, además se podría usar en algunas prácticas de instalaciones eléctricas 1 y maquinas eléctricas 1 y 2, ya que en la propuesta del módulo se incluyen instrumentos que permitirían ampliar las guías para temas más específicos de estos cursos.
2. Se recomienda el uso de programas especializados en redes de distribución primario y secundario, para llevar a la par la practica simulada y con el módulo y comparar nuestros resultados para validar.
3. Dada los diferentes tipos de edificaciones como hospitales, industrias, oficinas, etc. Es importante la aplicación en el diseño de las instalaciones eléctricas para considerar en una misma instalación sistemas mixtos como TT, IT, para una mejor continuidad en el servicio eléctrico sobre todo en áreas como salas de operación o bancos.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aracena Aguirre, A. (2016). *Sistema para diagnósticos redes de baja tensión mediante análisis de flujos de potencia*. Chile: Universidad de Chile.
- Aristóteles, & Juárez Cervantes, J. (2002). *Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica*. España: Ocean Engineering.
- Bonnefoi, P. (2005). *Cuadernos de Trabajo: Introducción a la concepción de seguridad. Cuaderno Técnico N° 144*. Barcelona.
- Bravo, R. (2018). *Diseño del Sistema de Utilización en Media Tensión a nivel 22.9 kV y subestación tipo caseta de 1000 kVA para la empresa de congelados Gutiérrez*. Arequipa, Perú: UCSM. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero eléctrico].
- Cañar, S. (2007). *Cálculo Detallado De Perdidas En Sistemas Eléctricos De Distribución*. Quito Ecuador: Ambato Regional Centro Norte S.A.
- Castaño, M. (2012). *Propuesta de mejoramiento de la red eléctrica*. Bogota, Colombia: utp.edu.
- Chowdhury, A. A. (2009). *Power Distribution Practical Methods and Applications*. EEUU: Editorial Board.
- Compañía Magra SAC. (2022). *Características de postes para cálculos mecánico en armados de alineamiento*. Obtenido de <https://www.magrasac.com/>
- Compañía Magra SAC. (2022). *Empotramiento al poste*.
- Conductores Eléctricos Peruanos CEPER. (2022). *Unipolar*. Obtenido de <http://www.ceper.com.pe/pdf/66/nyy-unipolar.pdf>
- Dammert, A., Molinelli, F., & Carbajal, M. (2011). *Fundamentos Técnicos Y Económicos Del Sector Eléctrico Peruano*. Lima Perú: Osinergmin.
- Delaballe, R. (2001). *Guía de la instalación eléctrica*. Francia: Ed. France Impression Conseil.
- Df Electric. (2022). *Documentación*. Obtenido de <http://www.df-sa.es/documentacion/>

- Ecamec tecnología. (2022). *Analizador de calidad de potencia*. Obtenido de <http://www.ecamec.com.ar/productos.php?codCategoria=1>
- Enríquez Harper, G. (2001). *El abc de la calidad de la energía eléctrica*. 2da ED. Mexico: Editorial Limusa. ISBN: 9789681857790.
- Fluke Corporation. (2022). *Equipos de medición y prueba para distribuidoras de energía eléctrica*. Obtenido de <https://www.fluke.com/>
- Fundación para la Sostenibilidad Energética y Ambiental FUNSEAM. (2016). *Principales tendencias de futuro del sector energético a nivel europeo*. España: España.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento Manual*. Barcelona: Reservados Santiago García Garrido, ed.
- González et al. (2015). *Estudio de un sistema de distribución y acometidas en baja tensión*. Guayaquil.
- Grupo INDECO. (2022). *Catálogo de fabricante de conductores*. Obtenido de [https://grupokoller.com.pe/catalogos/INDECO\\_CATALOGO.pdf](https://grupokoller.com.pe/catalogos/INDECO_CATALOGO.pdf)
- Gulati, R. (2009). *Maintenance and Best Practices Reliability*. In *I. Industrial Press Reliability*. New York: Industrial Press, Inc.
- INDECO. (s.f.). *Catálogo de fabricante de conductores*.
- Mendiola, A., Aguirre, C., Aguilar, O., & Castillo, S. G. (2012). *Proyectos De Generación Eléctrica En El Perú ¿Centrales Hidroeléctricas O Centrales Térmicas?* Lima Perú: ESAM.
- Ministerio de energía de minas. (2022). *Código Nacional de Electricidad CNE*. Tomo IV.
- Ministerio de Energía y Minas MINEM. (2001). *Código Nacional Electricidad*. Tomo IV. Lima Peru: MINEM.
- Ministerio de Energía y Minas MINEM. (2003). *Dirección General de Electricidad (DGE)*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas MINEM. (2011). *Distancias mínimas de seguridad del conductor al piso*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas MINEM. (2022). *Procedimiento para Elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de*

*Utilización en Media Tensión en zonas de Concesión de Distribución.* Lima. Peru: 018-2002, N. M.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2020). *Norma Técnica E.C. 010. Redes de Distribución de Energía Eléctrica.* Lima.

Omega Electric. (2022). *Los mejores precios en Transformadores Eléctricos para tu industria.* Obtenido de <https://omegaelectric.pe/fabricacion-de-transformadores-electricos/?gclid=CjwKCAjwqauVBhBGEiwAXOepkZaBipNX4KzrPhElPdz8xtjhLuu8IL>

Omicron. (2022). *Descubra nuestro CPC 100.* Obtenido de <https://www.omicronenergy.com/es/productos/cpc-100/description/#>

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2010). *Procedimiento para la Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública* 228-2009-OS/CD. Lima.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin. (2016). *Participación de las Empresas en el Mercado Eléctrico-2016.* Obtenido de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Participacion-Empresas-Mercado-Electrico-2016.xlsx](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Participacion-Empresas-Mercado-Electrico-2016.xlsx)

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinerming. (2016). *La Industria de la Electricidad en el Perú 25 Años de aportes al crecimiento economico del Pais.* Lima Peru: MINEM.

Pacheco, A. (2016). *Mejoramiento en el mantenimiento del sistema eléctrico de distribución de Arequipa de Sociedad Eléctrica del Sur oeste S. A.* Arequipa: [Tesis para optar el título profesional de ingeniero electricista].

Ramirez, C. S. (2012). *Redes de distribución de energía.* Manizales Colombia: UNC.

Rumiche, P. V. (2022). *Subsistema de distribución primaria 22.9 kV, trifásico y subsistema de distribución secundaria 380/220 V, trifásico, instalaciones de alumbrado público y conexiones domiciliarias para la Asociación pro vivienda y servicios múltiples de los trabajadores.* Piura.

Sarzo Miranda, M. (2007). *Proyectos de Electrificación.* Lima, Peru: ISBN 978-9972-821-92-9.

Toledano Gasca, J., & Sanz Serrano, J. (2013). *Instalaciones de Distribución. Electricidad - Electrónica*. España: Editorial Paraninfo. Obtenido de <https://www.casadellibro.com/libro-instalaciones-de-distribucion-2-ed/9788428395632/2203956>

Vásquez, C. A. (2008). *Metodología Para El Cálculo De Pérdidas Técnicas En Redes De Distribución Eléctrica*. Costa Rica: UCR.

