

# CAPÍTULO I

## 1. EFICIENCIA ENERGÉTICA, CALIDAD DE ENERGÍA Y CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

### *1.1. Introducción*

La eficiencia energética por medio de la aplicación de una serie de acciones, procedimientos y capacitaciones permite optimizar la similitud entre la energía consumida y los productos o servicios finales.

El uso racional de los recursos es otra de nuestras preocupaciones, debido a esto nos hemos especializado en determinar la gestión de eficiencia energética, tanto para consumos industriales como a consumidores domésticos.

La aplicación de nuevas tecnologías permite mantener un bajo consumo de energía y obtener una alta eficiencia, manteniendo los estándares actuales y normas de operación.

#### **1.1.1. Eficiencia energética en el Ecuador.**

El sector industrial en el Ecuador se ha mostrado preocupado por el alto costo de las tarifas de energía eléctrica, sin embargo las empresas hacen muy poco para mejorar la eficiencia de sus procesos energéticos, tanto de la energía eléctrica como calórica.

La infraestructura de la mayoría de las industrias son deterioradas y no hay incentivos para modernizarla, pues su situación económica les impide hacer inversiones para mejorar la eficiencia de los procesos.

El uso no eficiente de iluminación en domicilios, edificios, industrias, áreas recreativas y vías públicas, representa un alto componente del gasto energético al país y tiene su impacto en el costo final de la energía.

### **1.1.2 Análisis de Eficiencia Energética**

Se realiza el análisis dirigido a los consumidores, con el fin de incrementar la eficiencia de sus instalaciones eléctricas, obteniendo una disminución en el consumo y en los costos de operación de las mismas.

El análisis a los consumidores permite apreciar el potencial de ahorro energético y procedemos a realizar las recomendaciones del caso, las cuales están dirigidos en el mejoramiento fundamental y concretamente en el consumo energético.

### **1.2 Eficiencia Energética en máquinas eléctricas**

La eficiencia de los transformadores es usualmente elevada, las pérdidas que en ellos se producen son una parte importante de las pérdidas del sistema eléctrico industrial o de servicios, en efecto la evaluación de estas pérdidas es imprescindible cuando se desea disminuir los costos de operación de un sistema eléctrico de la industria.

En realidad, cuando se tiene en cuenta el aspecto energético, este es sólo un elemento más a considerar en la evaluación económica para el uso eficiente de máquinas eléctricas.

### 1.2.1. Eficiencia de los transformadores

La eficiencia o rendimiento en los transformadores se la determina aplicando la fórmula 1.1, donde se estipula la potencia de salida, la potencia de entrada y las pérdidas existentes en el transformador.

#### *Formulas*

$$\eta = \frac{P_s}{P_s + P_T}$$

**Donde:**

Ps = Potencia de salida

PT= Perdidas

$$P_T = P_c + P_x$$

En la operación de transformadores es importante conocer los parámetros, como la resistencia (R), reactancia (X), y la impedancia (Z) de las características de saturación del circuito magnético, así como las pérdidas que originan en los devanados y en el núcleo; con estos datos se podrá comprobar especificaciones de diseño y determinar, además, la regulación, eficiencia y temperatura del transformador bajo diferentes condiciones de carga, voltaje y frecuencia.

### 1.3. Pruebas en el transformador

#### *1.3.1. Pruebas en vacío (Po).*

La prueba de circuito abierto se realiza en el lado secundario del transformador con circuito abierto y aplicando un voltaje nominal al lado primario, con estas condiciones se obtiene una corriente de excitación de un valor pequeño con respecto a la corriente completa de carga.

Se elige el valor nominal del voltaje para asegurar que la reactancia magnetizantes operara a un nivel de flujo aproximado al que existiría bajo condiciones normales de operación. Para fines de conveniencia, el lado de Bajo Voltaje es generalmente considerado como el lado primario es esta prueba.

Debido a que la impedancia de la rama de excitación es bastante grande, la caída de voltaje en la impedancia de dispersión principal causada por la corriente de excitación, generalmente se puede ignorar, y el voltaje principal  $V_{oc}$  casi igual a la f.e.m inducida por el flujo resultante del núcleo

Se muestra el circuito equivalente con la impedancia secundaria del transformador, referido al lado primario y en el lado secundario en vacío.

**Formulas:**

$$\frac{N1}{N2} = \frac{V1}{V2} \quad V1 = \frac{N1.V2}{N2}$$

$$\frac{I1}{I2} = \frac{N2}{N1} \quad I1 = I2 \cdot \frac{N2}{N1}$$

**Donde:**  $Z1 = \frac{V1}{I1}$

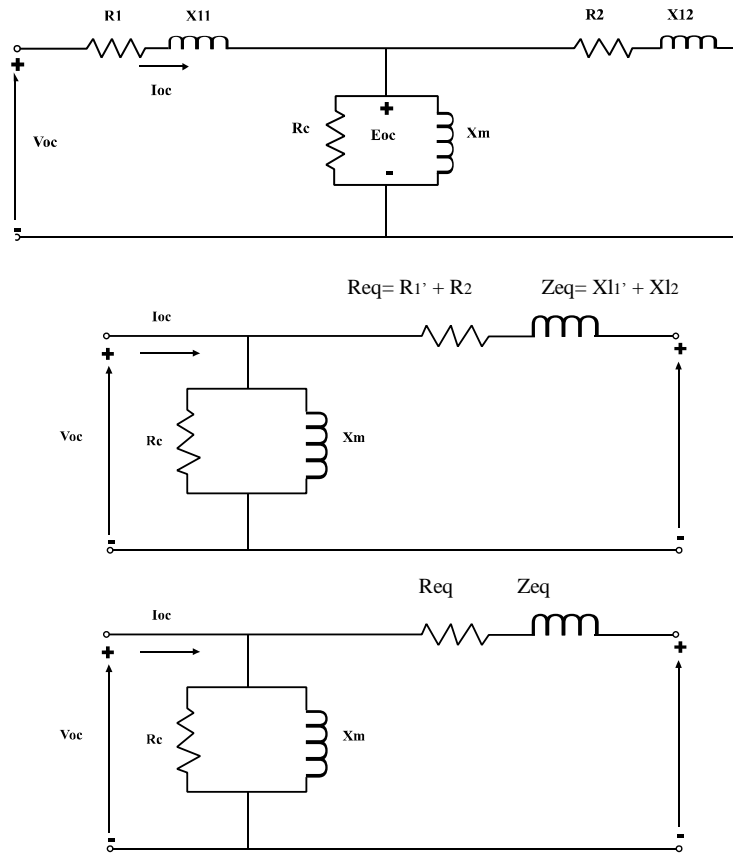
$$Z1 = \frac{\frac{N1.V2}{N2}}{I2 \cdot \frac{N2}{N1}}$$

$$Z1 = \left(\frac{N1}{N2}\right)^2 \cdot \frac{V2}{I1}$$

$$Z1' = \frac{1}{a^2} Z1$$

$$Z2' = a^2 * Z2$$

### Circuito equivalente en vacío



Generalmente el equipo de medición que se emplea para la prueba de vacío y medirá el voltaje (rms) que se aplica,  $V_{oc}$ , la corriente de vacío  $I_{oc}$ , y la potencia  $P_{oc}$ . Al ignorar la impedancia de flujo primaria y con base a estos parámetros de medición, la resistencia magnetizantes y la reactancia referido al primario puede calcularse a partir de la siguientes formulas.

$$R_c = \frac{V_{oc}^2}{P_{oc}}$$

$$|Z_{\phi}| = \frac{V_{oc}}{I_{oc}}$$

$$X_m = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{Z_\Phi}\right)^2 - \left(\frac{1}{R_c}\right)^2}}$$

**Donde:**

R<sub>c</sub>: Resistencia magnetizaste

Z<sub>φ</sub>: Impedancia de magnetización

X<sub>m</sub>: Reactancia magnetizaste

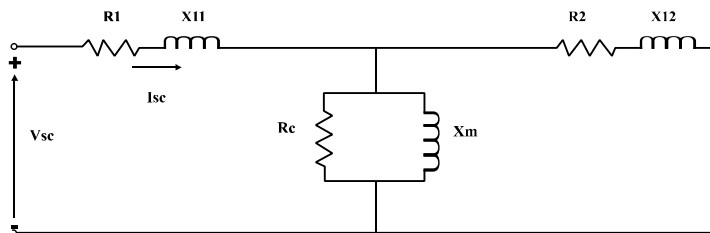
La prueba de vacío se emplea para obtener el valor de las perdidas en el núcleo mediante cálculos eficaces y también se utiliza para comprobar la magnitud la de corriente de excitación

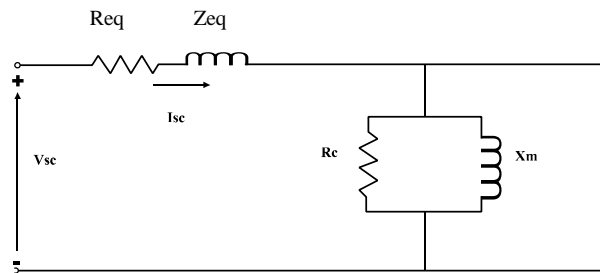
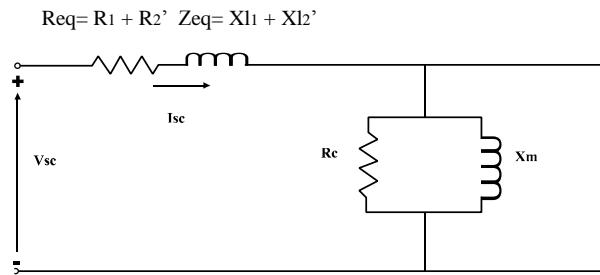
### ***1.3.2. Pruebas en cortocircuito (Pcc).***

Se empleara en el devanado principal un voltaje que estará en el rango de 10 a 15% del voltaje nominal, y la corriente en el valor nominal, realizando el cortocircuito en el lado secundario del transformador, debido a que la impedancia serie equivalente en el transformador es relativamente pequeña

Las pruebas de cortocircuito pueden utilizarse para determinar la impedancia serie equivalente Req + jXeq, aunque los devanados se hayan elegido de manera arbitraria para el cortocircuito.

***Circuito equivalente en cortocircuito***





El equipo utilizado medirá la magnitud eléctrica (rms) del voltaje  $V_{sc}$ , la corriente de cortocircuito  $I_{sc}$  y la potencia  $P_{sc}$ . Con estos parámetros, la resistencia equivalente y la reactancia referidos al lado principal pueden determinarse de la siguiente manera:

### Fórmulas

$$Z_{eq} = Z_{sc} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}}$$

$$R_{eq} = R_{sc} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}$$

$$X_{eq} = X_{sc} = \sqrt{(Z_{sc})^2 - (R_{sc})^2}$$

**TABLAN° 1.1 TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE 3 A 333 KVA**

<b>Potencia kVA</b>	<b>Io (% de In)</b>	<b>Po (W)</b>	<b>Pc (W)</b>	<b>Pt (W)</b>	<b>Uzn (%)</b>
3	2,5	21	70	91	3,0
5	2,5	31	91	122	3,0
10	2,5	52	142	194	3,0
15	2,4	68	192	260	3,0
25	2,0	98	289	387	3,0
37,5	2,0	130	403	533	3,0
50	1,9	160	512	672	3,0
75	1,7	214	713	927	3,0
100	1,6	263	897	1160	3,0
167	1,5	379	1360	1739	3,0

FUENTE: Norma NTE INEN 2114

REALIZADO POR: Grupo investigador

**TABLAN° 1.2 TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE 15 a 333 kVA**

<b>Potencia kVA</b>	<b>Io (% de In)</b>	<b>Po (W)</b>	<b>Pc (W)</b>	<b>Pt (W)</b>	<b>Uzn (%)</b>
15	2,4	141	246	387	4,0
25	2,4	360	360	545	4,0
37,5	2,0	488	488	717	4,0
50	2,0	606	606	837	4,0
75	1,9	821	821	1152	4,0
100	1,7	1019	1019	1405	4,0
167	1,6	1497	1497	2004	4,0
250	1,6	2025	2025	2653	4,0
333	1,6	2510	2510	3242	4,0

FUENTE: Norma NTE INEN 2114

REALIZADO POR: Grupo investigador



**TABLAN° 1.3 TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 15 a 2000 KVA**

Potencia kVA	Io (% de In)	Po (W)	Pc (W)	Pt (W)	Uzn (%)
15	4,4	80	313	393	3,0
30	3,6	134	514	648	3,0
45	3,6	182	711	893	3,0
50	3,4	197	776	973	3,0
60	3,2	225	903	1128	3,5
75	2,6	266	1094	1360	3,5
100	2,6	330	1393	1723	3,5
112,5	2,6	361	1539	1900	3,5
125	2,6	390	1682	2072	3,5
150	2,4	447	1959	2406	4,0
160	2,5	486	2211	2697	4,0
200	2,1	569	2630	3199	4,0
225	2,1	618	2892	3510	4,0
250	2,1	666	3153	3819	4,0
300	2,0	758	3677	4435	4,5
350	2,0	846	4200	5046	4,5
400	1,9	930	4730	5660	4,5
500	1,7	1090	5770	6860	5,0
630	1,6	1284	7170	8454	5,0
725	1,6	1453	8386	9839	5,0
800	1,6	1521	8909	10430	5,0
1000	1,6	1782	11138	12920	5,0
1250	1,5	2088	13454	15542	6,0
1500	1,5	2395	15770	18165	6,0
1600	1,5	2518	16696	19214	6,0
2000	1,5	3009	20402	25411	6,0

FUENTE: Norma NTE INEN 2115

REALIZADO POR: Grupo investigador

**TABLAN° 1.4 TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 75 a 2000 kVA.**

Potencia kVA	Io (% de In)	Po (W)	Pc (W)	Pt (W)	Uzn (%)
75	3,5	388	1366	1754	6,0
112,5	2,6	504	1898	2402	6,0
150	2,6	608	2397	3005	6,0
225	2,5	791	3331	4122	6,0
300	2,0	935	4208	5161	6,0
400	2,0	1148	5315	6463	6,0
500	1,7	1327	6370	7697	6,0
630	1,7	1542	7685	9227	6,0
750	1,5	1727	8853	10580	6,0
800	1,5	1800	9330	11130	6,0
1000	1,2	1983	12046	14029	6,0
1250	1,0	2367	14320	16687	6,0
1600	1,0	2879	17420	20299	6,0
2000	1,0	3436	20844	24280	6,0

FUENTE: Norma NTE INEN 2115

REALIZADO POR: Grupo investigador

## 1.4. Eficiencia de un motor

Los motores de inducción son eficientes y confiables cuando se usan en forma apropiada, pero existen muchos factores en el diseño y operación de los motores que pueden producir desperdicio de energía y causar fallas prematuras.

La eficiencia que tiene el motor de aprovechar la potencia eléctrica de entrada convertida en potencia mecánica útil a la salida, de esta manera se puede establecer el desempeño de la máquina en la industria.

La eficiencia en motores, mediante la siguiente fórmula.

*Formulas:*

$$\eta = \frac{\text{Potencia Salida}}{\text{Potencia Entrada}}$$

$$\eta = \frac{\text{Potencia Entrada} - \text{Pérdidas}}{\text{Potencia Entrada}}$$

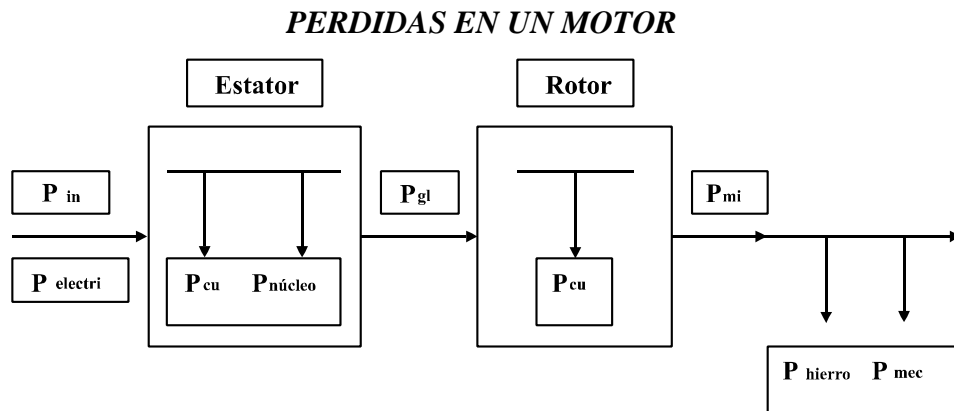
$$\eta = \frac{\text{Potencia Salida}}{\text{Potencia Salida} + \text{Pérdidas}}$$

### 1.4.1. Pérdidas en el motor

Las pérdidas producidas por las corrientes parasitas en el núcleo del estator, se determinan mediante las pruebas en las máquinas eléctricas rotativas que se cita a continuación:

- **Pérdidas rotacionales.-** Estas pérdidas corresponden a las pérdidas mecánicas que corresponden a los aspectos de fricción, ventilación.

- **Pérdidas en el cobre.-** Estas pérdidas se producen por el efecto Joule.
- **Parámetros eléctricos.-** Se determina los datos tales como: voltaje, corriente, potencia.



Las pérdidas en el cobre se determinan con las siguientes expresiones:

**Estator**  $P_{cu} = I_1^2 * R_1$

**Rotor**  $P_{cuR} = I_2'^2 * R_2'$

La potencia total transmitida desde el estator por el entrehierro se determina con la siguiente expresión.

$$P_{g1} = I_2'^2 \frac{R_2'}{s}$$

La potencia mecánica interna desarrollada por el motor se determina con la siguiente expresión:

$$P_{mi} = P_{g1} - P_{cuR}$$

$$P_{mi} = I_2'^2 * R_2' \left( \frac{1-s}{s} \right)$$

$$P_{mi} = P_{g1} (1-s)$$

Las pérdidas de potencia en el hierro ( $P_{hierro}$ ) que se pierden en el hierro del rotor y la potencia de pérdidas mecánicas ( $P_{mec}$ ) se consideran las pérdidas por fricción, ventilación.

### ***Variaciones de voltaje***

La reducción de la eficiencia y el incremento del factor de potencia dan como resultado que se incremente la corriente de arranque, en motores de inducción, debido a que las corrientes magnetizantes se incrementan exponencialmente.

### **1.4.2 Motores de inducción**

El motor de inducción opera bajo el principio de inducción electromagnética, debido a que este tipo de motores no llegan a trabajar a su velocidad síncrona, también se los conoce como motores asíncronos por el número de fases se clasifican en motores monofásicos, bifásicos y trifásicos. Y por el tipo de rotor pueden ser: de rotor devanado y de rotor jaula de ardilla

**TABLA N° 1.5 DATOS NOMINALES DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS.**

<b>DATOS</b>	<b>UNIDADES</b>
Potencia	kW ó HP
Voltaje de servicio	kV ó V
Frecuencia	Hz
Corriente nominal	A
Corriente de arranque	A
Factor de potencia (Fp)	Cos $\phi$
Eficiencia	%

**FUENTE:** Eficiencia Energética en Motores eléctricos.

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

Su uso es, principalmente, por su calidad de mando eléctrico en la mayoría de los mecanismos, ello se justifica por la sencillez de su fabricación, su alta confiabilidad y un alto valor de eficiencia.

Existen varias opciones que permiten lograr el uso eficiente de la energía eléctrica en la aplicación de motores eléctricos y por lo tanto, una reducción de los costos asociados al consumo de energía, con la selección correcta de la potencia del motor y mejorando la calidad de la energía eléctrica.

Usando motores de alta eficiencia, con la implementación de controladores electrónicos de velocidad, aplicando métodos de mantenimiento centrados en la eficiencia y usar los métodos de reparación o mantenimiento apropiados que mantengan su rendimiento.

El primer paso para el ahorro de energía en motores eléctricos es que la potencia nominal del motor sea debidamente seleccionada. Se recomienda que la potencia nominal este sobredimensionada en 5 a 15% respecto a la potencia de operación del motor, con el objetivo de que el motor opere con una eficiencia y un factor de potencia adecuados. *“Eugenio Téllez Ramírez, Programa de ahorro de energía, calidad de energía”*

Si el motor seleccionado está sobredimensionado por encima de la potencia de operación, resultara que el factor de potencia del motor disminuirá, lo que incrementara la corriente del motor, aumentando las pérdidas en las líneas y el consumo de la potencia reactiva.

**Desplazamiento (s).**- El desplazamiento se determina aplicando la siguiente expresión.

$$S = \frac{ns - n}{ns} \quad (\text{en por unidad})$$

Para el análisis se cumple que la velocidad síncrona debe ser mayor que la velocidad de giro del motor.

La velocidad de giro del rotor (n), considerando en desplazamiento, corresponde emplear la siguiente expresión:

$$n = n_s - n_s * s$$

$$n = n_s (1-s)$$

**Donde:**

$n_s$ = Velocidad síncrona

### ***Desbalance entre las fases de un sistema polifásico***

Causado principalmente por la operación de cargas monofásicas desiguales que afectan principalmente a máquinas rotatorias y circuitos rectificadores trifásicos.

Éstas son algunas de las manifestaciones de una mala calidad de la energía eléctrica que se recibe y que originan molestias a los usuarios, disminuyendo la vida útil de los equipos eléctricos e incrementos de los costos de producción industriales.

## **1.5. Fuentes generadoras de energía**

Las fuentes generadoras se establecen al ser energías renovables o energías no renovables de acuerdo a los recursos que posea cada una de ellas.

### **1.5.1. Energías no renovables**

Son las generadas por recursos finitos, que se agotan con el pasar del tiempo, las cuales citamos a continuación: el petróleo, carbón mineral y gas natural.

### 1.5.2. Energías renovables

Estas energías son generadas por recursos que poseen una fuente prácticamente inagotable en relación al tiempo de vida del hombre en el planeta.

El Gobierno Nacional está impulsando el desarrollo de grandes proyectos de generación hidroeléctrica como Coca Codo Sinclair de 1500 MW de capacidad, el cual entrara en operación entre los años 2013 y 2014, igualmente HIDROPAUTE desarrolla el proyecto hidroeléctrico Sopladora de 321 MW, capacidad que inclusive podría ser mayor, previsto para finales del 2012 el cual está ubicado aguas debajo de la Central Molino.

### 1.6. Armónicos

En los sistemas eléctricos los armónicos se utiliza para designar corrientes o voltajes de frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental de alimentación, las cuales consumen energía de forma similar a la fundamental dentro de un sistema de alimentación eléctrica, estas corrientes generan consumo que no es utilizado por los equipos.

*Formula:*

$$V_i' = \left( \frac{V_i}{V_n} \right) * 100$$

$$THD = \left( \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100$$

**Donde:**

$V_i'$ : Factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: Factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

$V_i$ : Valor eficaz (rms) del voltaje armónico “i” (para  $i = 2 \dots 40$ ) expresado en voltios.

$V_n$ : Voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Fuente: Norma de Regulación CONELEC 004/01

### **1.6.1 Indicadores esenciales de la distorsión armónica**

La existencia de indicadores permite cuantificar y apreciar la distorsión armónica de las ondas de voltaje y de corriente, a continuación determinara las acciones necesarias para las correcciones requeridas.

#### ***Factor de cresta***

Es la relación entre el valor de cresta de corriente o de voltaje ( $I_m$  o  $V_m$ ) y el valor eficaz.

El factor de cresta elevado implica sobrevoltajes, estos sobrevoltajes son detectados por dispositivos de protección o pueden ser el origen de desconexiones indeseadas.

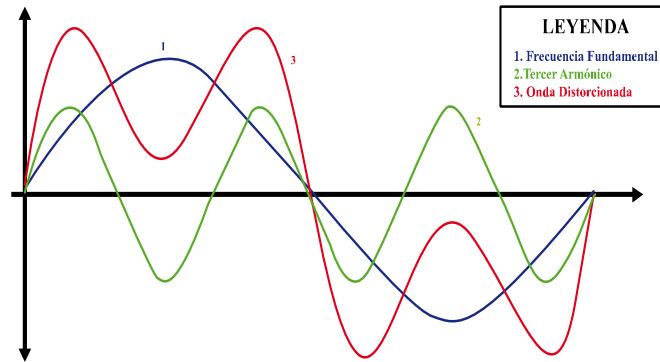
#### ***Tasa de distorsión armónica***

Idealmente las ondas de corriente y voltaje son de forma sinusoidal, al realizar mediciones en un sistema y se detecte que la onda esté distorsionada, se dice que se trata de una onda contaminada por componentes armónicas.

El análisis de componentes armónicas proviene del teorema de Fourier y define que, bajo ciertas condiciones analíticas, una función periódica cualquiera puede considerarse integrada por una suma de funciones sinusoidales definidas por magnitud, ángulo y frecuencia de oscilación.



**FIGURA N° 1.1 DESCOMPOSICIÓN DE UNA ONDA DISTORSIONADA**



**FUENTE:** Armónicos en redes eléctricas Capítulo II.

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

Siendo la primera armónica, denominada también señal fundamental, del mismo período y frecuencia que la función original y el resto serán funciones sinusoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental.

**Amplitud:** Se hace una referencia al valor del voltaje o corriente del armónico.

**Orden:** Se hace referencia al valor de su frecuencia referente a la fundamental.

### 1.6.2 Calidad de Energía en componentes eléctricos

#### *Calidad de energía en conductores*

La presencia de corriente armónica incrementa el valor de la corriente, lo que provoca más pérdidas y sobrecalentamiento.

**FIGURA N° 1.2 CONDUCTORES**



**FUENTE:** Armónicos en redes eléctricas Capítulo II.

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

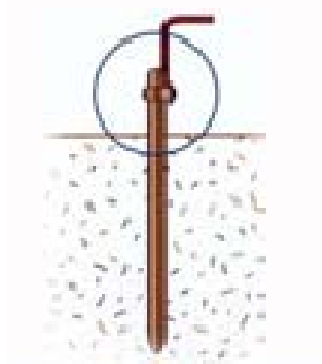
Además, la corriente alterna tiende a fluir hacia la superficie externa de un conductor, efecto que es más pronunciado a altas frecuencias, lo que ocasiona pérdidas adicionales y sobre calentamiento.

Los conductores eléctricos y barras de mayor dimensión y tamaño evitan las pérdidas causadas por las armónicas, se debe separar las cargas lineales de las no lineales que causan armónicas y reemplazar los interruptores automáticos donde sea necesario.

### ***Puesta a tierra***

La puesta a tierra es esencial para obtener un desempeño seguro y satisfactorio en el sistema de potencia.

**FIGURA N° 1.3 PUESTA A TIERRA**



**FUENTE:** Armónicos en redes eléctricas Capítulo II.

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

### ***Cálculo de la una Puesta a Tierra***

$$TI = A_c * \left( \frac{\log \left( \frac{T_m - T_a}{243 + T_a} + 1 \right)}{33 * t} \right)^{(1/2)}$$

**Donde:**

A<sub>c</sub>= Sección del conductor (CM)

$I$  = Corriente de falla

$T_m$  = Temperatura máxima de los nodos de la malla (450°C con soldadura y 250°C con amare perneado)

$T_a$  = Temperatura ambiente

$t$  = Tiempo máximo de despeje de la falla

Debe cumplir con tres requerimientos:

- Proporcionar una de baja impedancia de 5 ohmios a las corrientes de falla, de forma que los dispositivos de protección de sobrecorriente operen oportunamente.
- Mantener una diferencia de potencial baja entre las partes metálicas expuestas para evitar daños al personal.
- Controlar el sobrevoltaje

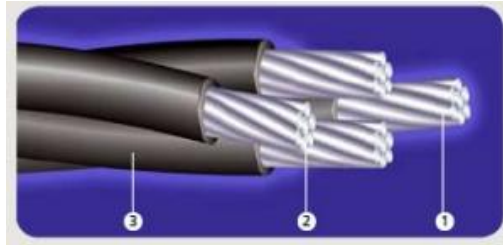
### ***Conductor neutro***

En el caso de los circuitos trifásicos con cargas no lineales, las armónicas de orden impar (3<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup>, 15<sup>a</sup>, etc.), no se cancelan sino que se suman en el conductor neutro, por lo que la corriente por el conductor neutro puede ser mayor que la corriente de fase.

El peligro consiste en un excesivo sobrecalentamiento del cable neutro, además de causar caídas de voltaje, entre el neutro y la tierra, mayores de lo normal.

Se recomienda que el tamaño del conductor neutro sea el doble que el del conductor de fase, cuando los circuitos alimentan cargas no lineales. Opcionalmente debe proveerse un conductor neutro aparte para cada fase.

## FIGURA N° 1.4 CONDUCTOR NEUTRO



**FUENTE:** Armónicos en redes eléctricas Capítulo II.

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

### *Capacitores*

Se sobrecargan los condensadores de corrección del factor de potencia debido a que las corrientes armónicas fluyen a través de la trayectoria de baja impedancia de los condensadores en lugar de regresar al transformador de distribución.

Además, cuando los capacitores y las inductancias del sistema de distribución de potencia forman un circuito paralelo resonante que tiene una frecuencia de resonancia cercana a una armónica de carga significativa presente, la corriente armónica resultante puede incrementarse sustancialmente sobrecargando los condensadores y haciendo desconectar los fusibles de los mismos.

## FIGURA N° 1.5 CAPACITORES



**FUENTE:** Armónicos en redes eléctricas Capítulo

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

Se puede evitar la resonancia añadiendo una inductancia en serie con el condensador para desintonizar la frecuencia de resonancia del sistema o alternativamente instalar una red de corrección kVAR diseñada especialmente.

### ***Transformadores de Distribución***

Los transformadores de distribución se consideran, tanto monofásicos o trifásicos, sus aplicaciones características son el suministrar energía eléctrica a industrias, edificios, talleres y en el sector residencial.

Un transformador alimentando con cargas no lineales alimentadas con un voltaje y corrientes distorsionados se sobrecalienta debido a las corrientes parásitas, esto origina pérdidas adicionales en el transformador.

**FIGURA N° 1.6 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN**



**FUENTE:** Empresa Eléctrica Riobamba

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

En el caso de los transformadores se debe limitar la carga que se les coloca de modo que suministren una potencia menor que la nominal.

### ***Motores***

Los motores son máquinas eléctricas de gran resistencia y bajo mantenimiento que se utilizan de forma generalizada en la industria, se puede utilizar como: ventiladores, bombas, máquinas que funcionan con una precisión y un par de velocidad muy bajo.

El mayor efecto de las corrientes y voltajes armónicos en las máquinas rotativas de inducción y sincrónicas, es el incremento del calentamiento debido a las pérdidas en el entrehierro y el cobre por frecuencias armónicas.

### FIGURA N° 1.7 MOTOR DE INDUCCIÓN



FUENTE: Franck Weinbissinger

REALIZADO POR: Grupo investigador

Los componentes de armónicos de voltaje afectarán la eficiencia de la máquina y pueden afectar el torque desarrollado por las mismas.

:

En el caso de los motores de inducción, se tiene que separarlos de los circuitos que generan armónicas tales como, mandos de velocidad variable, equipos electrónicos de gran tamaño, etc. la práctica general es limitar la distorsión total del voltaje por armónicas a un valor menor.

#### *Factor de potencia en motores.*

El factor de potencia es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el factor de potencia puede tomar valores entre 0 y 1.



El factor de potencia también está vinculado a la forma de onda, ya que la misma potencia activa suministrada por formas de onda no sinusoidales tiene un factor de potencia inferior a la suministrada por ondas sinusoidales.

### **1.7. Calidad de energía en el sector eléctrico**

La insuficiente calidad en el suministro de la energía eléctrica afecta, en mayor o menor grado, a otras tecnologías y procesos industriales, donde las pérdidas económicas que se generan por este concepto pueden llegar a ser importantes. La deficiente calidad en el suministro provoca una operación ineficiente e inadecuada, entre otros, en las redes eléctricas, se producen averías o incrementos en los costos de operación, los que, al final se refleja en pérdidas para las empresas distribuidoras del servicio eléctrico.

Con los parámetros de voltaje diferentes a los nominales, ocurre la aceleración del envejecimiento del aislamiento de los equipos eléctricos, como consecuencia de un calentamiento más intensivo y, en una serie de casos como resultado del reforzamiento de procesos de ionización, de aquí se deriva una intensificación los problemas de averías.

La elevación del voltaje por encima de la nominal conlleva a la disminución del tiempo de vida útil de máquinas eléctricas.

Las variaciones del voltaje actúan en los condensadores que son utilizados para la compensación de potencia reactiva que provoca procesos transitorios que conducen a la sobrecarga de los condensadores por corriente y en casos por voltaje.

En el caso de los motores las variaciones de voltaje conducen al calentamiento adicional y a la variación del momento al eje. La disminución del voltaje para los motores asíncronos tienden a frenarlos y a procesos de arranques, pudiendo llegar a

situaciones de disparo de protecciones, sobretodo, cuando trabajan simultáneamente grupos de motores.

### **1.7.1. Normas para la Calidad de Energía.**

En el Ecuador el CONELEC con la norma de regulación N° 004/01 “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución” la cual se refiere a las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas; mostrando los límites de distorsiones de la calidad del suministro eléctrico que la empresa eléctrica debe proveer a los consumidores.

El reglamento puede aplicarse a los usuarios para evaluar otros puntos dentro de su instalación, de esta forma determinar los niveles de contaminación que el usuario está provocando en sus instalaciones y así conocer la calidad de energía que éste emite hacia la red principal.

Las normas de la IEEE son reconocidas a nivel internacional, las cuales dictan los parámetros que deben cumplir los equipos de protección a los equipos electrónicos y eléctricos, así como los límites permitidos de distorsión de la onda de voltaje o corriente.

### **1.7.2 Acciones para mejorar la Calidad del Suministro de la Energía Eléctrica**

Para el mejoramiento de la calidad de energía eléctrica, se emplea una compensación adecuada en la carga reactiva del consumidor, para lo cual se dispondrá de una conexión de bancos de capacitares con el sistema de regulación adecuada, logrando un alto factor de potencia estable que cuando la carga varía se requiere de una conexión de bancos regulados.



### **1.7.3. Contaminantes de la red con las perturbaciones de voltaje**

Se determinan situaciones que conllevan a altas corrientes, que son causados por las caídas de voltaje en las impedancias de la red eléctrica, a continuación determinaremos las causas que producen perturbaciones en la red eléctrica.

Detallamos las fallas que se producen en los circuitos de transmisión y distribución.

- Cierres automáticos en los esquemas de protecciones de la red.
- Conexión y desconexión de grandes cargas que pueden ser motores asíncronos, hornos por arco eléctrico, máquinas soldadoras, calderos eléctricos, en función de las potencias de cortocircuito en los puntos de instalación.
- Fallas producidas en el aislamiento.
- Fallas longitudinales en el del neutro de los sistemas.
- Sobrecompensación de potencia reactiva.
- Conmutaciones en los sistemas de transmisión y distribución.
- Descargas atmosféricas (impactos directos e inducidos).

### **1.7.4. Responsabilidad en el aseguramiento de la Calidad del Servicio Eléctrico**

El papel principal en la calidad del servicio eléctrico recae, por supuesto, en la empresa de servicio eléctrico, la que debe mantener los parámetros de voltaje y frecuencia en los valores nominales o de trabajo en todo momento, pero tienen una incidencia muy importante los propios consumidores, causantes de contaminación de la red, desde los consumidores del sector residencial hasta los grandes consumidores industriales.

Las variaciones de carga que provocan grandes afectaciones en los sistemas radican en los propios consumidores, estas variaciones afectan el comportamiento de todo el sistema y, en especial, del resto de las cargas conectadas en la barra del mismo consumidor.

El punto donde se logra mayor economía en la implementación de medidas para mejorar la calidad del servicio es en las barras del usuario, de tal manera se precisa de una compensación adecuada de la carga reactiva del consumidor, para lo cual se dispondrá por parte del abonado de la conexión de los bancos de capacitares requeridos, para lograr un alto factor de potencia y el sistema permanezca estable.

#### **1.7.5. Control sobre los Parámetros de Calidad**

Los órganos de regulación establecen diferentes regulaciones y normas para la actividad del control de las empresas del servicio eléctrico sobre los parámetros de calidad de la energía suministrada.

Estas normas estipulan las bases estadísticas que se deben llevar, la forma de hacer las mediciones y muestreos, los instrumentos que deben ser utilizados en ese propósito y el análisis sobre las desviaciones estadísticas, de manera tal que sirvan de base de datos a las auditorías que aquellos realizan y, además, que puedan servir como base de evidencias ante distintas reclamaciones de las partes protagonistas del servicio eléctrico.

#### **1.8. Factor de Potencia**

El equipo de medición multifuncional PMM-1 permite obtener la medición de la potencia activa (W) y la potencia reactiva (VA), en sistemas monofásico o trifásicos.

El factor de potencia corresponde al (coseno del ángulo de fase).

El ángulo de fase entre  $-90^\circ$  y  $+90^\circ$  depende si la corriente se atrasa o adelanta al voltaje, sin embargo el factor de potencia siempre será positivo.

El factor de potencia puede ser de adelanto si la corriente se adelanta al voltaje, predomina lo capacitivo y en retraso si la corriente se retrasa al voltaje predomina lo inductivo.

**Formula:**

$$F_p = \cos \phi = \frac{P}{VI}$$

<b>Potencia Activa</b>	<b><math>P = VI \cos \phi</math> [w]</b>
<b>Potencia Reactiva</b>	<b><math>Q = VI \sin \phi</math> [VAR] Voltamperios reactivos</b>
<b>Potencia Aparente</b>	<b><math>S = VI</math> [VA] Voltamperios</b>

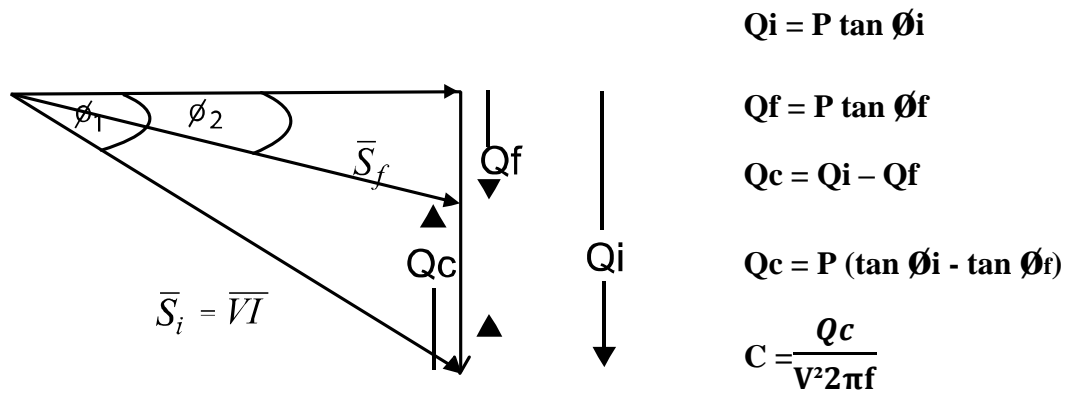
Mientras la potencia activa es positiva, la potencia reactiva puede ser positiva o negativa.

### 1.8.1. Corrección del factor de potencia

La potencia aparente de una instalación tiene dos componentes, una potencia activa  $P$  que va a ser fija y una potencia reactiva  $Q$  que tiene que ver con los componentes reactivos de la instalación, mientras más grandes sea la potencia reactiva ( $Q$ ), el factor de potencia será menor.

Esto produce problemas en el suministro de energía, por cuanto la empresa suministradora tendrá que proporcionar mayor potencia aparente. Además el usuario tendrá que pagar más por el consumo de energía, por una parte la energía activa y por otra por una reactiva.

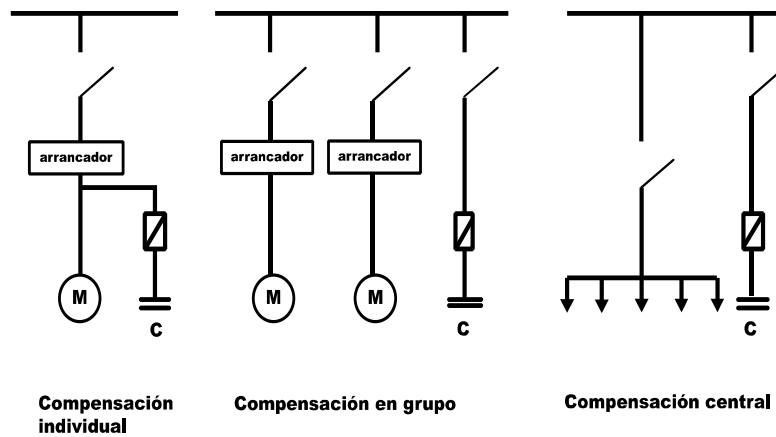
Para mejorar el factor de potencia a continuación se las siguientes fórmulas.



Existen métodos para corregir o mejorar el factor de potencia, entre los que destacan la conexión de capacitores eléctricos.

- Compensación individual en motores.
- Compensación por grupo de cargas.
- Compensación centralizada.
- Compensación combinada.

**FIGURA N° 1.8 MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA**



FUENTE: Corrección del factor de potencia Capítulo I.

REALIZADO POR: Grupo investigador

## **1.9. Aplicaciones del Equipo PMM-1 en Máquinas Eléctricas**

Las aplicaciones se realizan en máquinas eléctricas de corrientes alterna, y corriente continua de hasta 600 (V) en el laboratorio de transformadores y máquinas eléctricas. Las pruebas se aplican en máquinas de corriente alterna específicamente en generadores asincrónicos y sincrónicos aplicando las condiciones para el análisis.

En los motores de inducción se aplicara el equipo en condiciones de Arranque directo, Arranque Y- $\Delta$  y el Arranque con autotransformador para el análisis del rendimiento y funcionamiento.

### **1.9.1. Demostración con la aplicación del EquipoPMM-1**

Para la realización de la demostración en el equipo se aplica la prueba de vacío y la de cortocircuito en transformadores monofásicos y trifásicos de hasta 600 (V), de igual manera en motores de inducción monofásicos y trifásicos, todo transformador debe encontrarse técnicamente en buenas condiciones de operación para ser incorporado a la red de distribución eléctrica.

Las pruebas eléctricas se llevan a cabo para verificar que los transformadores cumplan con las especificaciones de diseño. Además ofrecen una serie inicial de pruebas de referencia que serán utilizados para propósitos de comparación contra las pruebas eléctricas de campo futuras.

### **1.9.2. Equipos de monitoreo de Calidad de Energía**

La energía eléctrica se caracteriza por ser una onda perfecta, pero esta se ve afectada por diferentes anomalías que hacen que esta se distorsione y difiera a como era originalmente, todas estas variaciones que se producen en la señal de energía eléctrica, hacen que el sistema comience a dar problemas en la operación de los

equipos eléctricos conectados al suministro, el calentamiento de los conductores e interrupciones del suministro de energía eléctrica.

### **1.9.2.1 Tipos de equipos para el monitoreo de la Calidad de Energía**

Los equipos o tecnologías empleados para llevar el registro y monitoreo de parámetros eléctricos y calidad de energía eléctrica son diversos. A continuación se realizara una descripción general de algunos de estos equipos para el monitoreo de la calidad de energía y realizar la elección del equipo que permita cumplir con las necesidades requeridas.

#### ***Analizador de Calidad ANALYST 3Q de LEM.-***

Es un instrumento que mide los parámetros eléctricos fundamentales de calidad de la energía en sistemas de 50 y 60 Hz, como voltaje, corriente, eventos armónicos y frecuencias de línea.

**FIGURA N° 1.9 ANALYST 3Q de LEM.**



**FUENTE:** Catálogo de Analizadores de calidad

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

#### ***Analizador de Calidad Fluke 345.***

Mide una amplia gama de parámetros eléctricos para detección y solución de problemas relacionados con perturbaciones de calidad eléctrica en sistemas eléctricos con cargas monofásicas y trifásicas.

**FIGURA N° 1.10 FLUKE 345.**



**FUENTE:** Catálogo de Analizadores de calidad

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

Permite la medición de armónicos y la captura de corrientes de arranque.

***Analizador de Calidad Fluke 43B.***

Es un equipo para el diagnóstico y localización de problemas relacionados con la calidad de la energía eléctrica y fallas generales en equipos.

**FIGURA N° 1.11 FLUKE 43B.**



**FUENTE:** Catálogo de Analizadores de calidad

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

Tiene la opción de medir armónicos, ángulo de fase, voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva y el factor de potencia.

## **CAPITULO II**

### **2. TRABAJO DE CAMPO PRUEBAS EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS**

#### ***2.1 Introducción***

En este capítulo se realizo las pruebas de cortocircuito y de vacío en los transformadores que poseen la universidad y la realización de los métodos de arranque del motor de inducción.

#### **2.2 Pruebas en máquinas eléctricas**

Las pruebas a realizar en el presente estudio serán pruebas de cortocircuito y pruebas en vacío en transformadores monofásicos y trifásicos

Los métodos de arranque a realizarse en el presente estudio serán: Arranque con Autotransformador y Arranque Estrella-Triangulo (Y- $\Delta$ ).

#### **2.3 Pruebas en transformadores**

Esta prueba determina el nivel de perdidas en el transformador de distribución, permitiendo de esta manera comprobar si el transformador cumple con las especificaciones establecidas para que soporte a su totalidad de la capacidad cuando este en operación.



Con las pérdidas que se originan en los bobinados y en el núcleo se logra verificar los parámetros que permitirá garantizar un buen diseño y construcción del transformador de distribución.

Las pruebas a realizarse en transformadores con la aplicación de equipo de medición multifuncional PMM-1 se presentan a continuación:

- Prueba de Cortocircuito.
- Prueba en Vacío.

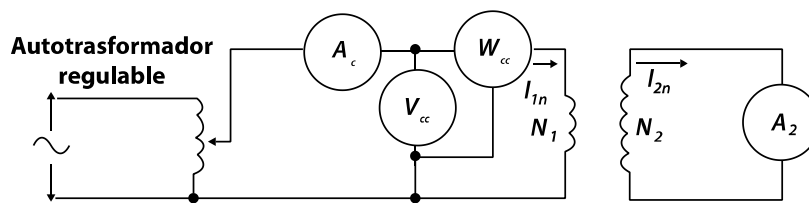
Estas pruebas determinaran con una gran exactitud el estado de operación del transformador.

### 2.3.1 Prueba de cortocircuito

La prueba en cortocircuito evalúa el estado en que se encuentra el transformador determinando las pérdidas que se producen en el devanado primario y secundario del transformador.

La ventaja de realizar esta prueba, permite determinar la cantidad de pérdidas de carga que se producen en los devanados como consecuencia del campo magnético producido por las corrientes que circulan por los devanados.

**FIGURA N° 2.1 DIAGRAMA DE PRUEBA EN CORTOCIRCUITO**



REALIZADO POR: Grupo investigador

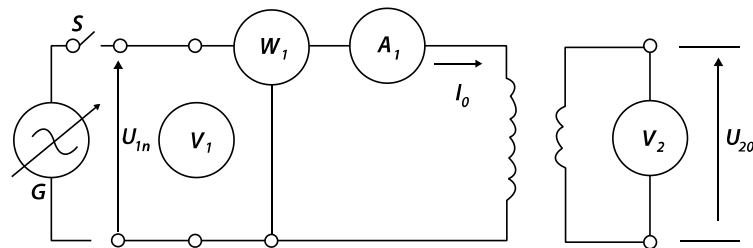
### 2.3.2 Prueba en Vacío

Permite obtener el valor de las llamadas pérdida en vacío o pérdida en el núcleo, que consisten en 2 partes las pérdidas por histéresis y las pérdidas por corrientes circulantes, en la prueba de circuito abierto, el devanado que se alimenta es por lo general el de bajo voltaje, debido a que resulta más conveniente para la revisión.

La prueba se realiza en el lado secundario del transformador con circuito abierto y aplicando un voltaje nominal al lado primario, con estas condiciones se obtiene una corriente de excitación de un valor pequeño con respecto a la corriente completa de carga.

En esta configuración se determina la cantidad de pérdidas en el núcleo del transformador por lo cual es necesario efectuar la prueba de circuito abierto.

**FIGURA N° 2.2 DIAGRAMA DE PRUEBA DE VACÍO EN TRANSFORMADORES**



FUENTE: Ensayo de transformadores.

REALIZADO POR: Grupo investigador

### 2.4 Pruebas de Arranque de motores

La industria emplea un gran número de variedad de motores de inducción de diferentes tipos y potencias, un aspecto muy elemental es el control de los motores de

inducción, razón por la cual estas aplicaciones se analizaran los diferentes métodos de arranque de motores.

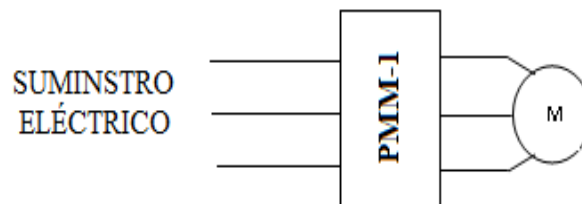
Se debe tomar muy en cuenta las características las cuales se determinan por el par de arranque y la corriente de arranque, que deben estar en condiciones optimas para el funcionamiento en una gran variedad de máquinas industriales y además que tome una corriente aceptable a pleno voltaje.

### 2.4.1 Arranque Directo

Si el motor arranca a plena carga, el bobinado tiende a absorber una cantidad de corriente muy superior a la nominal, lo que hace que las líneas de alimentación incrementen considerablemente su carga y como consecuencia directa se produzca una caída de voltaje.

La intensidad de corriente durante la fase de arranque puede tomar valores entre 6 a 8 veces mayores que la corriente nominal del motor, su principal ventaja es el elevado par de arranque que esta en 1,5 veces el valor nominal.

**FIGURA N° 2.3 DIAGRAMA DE ARRANQUE DIRECTO**



**FUENTE:** Kosov Maquinas eléctricas y transformadores.

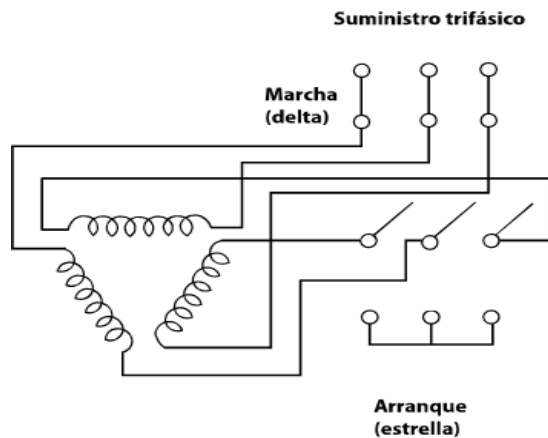
**REALIZADO POR:** Grupo investigador

### 2.4.2 Arranque Estrella-Delta (Y- $\Delta$ )

Es el método simple para arrancar a voltaje reducido, el cual consiste en conectar en estrella (Y) el bobinado del estator durante el arranque y en delta ( $\Delta$ ) durante la operación.

Al obtener el motor cierta velocidad, con ello se reduce el voltaje a un 50% aproximadamente; tiene la desventaja que solo es aplicable a motores de seis terminales y de pequeña capacidad.

**FIGURA N° 2.4 DIAGRAMA DE ARRANQUE ESTRELLA-DELTA (Y- $\Delta$ )**



FUENTE: Kosov Maquinas eléctricas y transformadores

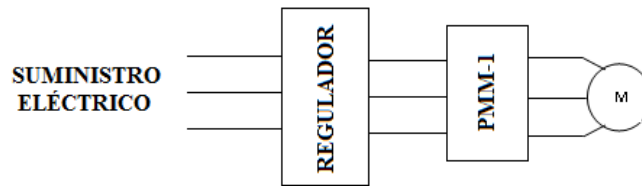
REALIZADO POR: Grupo investigador

### 2.4.3 Arranque con Autotransformador

Constituye uno de los medios para arrancar un motor a voltaje reducido. El autotransformador está constituido por tres bobinas conectadas en estrella (Y). Cuando el motor ha alcanzado cerca del 80% de su velocidad normal, las conexiones cambian y el motor conectado a voltaje pleno, los cambios puede hacerse en forma manual o en forma automática, por medio de relevadores de tiempo.

Los autotransformadores están dotados de protecciones contra sobrevoltajes y sobrecargas con un equipo de acción retardada, y la mayoría de ellos cuenta con tres secciones de derivaciones, de tal manera que se puede aplicar 85, 65, o 50% del voltaje normal del rotor.

**FIGURA N° 2.5 DIAGRAMA DE ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR**



**FUENTE:** Kosov Maquinas eléctricas y transformadores.

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

### ***2.5 Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta.***

Esta técnica permite identificar de manera clara y precisa el problema, por lo que el grupo investigador ha formulado ocho preguntas, las cuales están dirigidas a conocer principalmente la opinión de los estudiantes de Octavo nivel de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**TABLA N.- 2.1 POBLACIÓN ENCUESTADA**

<b>Sector</b>	<b>Población</b>
Estudiantes de Octavo Ciclo	35
<b>Total</b>	<b>35</b>

**FUENTE:** Secretaría de la carrera CIYA

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

La investigación se la realiza en la Universidad técnica de Cotopaxi por ser el lugar en donde de esta realizando el proyecto.

### 2.5.1. Análisis por pregunta

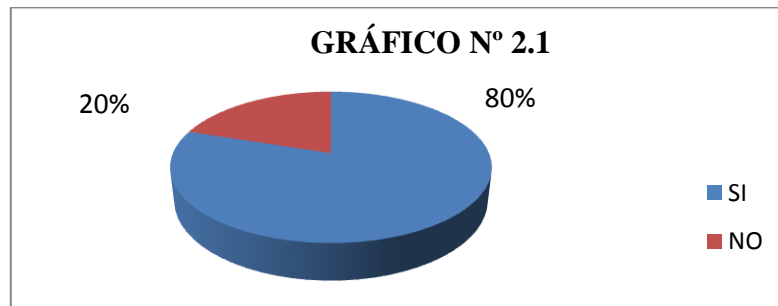
**PREGUNTAN° 1 ¿Tiene usted conocimiento sobre las pruebas a realizarse en un transformador?**

**TABLA N° 2.2**

<b>OPCIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	28	80
NO	7	20
TOTAL	35	100

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del octavo ciclo

**REALIZADO POR:** Equipo de investigación



**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del octavo ciclo

**REALIZADO POR:** Equipo de investigación

### **INTERPRETACIÓN DE LA TABLA N° 2.2**

De los datos de la tabla N° 2.2 que corresponden a la pregunta estructurada, aplicada a 35 estudiantes de Octavo ciclo, 28 de ellos que equivalen al 80% manifiestan que tienen conocimiento acerca de las pruebas a realizarse en transformador, 7 de ellos que corresponde al 20% no tienen conocimiento de pruebas a realizarse en un transformador.

Por los datos que se obtuvieron se podría afirmar que existe una cantidad considerable los encuestados que no tienen conocimiento sobre la realización de pruebas en un transformador, por lo que consideramos, que se debería implementar el laboratorio de pruebas de transformadores y maquinas eléctricas.

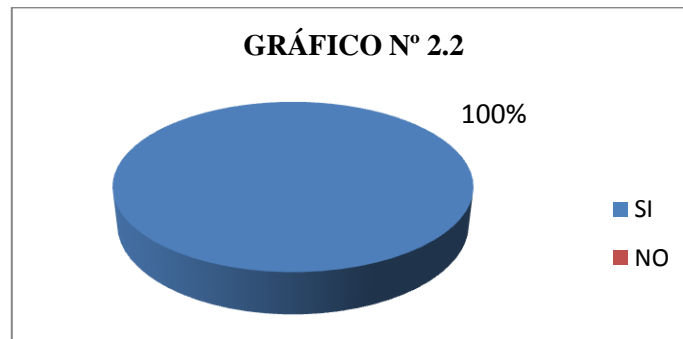
**PREGUNTA N° 2 ¿Cree Ud. que la implementación del equipo (PMM-1) en el laboratorio de transformadores será de gran utilidad?**

**TABLA N° 2.3**

<b>OPCIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	35	100
NO	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del octavo

**REALIZADO POR:** Equipo de investigación



### **INTERPRETACIÓN DE LA TABLA N° 2.3**

De los datos de la tabla N° 2.3 que corresponde a la pregunta estructurada, aplicada a los 35 estudiantes comprendidos a los estudiantes del Octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica, 35 de ellos que equivalen al 100%, manifiestan que se debería implementar el equipo de medición PMM-1.

De acuerdo a los datos expuestos podemos confirmar que es de gran necesidad la implementación del equipo de medición multifuncional PMM-1 en el laboratorio de transformadores y máquinas eléctricas, para la realización de pruebas.

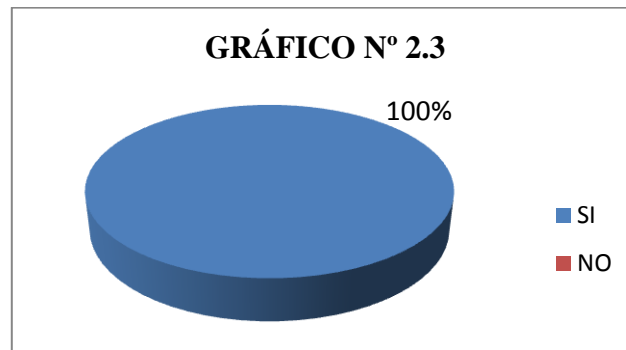
**PREGUNTA N° 3; Considera que la elaboración de un manual de operación del equipo (PMM-1) en el laboratorio de transformadores permitirá el fácil manejo del equipo?**

**TABLA N° 2.4**

<b>OPCIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	35	100
NO	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del octavo

**REALIZADO POR:** Equipo de investigación



### **INTERPRETACIÓN DE LA TABLA N° 2.4**

De los datos de la tabla N° 2.4 que corresponde a la pregunta estructurada, aplicada a los 35 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi comprendidos a los estudiantes del Octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica, 35 de ellos que equivalen al 100%, manifiestan que se debería elaborar un manual de operación.

Los resultados permiten determinar es necesario y de gran utilidad la elaboración de un manual de operación del equipo PMM-1 que permita la realización las pruebas de medición el laboratorio de pruebas de transformadores y máquinas eléctricas.



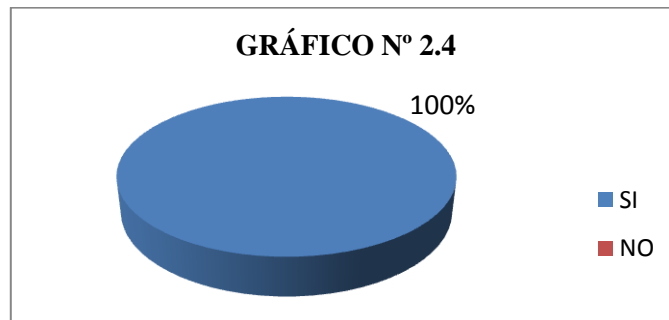
**PREGUNTA N° 4: Considera que es necesario la aplicación del equipo PMM-1 en la prueba de vacío en transformadores para determinar las pérdidas que se presentan en el núcleo?**

**TABLA N° 2.5**

<b>OPCIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	35	100
NO	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del octavo

**REALIZADO POR:** Equipo de investigación



### **INTERPRETACIÓN DE LA TABLA N° 2.5**

De los datos de la tabla N° 2.5 que corresponde a la pregunta estructurada, aplicada a los 35 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi comprendidos a los estudiantes del Octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica, 35 de ellos que equivalen al 100%, manifiestan que se debería aplicar la prueba de vacío en transformadores.

De acuerdo a los datos expuestos podemos afirmar que la aplicación del equipo PMM-1 para la prueba de vacío en transformadores permite determinar las pérdidas en el núcleo del transformado, y además obtener los parámetros eléctricos en la medición realizada.

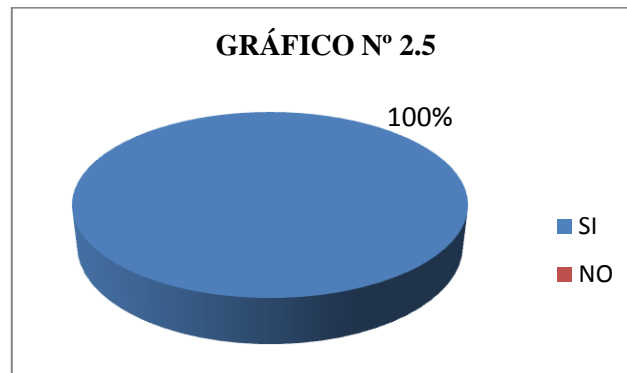
**PREGUNTA N° 5 ¿Cree Ud. que la aplicación del equipo PMM-1 en la prueba de cortocircuito permitirá determinar las pérdidas en los devanados del transformador?**

**TABLA N° 2.6**

<b>OPCIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	35	100
NO	0	0
TOTAL	35	100

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del octavo

**REALIZADO POR:** Equipo de investigación



### **INTERPRETACIÓN DE LA TABLA N° 2.6**

De los datos de la tabla N° 2.6 que corresponde a la pregunta estructurada, aplicada a los 35 estudiantes de la UTC comprendidos a los estudiantes del Octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica, 35 de ellos que equivalen al 100%, manifiestan que se debería realizar la aplicación de la prueba de cortocircuito.

Mediante los datos expuestos podemos ratificar que es una manera ideal la aplicación del equipo PMM-1 en la prueba de cortocircuito la cual permite determinar las pérdidas que se producen en los devanados del transformador con mayor precisión y obtener otros parámetros eléctricos en la prueba de medición.

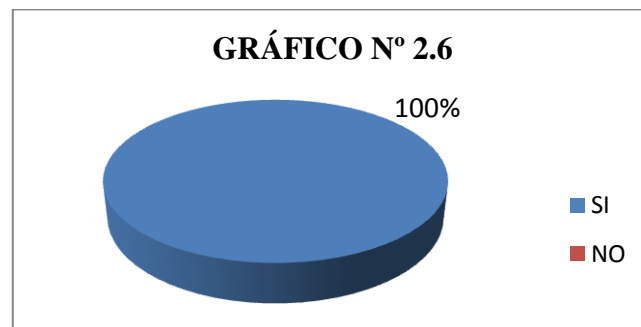
**PREGUNTA N° 6 ¿Piensa Ud. que el análisis de resultados en máquinas eléctricas determinaran los parámetros óptimos de operación?**

**TABLA N° 2.7**

<b>OPCIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	35	100 %
NO	0	0%
TOTAL	35	100%

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del octavo

**REALIZADO POR:** Equipo de investigación



**INTERPRETACION DE LA TABLA N° 2.7**

De los datos de la tabla N° 2.7 que corresponde a la pregunta estructurada, aplicada a 35 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi comprendidos a los estudiantes del Octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica, 35 de ellos que corresponden al 100% opina que el análisis de resultados del equipo PMM-1 es una buena idea.

Realizado la comparación de los datos conseguidos se puede manifestar, que se puede realizar un análisis de de resultados del equipo PMM-1, en transformadores y maquinas eléctricas rotativas ya que permite obtener los parámetros y determinar si se encuentra en condiciones de operación.

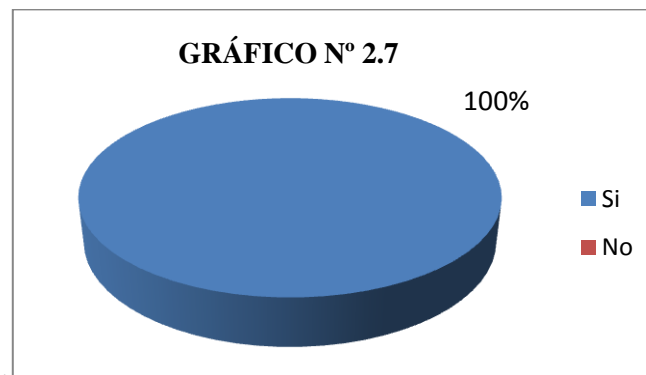
**PREGUNRA N° 7 ¿Cree usted que la implementación de un laboratorio en la carrera de ingeniería eléctrica ayudaría a fortalecer los conocimientos prácticos de los estudiantes?**

**TABLA N° 2.8**

<b>OPCIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
SI	35	100%
NO	0	0%
TOTAL	35	100%

**FUENTE:** Encuesta aplicada a los estudiantes del octavo

**REALIZADO POR:** Equipo de investigación



### **INTERPRETACIÓN DE LA TABLA N° 2.8**

De los datos de la tabla N° 2.8 que corresponde a la pregunta estructurada, aplicada a 35 estudiantes de la UTC comprendidos a los estudiantes del Octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica, 35 de ellos que equivalen al 100%, manifiestan que en una idea excelente la dotación de un laboratorio en la carrera.

Por los datos que se obtuvieron se podría afirmar que los encuestados conocen de las necesidades en el desarrollo de habilidades, por lo que consideramos que se podría aprovechar de buena manera la implementación de un laboratorio de pruebas de transformadores en la carrera de Ingeniería Eléctrica, mejorando el nivel académico del estudiante.

## **2.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LAS ENCUESTAS**

### ***Conclusiones***

Con la implementación del laboratorio de pruebas de transformadores y maquinas eléctricas ayudara a que los estudiantes de carrera de ingeniería Eléctrica obtengan mejores conocimientos y estar mejor preparados para su vida profesional.

Se determino que el laboratorio de banco de pruebas de transformadores que se implementara permite cubrir las áreas de la ingeniería eléctrica enfocadas a maquinas eléctricas estáticas y alto voltaje.

La elaboración de un manual para la utilización del equipo de medición multifuncional PMM-1 garantizara de mejor manera la realización de las pruebas de cortocircuito y en vacio.

### ***Recomendaciones***

Es necesario que se utilicen adecuadamente los equipos implementados en el laboratorio de banco de pruebas de transformadores mediante el manual, guías de laboratorio para que el estudiante adquiera los conocimientos en forma clara y segura

Es importante la complementación del laboratorio de banco de pruebas de transformadores para cubrir las necesidades de conocimientos prácticos del área de eléctrica de sistemas eléctricos de potencia, de distribución, circuitos eléctricos, y maquinas eléctricas rotativas entre los más necesarios.

Es muy esencial que en el momento de la utilización del equipo de medición multifuncional PMM-1 se observe correctamente el manual de operación antes de realizar las pruebas respectivas.

## **CAPÍTULO III**

### **3. PROPUESTA**

#### **3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

##### **3.1.1 TEMA:**

Aplicación del equipo Power Multímetro (PMM-1) hasta 600 (V) y análisis de resultados del instrumento de medición para pruebas en la industria y en el laboratorio de transformadores y máquinas eléctricas.

##### ***3.1.1.1 Presentación de la propuesta***

Con los conocimientos técnicos adquiridos se elaborará un análisis de resultados en las máquinas eléctricas realizando las diversas pruebas en transformadores y máquinas eléctricas rotativas, con el objetivo de aplicar el equipo PMM-1.

Para la obtención de los resultados de las magnitudes eléctricas correspondientes y disminuir problemas o fallas en los equipos eléctricos mediante la elaboración de un manual de operación.

Por lo cual la obtención de resultados o mediciones cuenta con diferentes aplicaciones para la adquisición de datos del EQUIPO POWER MULTIMETER (PMM-1).

Con la obtención y análisis de resultados podemos lograr mejorar la confiabilidad y eficiencia de las maquinas eléctricas estáticas o rotativas obtenidas ya que se pueden establecer medidas correctivas y preventivas para su mejor operación, de esta manera alargando su vida útil.

### ***3.1.1.2 Justificación***

La presente propuesta está diseñada pensando en la realidad de conocimientos teóricos prácticos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica que se encuentra ubicada el Barrio San Felipe, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, e implementada en la Universidad Técnica de Cotopaxi, siendo los estudiantes entes principales para desarrollar habilidades en el desempeño de actividades en el sector eléctrico. Por lo tanto la comprobación práctica de los conocimientos teóricos es una principal necesidad que debe ser compensada.

### ***3.1.4 Objetivos***

#### ***Objetivo General***

Analizar los resultados que se obtuvieron en el equipo de medición multifunción (PMM-1) aplicada en transformadores y máquina eléctricas para determinar su funcionamiento.

#### ***Objetivo Específico***

- Incrementar el rendimiento en los motores eléctricos mejorando la eficiencia en el momento de su funcionamiento.
- Determinar las pérdidas que se producen en el transformador para que estén dentro de los parámetros establecidos para su operación.

- Elaborar un manual de operación para el equipo de medición multifuncional (PMM-1) implementado en el laboratorio de Ing. Eléctrica.

### 3.2 Equipo técnico para el análisis de resultados

El equipo que se analizará a continuación es un equipo totalmente confiable ya que su margen de error es tolerable, es un equipo diseñado y construido de acuerdo a normas internacionales.

#### 3.2.1 Equipo de medición multifuncional PMM-1

Es un instrumento multifuncional de última generación para medir el voltaje en CA o CC, AC primaria y secundaria, corriente, potencia, energía reactiva, factor de potencia, ángulo de fase y frecuencia de un sistema eléctrico monofásico o trifásico.

La medición precisa del ángulo de fase en los niveles actuales muy bajos, que se pueden mostrar como atraso o adelanto del ángulo de fase.

**FIGURA N° 3.1 EQUIPO PMM-1**



FUENTE: Megger

REALIZADO POR: Grupo investigador

Posee una característica de grabación de alta velocidad que puede capturar corrientes de arranque de motores monofásicos y trifásicos.



Todos los valores medidos se despliega en una pantalla grafica de gran visibilidad, fácil de observar y la información puede ser enviada mediante el puerto de datos RS-232 a un computador.

### **3.2.2 Aplicaciones.**

El equipo PMM-1 es un instrumento ideal para su uso en el mantenimiento general de instalaciones eléctricas, reparaciones eléctricas de la máquina, la prueba de relés de protección o en el poder de vigilancia a la entrada del servicio eléctrico.

Este equipo está diseñado para realizar la comprobación, pruebas rápidas y precisa a equipos eléctricos para determinar el buen funcionamiento.

Las aplicaciones que se les puede dar a este instrumento se las puede utilizar para las pruebas de relés de protección e instalaciones de medidores durante su puesta en marcha y en el mantenimiento de rutina.

El equipo multifuncional PMM-1 nos permite realizar mediciones de corriente sin la necesidad de desconectar los cables de corriente en el normal funcionamiento del transformador.

### **3.2.3 Beneficios**

Permite obtener datos de las mediciones realizado en tres canales independientes de voltaje y corriente con un temporizador incorporado. Al mismo tiempo mide y muestra el voltaje, el ángulo de corriente, fase, potencia, energía reactiva, factor de potencia y frecuencia de los sistemas monofásicos o trifásicos, con rango automático para la reducción del tiempo en que se realice la prueba determinada.

### 3.2.4 Características de funcionamiento

El funcionamiento del equipo PMM-1 se basará en su: fiabilidad y aproximación, aplicando esto a cada uno de sus procesos, desde cómo llegar hasta cómo interpretar los datos obtenidos en el proceso.

Se debe tener en cuenta que el valor del factor de potencia que se presenta como resultado en el equipo PMM-1 se le debe dividir para 100, para obtener el valor eficaz.

**TABLAN° 3.1 ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS DEL EQUIPO PMM-1**

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Entrada	Voltaje de Línea: 90-253 V, 50/60 Hz, 30VA
Batería	Las características de seguridad incluyen la batería interna la protección del exceso de carga y el agotamiento de carga. El tiempo de operación es de 10 horas continuas con carga completa.
Voltaje	0 a 650 voltios (AC / DC) Precisión a 50/60 Hz, con Impedancia de entrada: 1 MW.
Ángulo de fase	0 a 180,0 ° y 0 - 360 ° adelanto o de retraso, con una precisión a 50/60 Hz:
Potencia	0 a 100KW, con una precisión a 50/60Hz
Potencia Reactiva	0 a 100KVARcon una precisión a 50/60Hz
Tiempo	0,000 a 999,999segundos. Precisión: ± 0,005% de la lectura.
Tiempo de respuesta	Modo regular monofásico: 1 lectura por segundo. Modo de alta velocidad: 20 lecturas por segundo /60 segundos máx. Modo tres fases: serie de lecturas por segundo.

FUENTE: Megger

REALIZADO POR: Grupo investigador

**TABLAN° 3.2 ESPECIFICACIONES DE SEGURIDAD DEL EQUIPO PMM-1**

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Material de la caja	IEC 61010-1, sobretensión CAT II
Dimensiones	344W x 242H x 242D milímetros (13.5W x 9H x 9D pulgadas).
Peso	6,0 Kg (13,4 libras), aproximadamente
La temperatura de funcionamiento	-15 ° C a 55 ° C (5 ° F a 131 ° F).
Temperatura de almacenamiento	-30 ° C a 75 ° C (-22 ° F a 167 ° F)
Humedad relativa	10 a 95%, sin condensación

FUENTE: Megger

REALIZADO POR: Grupo investigador

### ***3.3 Análisis de resultados obtenidos del Equipo PMM-1***

Las pruebas para el análisis de resultados se realizan en el laboratorio de máquinas eléctricas, en transformadores, motores monofásico y trifásico existentes en el laboratorio, con la aplicación de un autotransformador y la utilización de equipo de medición multifuncional PMM-1 y el programa de descarga de datos Power DB.

El análisis de resultados permite determinar las condiciones de operación de las máquinas eléctricas, determinando los parámetros eléctricos con la aplicación del equipo de medición multifuncional PMM-1.

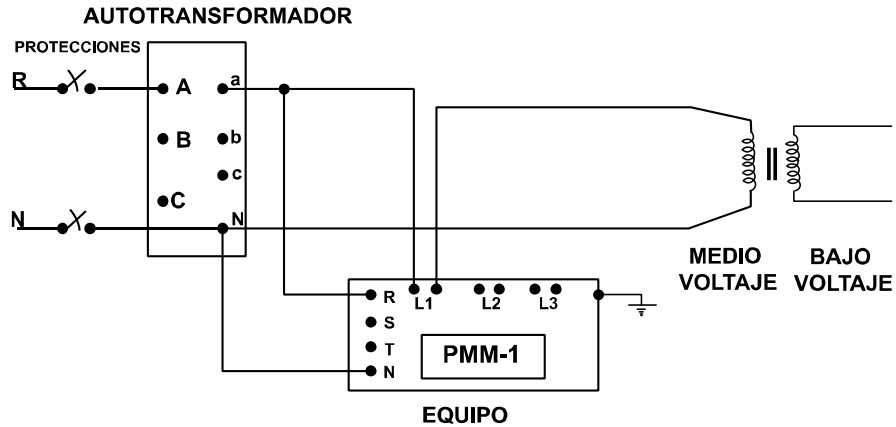
### **3.4 Pruebas en transformadores monofásicos.**

#### ***Características del transformador monofásico***

Los transformadores sometidos a las pruebas se efectúan en el laboratorio de máquinas eléctricas en un transformador monofásico ideal, con una relación de voltaje de entrada y de salida de 120 (V).

### 3.4.1 Prueba de Vacío

*Diagrama de conexión prueba de vacío transformador monofásico*



Se presentan a continuación los resultados de la prueba.

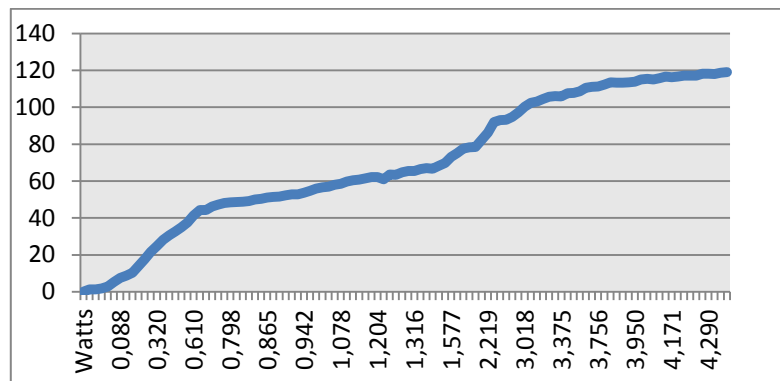
**TABLA N° 3.3 PRUEBA DE VACÍO EN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO**

Voltaje (V)	$I_o$ (% de $I_n$ )	$P_o$ (W)	Potencia (VARS)	Ángulo de fase	F
120,01	0,047	4,38	3,35	322,59	60

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

**GRÁFICO N° 3.1 PRUEBA DE VACÍO EN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO**



En la tabla N° 3.3 se determina la corriente de vacío de 0,47(A) que resultaría demasiado pequeña. Determinando la potencia en vacío en el transformador tenemos como resultado 4,38(W) que representa las pérdidas en vacío del transformador las cuales resultan de la suma de las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas en el núcleo, con un voltaje de 120,01(V) que representa el voltaje nominal.

La grafica N° 3.1 constituye el comportamiento de el Voltaje con respecto a la Potencia en vacío del transformador,

### **PARÁMETROS DE MEDICIÓN**

$$R_c = \frac{V_{oc}^2}{P_{oc}} = \frac{(120.02)^2}{4.38} = 3288.767 \Omega$$

$$|Z_\phi| = \frac{V_{oc}}{I_{oc}} = \frac{(120.02)^2}{0.047} = 2553.617 \Omega$$

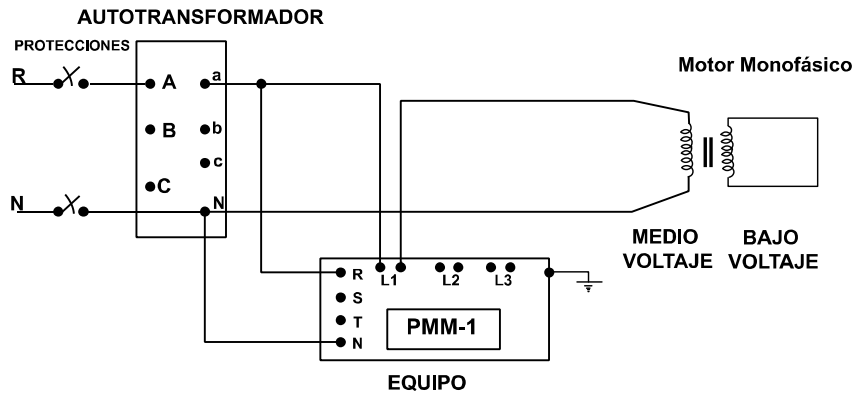
$$X_m = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{Z_\phi}\right)^2 - \left(\frac{1}{R_c}\right)^2}}$$

$$X_m = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{2553.617}\right)^2 - \left(\frac{1}{3288.767}\right)^2}}$$

$$X_m = 4062.22 \Omega$$

### 3.4.2 Prueba de Cortocircuito

*Diagrama de conexión prueba de cortocircuito transformador monofásico*



REALIZADO POR: Grupo Investigador

Los resultados de la prueba de cortocircuito se muestran a continuación.

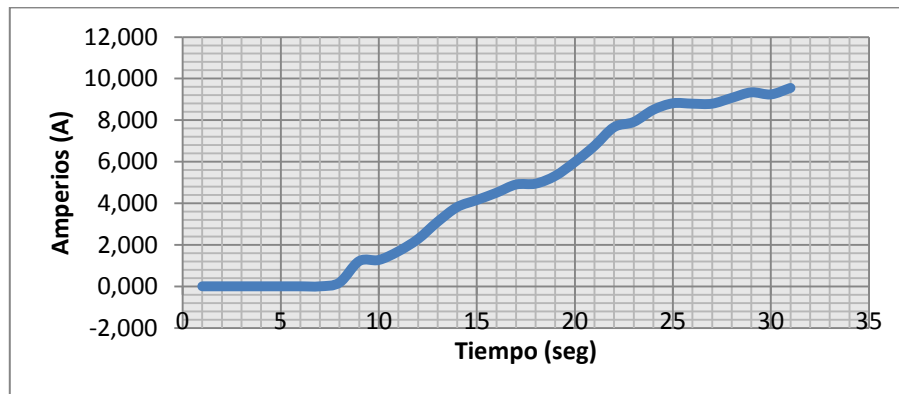
**TABLA N° 3.4 PRUEBA DE CORTOCIRCUITOTRANSFORMADOR MONOFÁSICO**

Voltaje (V)	I <sub>cc</sub> (A)	P <sub>cc</sub> (W)	Potencia (VARS)	Ángulo de fase	F
24.908	9.34	223.24	41.7	349.43	60

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

**GRÁFICO N° 3.2 PRUEBA DE CORTOCIRCUITO TRANSFORMADOR MONOFÁSICO**



En la tabla N° 3.4 se presenta el valor de potencia activa de 223.24 (W) que representa las pérdidas en el cobre, en los devanados primario y secundario del transformador incluido las pérdidas en el núcleo, considerando la corriente de cortocircuito de 9,34(A) que representa la corriente nominal del transformador obtenida mediante una aplicación de voltaje reducido de 24,90 (V).

La grafica N° 3.2 representa el comportamiento de la corriente en función del aumento de voltaje hasta alcanzar la corriente nominal en el transcurso del tiempo a los 31 segundos de empezada la prueba.

### ***PARÁMETROS DE MEDICIÓN***

$$\mathbf{Z_{eq} = Z_{sc} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \frac{24.90}{9.34} = 2.66 \Omega}$$

$$\mathbf{R_{eq} = R_{sc} = \frac{P_{sc}}{I_{sc}^2} = \frac{223.24}{(9.34)^2} = 2.55 \Omega}$$

$$\mathbf{X_{eq} = X_{sc} = \sqrt{(Z_{sc})^2 + (R_{sc})^2} = \sqrt{(2.66)^2 + (2.55)^2}}$$

$$\mathbf{X_{eq} = X_{sc} = 3.68 \Omega}$$

### **3.5 Pruebas en transformadores trifásicos.**

#### ***Características del transformador trifásico.***

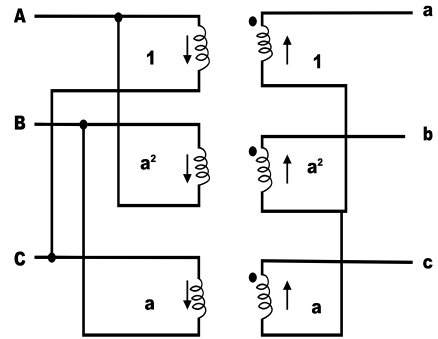
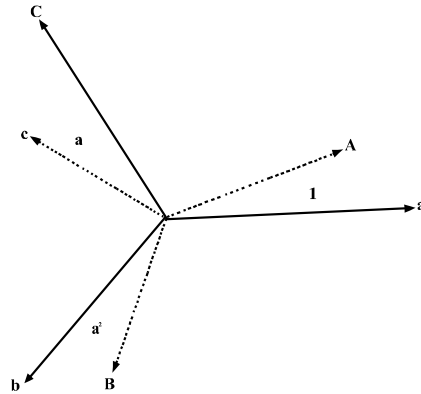
El transformador trifásico consta de tres devanados conectados en serie en el lado de medio y bajo voltaje con una relación de 120/240 (V).

### 3.5.1. Diagrama fasorial de Conexión DY1

$$A = 1 - a^2$$

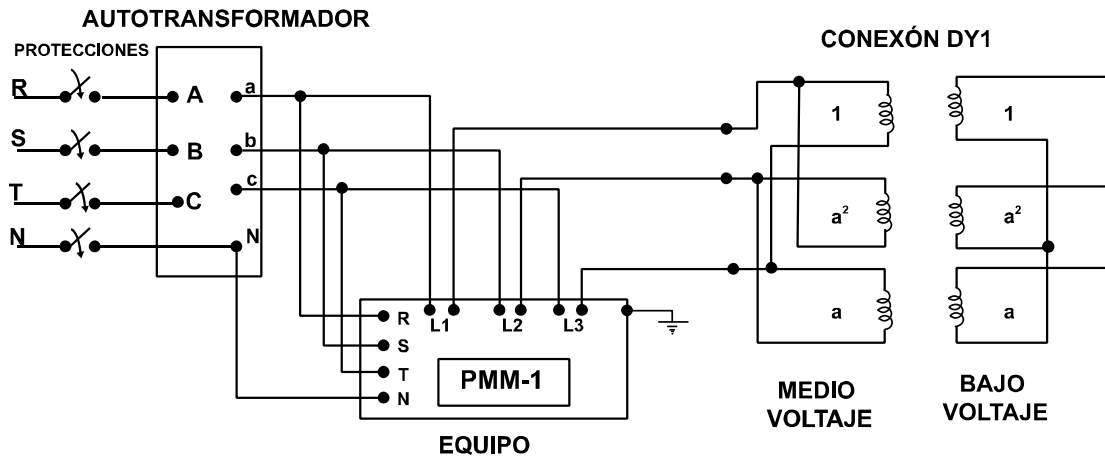
$$B = a^2 - a$$

$$C = a - 1$$



### 3.5.2 Prueba de Vacío

#### Diagrama de conexión prueba de vacío transformador trifásico



REALIZADO POR: Grupo Investigador

Con la prueba de vacío se obtuvieron los siguientes resultados:

**TABLA N° 3.5 PRUEBA DE VACÍO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO**

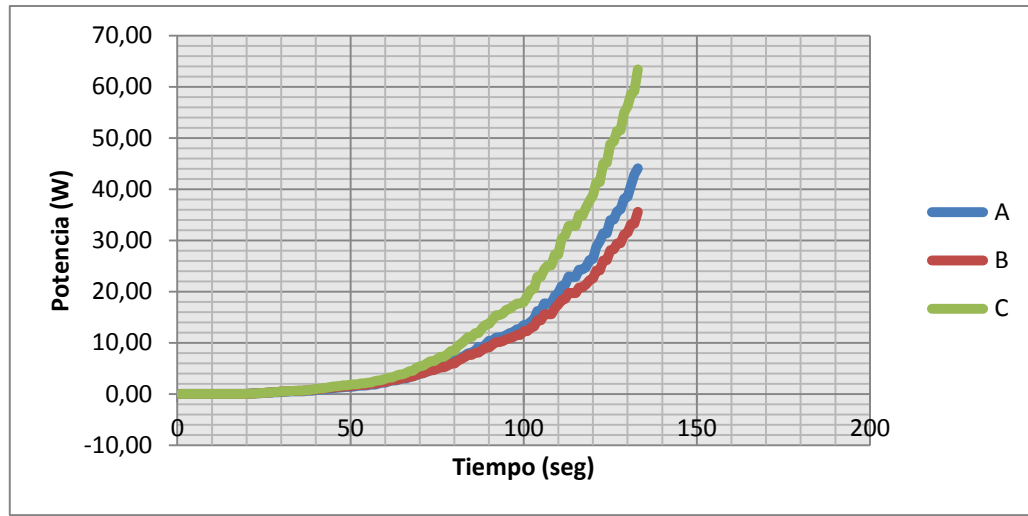
	Voltaje (V)	Ángulo Voltaje	I <sub>o</sub> (% de I <sub>n</sub> )	Ángulo corriente	P <sub>o</sub> (W)	VARs (V)	F <sub>p</sub>
FASE A	223,26	0	0,32	43,42	44,05	48,97	0,72
FASE B	223,26	120,44	0,41	302,78	35,56	80,24	0,45
FASE C	221,74	239,95	0,47	164,59	63,40	72,71	0,71
TOTAL					143,01		

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador



### GRÁFICO N° 3.3 PRUEBA DE VACÍO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO



En la tabla N° 3.5 se determina la corriente de vacío en la fase A de 0,32 (A); en la fase B 0,41 (A); en las fase C 0,047(A), que resultaría demasiado pequeña.

Determinando la potencia en vacío en el transformador, en la fase A 44,05 (W); en la fase B 35,56 (W); en la fase C 63.40 (W) en total tenemos 143,01 (W) que representa las pérdidas de vacío del transformador las cuales resultan de la suma de las pérdidas por histéresis y corrientes parasitas en el núcleo.

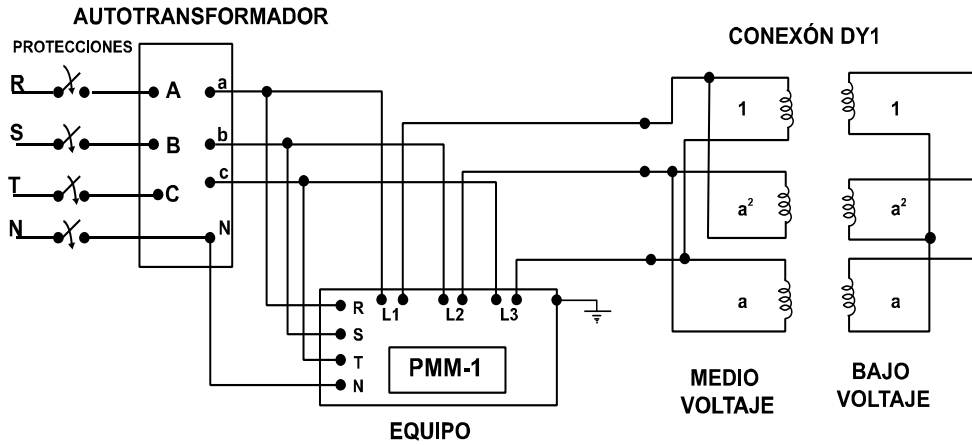
El voltaje en la fase A 223,26 (V); fase B de 223,26 (V) y en la fase C 221,74 (V) que representa el voltaje nominal.

La grafica N° 3.3 constituye el comportamiento de el Voltaje con respecto a la Potencia de pérdidas de vacío en el transformador.

#### 3.5.3 Prueba de cortocircuito

Los resultados de la prueba de cortocircuito se muestran a continuación.

*Diagrama de conexión prueba de cortocircuito transformador trifásico*



REALIZADO POR: Grupo Investigador

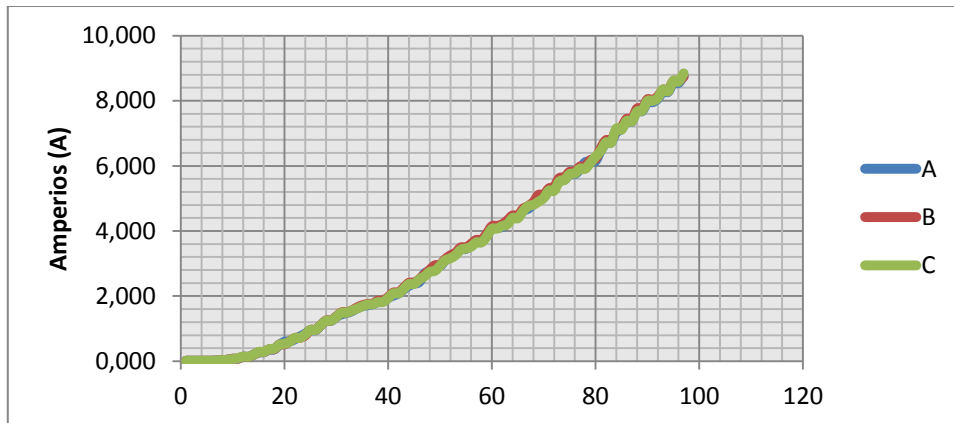
**TABLA N° 3.6 PRUEBA DE CORTOCIRCUITO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 50KVA**

	Voltaje (V)	Ángulo Voltaje	I <sub>cc</sub> (A)	Ángulo corriente	P <sub>cc</sub> (W)	VARs (W)	F <sub>p</sub> %
<b>FASE A</b>	209.94	0	2.08	62.35	203.40	388.07	0.46
<b>FASE B</b>	211.72	240.02	2.09	302.96	201.33	394.30	0.45
<b>FASE C</b>	209.98	119.94	2.11	182.57	203.24	394.14	0.46
<b>TOTAL</b>					<b>607, 97</b>		

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

**GRÁFICO N° 3.4 PRUEBA DE CORTOCIRCUITO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO**



En la tabla N° 3.6 se presenta el valor de potencia activa en cada fase del transformador: fase A de 203,40(W), Fase B de 201,33(W) y la Fase C 203,24(W) que representa las pérdidas en el cobre en los devanados primario y secundario del transformador incluido las pérdidas que se encuentran en el núcleo.

Se demuestra que las pérdidas en el sistema trifásico del transformador corresponden a la suma de las pérdidas de cada una de las fases, se obtiene el total de perdidas en el transformador de 607,97(W).

Las corrientes de cortocircuito en la Fase A 2.08(A), en la Fase B 2,09(A) y en la Fase C de 2,11(A) corresponden a la corriente nominal en cada fase del transformador del transformador aplicando un voltaje de 209,94(V), 211,72 (V) y 209,98 (V)

La grafica N° 3.4 constituye el comportamiento de la corriente hasta alcanzar su valor nominal, mediante el aumento de voltaje reducido con un autotransformador, con un tiempo de 95 segundos de duración de la prueba.

### 3.6 Pruebas en motores monofásicos

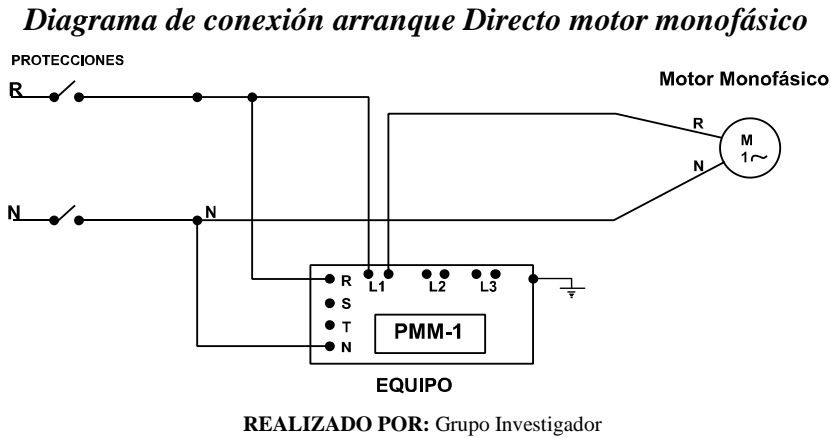
#### 3.6.1 Características del motor

Se utilizo un motor monofásico de inducción de 0.5 HP con voltaje de 115/230 V

##### *Placa de datos:*

<b>Marca:</b> SIEMENS	<b>Potencia:</b> 0.5 HP	<b>MOTOR MONOFÁSICO</b>
<b>Voltaje:</b> 115/230 V	<b>Peso:</b> 10 Kg	<b>Ta:</b> -15/40 °C
<b>Corriente:</b> 7.6/3.8 A	<b>Cos φ:</b> 0.63	<b>1730 RPM</b>
<b>IEC 34:</b> Ia 4.3.7 In	<b>Frecuencia:</b> 60 Hz	<b>AI.SL.F:</b> η 67.7

### 3.6.2. Arranque Directo motor monofásico



La prueba a un motor monofásico con frenado del rotor expresa los siguientes datos.

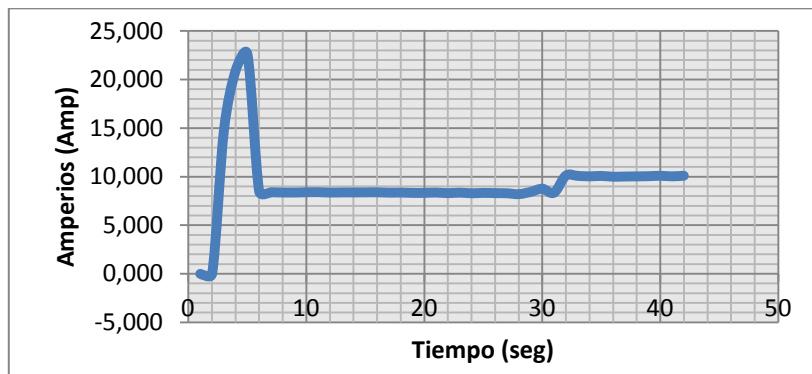
**TABLA N° 3.7 ARRANQUE DIRECTO MOTOR MONOFÁSICO**

ESTADO DE OPERACIÓN	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Reactiva (VARS)	Ángulo fase	F
ARRANQUE	125,91	22,61	1208,20	1033,39	210,85	60
NOMINAL	125,90	8,46	176,42	1033,39	260,32	60
CON CARGA	123,48	10,11	711,03	957,47	232,83	60

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

**GRÁFICO N° 3.5 ARRANQUE DIRECTO EN MOTOR MONOFÁSICO**



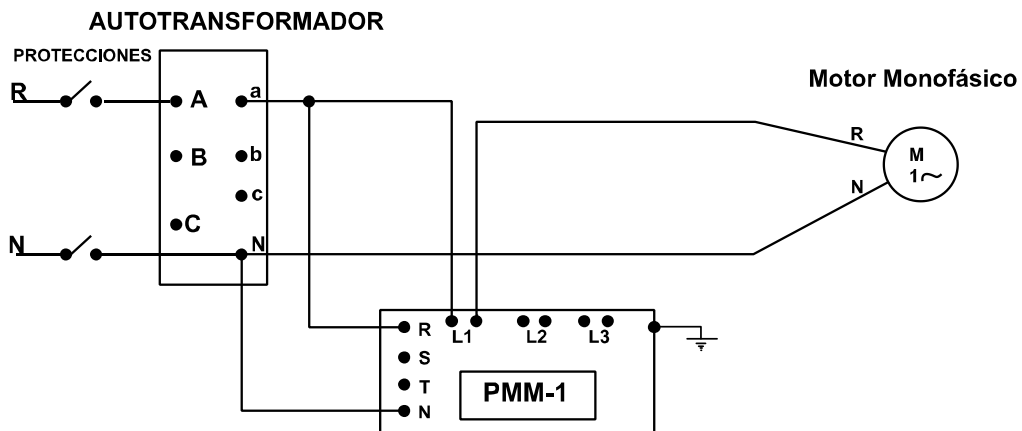
En la tabla N° 3.7 se representa los valores de la corriente de arranque, corriente nominal y la corriente cuando se ejerce trabajo en el motor. Luego el motor

experimenta un comportamiento normal cuando alcanza la corriente nominal de 8,46 (A), se aplica un frenado en el rotor como resultado se puede observar que la corriente alcanza un valor de 10,02 (A) que es la corriente cuando trabajando con carga.

En la grafica N° 3.5 se demuestra que al momento del arranque el motor, experimenta una corriente de arranque que alcanza 22,61 (A) que equivale a 2,7 veces la corriente nominal del motor durante un tiempo transitorio de 3 segundos.

### 3.6.3 Arranque con autotransformador

*Diagrama de conexión arranque con autotransformador motor monofásico*



Los resultados de la prueba, se representa a continuación.

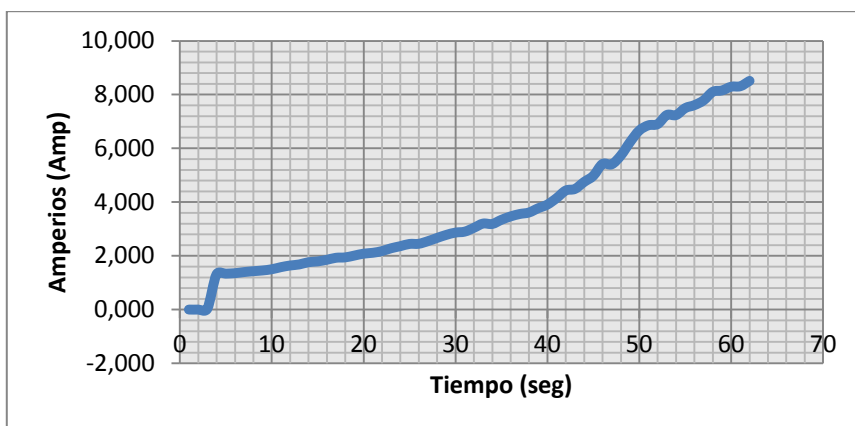
**TABLA N° 3.8 ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR MOTOR MONOFÁSICO**

ESTADO DE OPERACIÓN	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Reactiva (vars)	Ángulo fase	Frecuencia
ARRANQUE	35,11	1,31	12,62	43,54	253,84	60
NOMINAL	125.65	8.50	175.87	1026.74	260.29	60

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

### GRÁFICO N° 3.6 ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR MOTOR MONOFÁSICO



REALIZADO POR: Grupo Investigador

En la tabla N° 3.8 se representa el valor de la corriente de arranque, cuando se aplica un voltaje reducido de 35,11(V), hasta alcanzar el valor de la corriente nominal de 8,50 (A).

En la grafica N° 3.6 se demuestra el comportamiento de la corriente al momento del arranque el motor, que experimenta una corriente de arranque de 1,31 (A), con un voltaje reducido de 35,11 (V), mediante la aplicación de un autotransformador se logra alcanzar la corriente nominal de 8,50 (A) con un voltaje nominal de 125,65 (V).

### 3.7 Pruebas en motores trifásicos

#### 3.7.1 Características del motor trifásico.

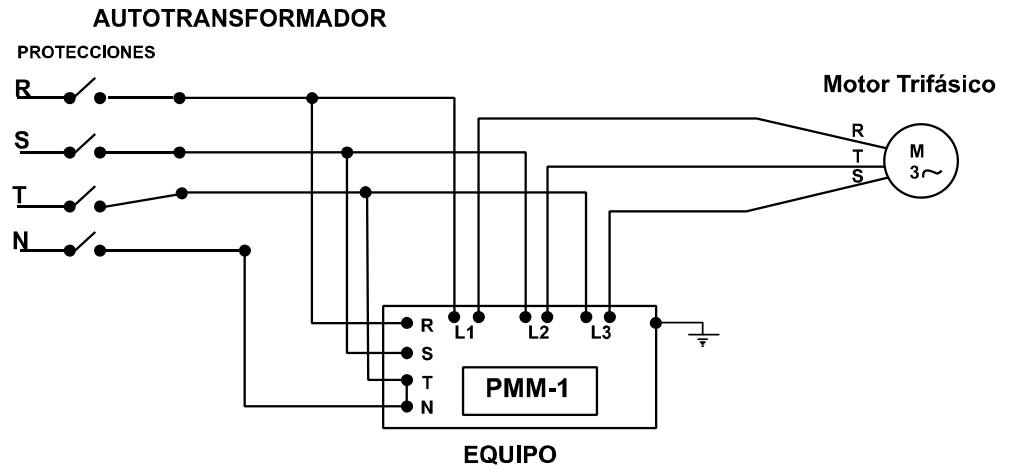
*Placa de datos:*

<b>MARCA SIEMENS</b>	<b>Potencia: 0.75 HP</b>	<b>MOTOR TRIFÁSICO</b>
<b>Voltaje: 220 YY/440 Y (V)</b>	<b>Peso: 6.0 Kg</b>	<b>Ta: -15/40°C</b>
<b>Corriente: 2.9/ 1.45</b>	<b>Cos φ: 0.79</b>	<b>1650 RPM</b>
<b>IEC 34: Ia 3.7 In</b>	<b>Frecuencia: 60 Hz</b>	<b>AI.SL.F: η 64.0</b>

### 3.7.2 Arranque Directo Motor trifásico

La prueba aplicada a un motor trifásico para determinar la corriente de arranque.

*Diagrama de conexión arranque Directo motor trifásico*



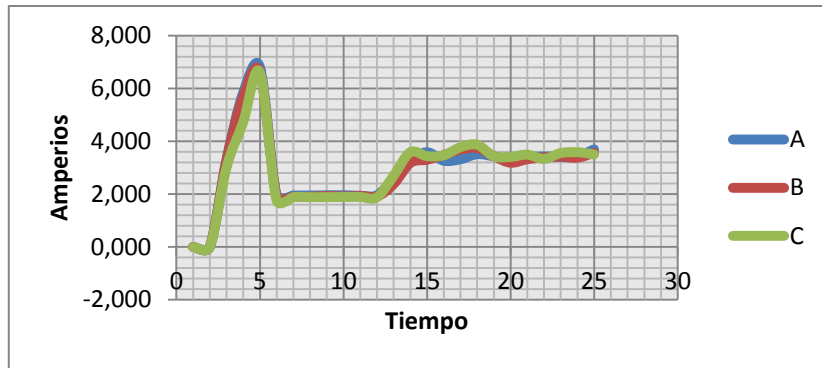
**TABLA N° 3.9 ARRANQUE DIRECTO MOTOR TRIFÁSICO**

Estado de Operación	FASE A							FASE B						
	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Reactiva (VARS)	Angulo de fase	Angulo corriente	Factor potencia (Fp)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Reactiva (VARS)	Angulo de fase	Angulo corriente	Factor potencia (Fp)
<b>Arranque</b>	216,25	6,80	240,30	957,96	0	280,96	39,980	214,686	6,638	659,548	980,532	119,990	326,140	0,66
<b>Nominal</b>	216,25	1,94	254,67	391,97	0	291,09	29,620	119,810	1,920	759,542	380,501	119,810	52,890	0,33
<b>Con carga</b>	215,44	3,50	138,21	417,63	0	251,70	31,420	213,875	3,744	471,044	647,306	119,720	353,590	0,58

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

### GRAFICA N° 3.7 ARRANQUE DIRECTO MOTOR TRIFÁSICO



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

En la tabla N° 3.9 se representa por cada fase del motor trifásico los valores de la corriente de arranque, corriente nominal y la corriente cuando se ejerce trabajo en el motor.

En la grafica N° 3.7 se demuestra que al momento del arranque el motor, experimenta una corriente de arranque en la fase A de 6,80 (A), la fase B con una I de arranque de 6,63(A) y en la Fase C alcanza un valor de 6,601 (A) que equivale al 2,7 veces la corriente nominal del motor durante un tiempo transitorio de 3 segundos.

Luego el motor experimenta un comportamiento normal cuando alcanza la corriente nominal en la fase A de 1,94(A), en la Fase B una I nominal de 1,92(A) y en la fase C un valor de 1,76 (A) valores de corriente nominal.

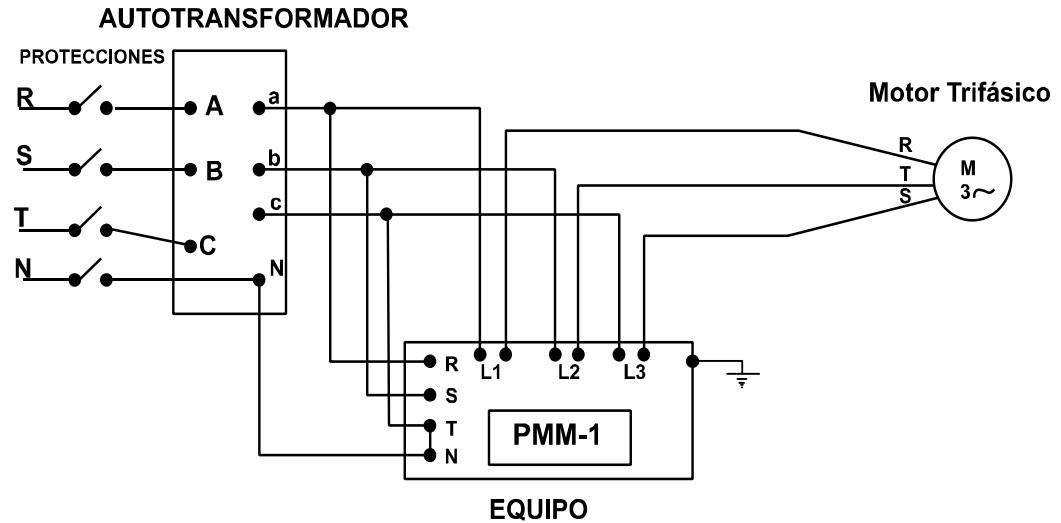
Se aplica un frenado en el rotor a los 6 segundos de que el motor permanece con la I nominal como resultado se puede observar que la corriente alcanza un valor en la fase A de 3,50 (A), en la fase B 3,74(A) y en la fase C 3,87 (A) cuando se ejerce un frenado en el rotor simulando que trabaja con carga.



### 3.7.2 Arranque con autotransformador

Realizada la prueba por el método de arranque con autotransformador se presenta los siguientes resultados.

*Diagrama de conexión arranque con autotransformador motor trifásico*



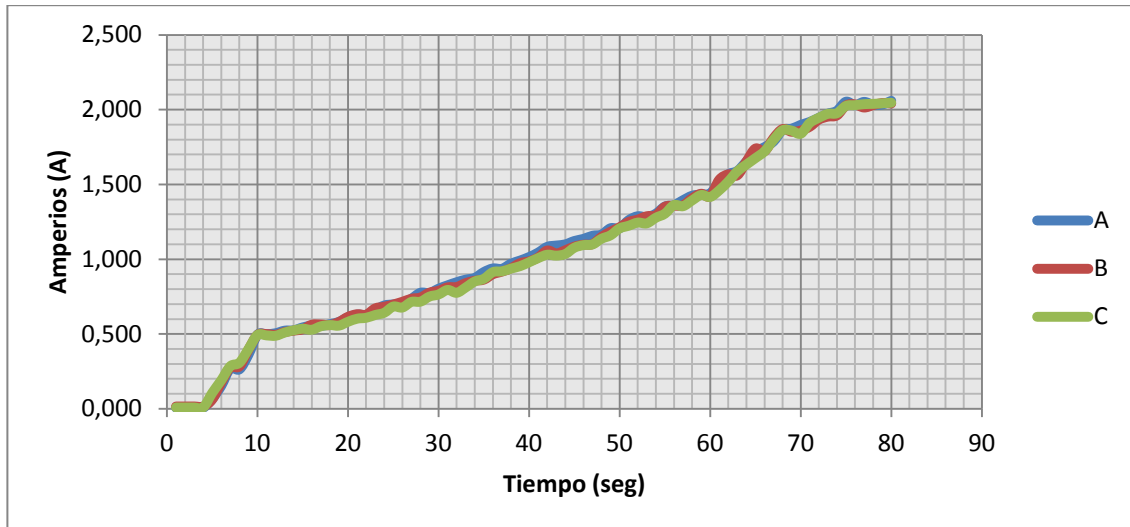
**TABLA N° 3.10 ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR DE UN MOTOR TRIFÁSICO**

Estado de Operación	FASE A							FASE B						
	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Reactiva (VARs)	Ángulo de fase	Ángulo corriente	Factor potencia (Fp)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Reactiva (VARs)	Ángulo de fase	Ángulo corriente	Factor potencia (Fp)
Arranque	52,63	0,49	4,58	25,59	0	259,86	21,70	52,78	0,49	4,18	25,67	119,96	19,40	0,21
Nominal	215,20	1,917	149,17	383,95	0	291,24	37,29	214,55	1,88	152,42	374,46	119,84	51,88	0,37

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

### GRÁFICON°3.8 ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR MOTOR TRIFÁSICO



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

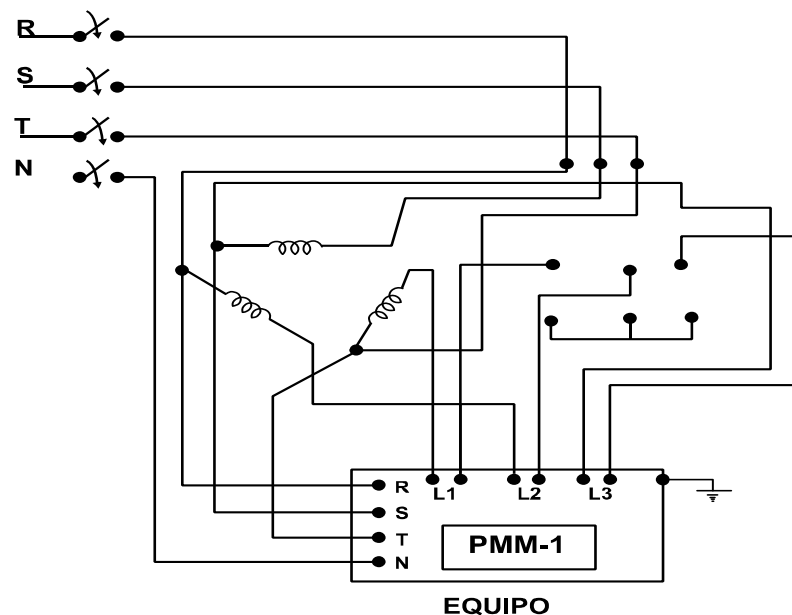
En la tabla N° 3.10 se representa el valor de la corriente de arranque y la corriente nominal en cada fase del motor, determinando los parámetros eléctricos.

En la grafica N° 3.8 se demuestra el comportamiento de la corriente al momento del arranque del motor, que experimenta una corriente de arranque en la fase A de 0,49(A) aplicando un voltaje reducido de 52,63(V), la corriente de arranque en la fase B es de 0,49(A), con la aplicación de un voltaje de 52,78(V) y en fase C una corriente de arranque de 0,49(A) aplicando un voltaje de 51,135(V).

Mediante la aplicación de un autotransformador se logra alcanzar la corriente nominal estableciendo en cada fase del motor trifásico, la corriente nominal en la fase A es de 1,91(A), alcanzando un voltaje de 215,20(V), en la fase B una I nominal de 1,88(A) de con un voltaje de 214,55(V) y con la corriente nominal en la fase C de 1,89(A) alcanzando un voltaje de 216,24(V).

### 3.7.4 Arranque estrella-delta (Y-Δ)

Diagrama de conexión arranque estrella-delta (Y-Δ)



A continuación se muestra los resultados que se obtuvieron en la medición.

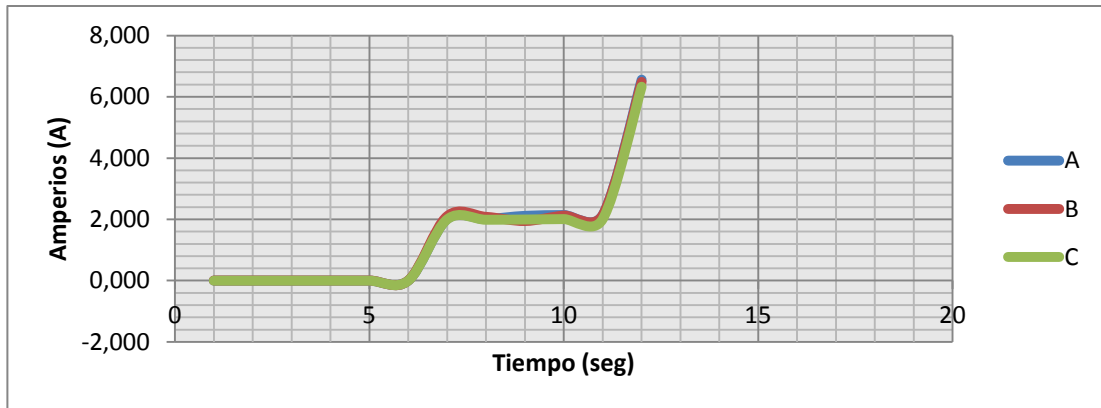
**TABLA N° 3.11 ARRANQUE ESTRELLA-DELTA (Y-Δ)**

Estado de Operación	FASE A							FASE B						
	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Reactiva (VARS)	Angulo de fase	Angulo corriente	Factor potencia (Fp)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Potencia Reactiva (VARS)	Angulo de fase	Angulo corriente	Factor potencia (Fp)
<b>Estrella</b>	120,13	2,01	33,48	245,05	0	82,38	25,68	119,86	2,10	223,58	90,23	119,86	322,88	0,93
<b>Delta</b>	119,99	6,56	71,38	245,05	0	95,61	10,70	119,90	6,49	629,04	260,40	119,91	323,82	0,92

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

**GRÁFICO N° 3.9 ARRANQUE ESTRELLA-DELTA (Y-Δ)**



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo Investigador

En la tabla N° 3.11 se observa los valores que se obtuvieron en la realización del Arranque Estrella-Triangulo del motor trifásico.

En la grafica N° 3.9 se muestra el arranque en estrella de un motor trifásico con una corriente de arranque en la fase A de 2,01(A) con un voltaje de 120,14 (V), en la fase B una corriente de arranque de 2,10(A) con un voltaje de 119,86(V) y en la fase C un corriente de arranque de 2,10(A) con un voltaje de 120,18(V).Durante el periodo de arranque del motor transcurre un tiempo transitorio de 5 segundos hasta que entra la conexión delta que permanecerá durante la operación normal del motor trifásico.

En el periodo de operación normal del motor el valor de la corriente nominal en la fase A es de 6,56(A), con un voltaje de 119,99(V), en la fase B una corriente nominal de 6,46(A) con un voltaje de 119,90(V) y en la fase C una I nominal de 3,32(A) con un voltaje de 119,96(V) en la conexión delta.

Se puede observar en los resultados expresados anteriormente con el arranque estrella triangulo, la conexión en delta presenta una corriente de arranque normal a diferencia de un arranque directo que tiene una corriente de 6.1 (A).

Con valores, cuando pasa a una operación en delta se observa que la corriente toma su valor nominal, pero el voltaje sufre un incremento en un factor de  $\sqrt{3}$  típico de una conexión en delta.

### 3.8 Manual de operación del equipo PMM-1

#### Normas de seguridad

**Descripción:** El instrumento debe ser utilizado, y reparado por personal calificado.

- El mal uso del equipo de medición multifuncional PMM-1 puede causar lesiones personales o daños al equipo bajo prueba.
- Obedecer todas las reglas, especificaciones y procedimientos de seguridad que muestra el manual de operación.



Este símbolo indica que el operador del equipo debe referirse al manual de operación antes de utilizar el equipo PMM-1.



Este terminal muestra que el equipo posee una conexión a tierra.



Este símbolo indica que se ha presentado un voltaje igual o superior a 1000(V) en los terminales.

**Terminal a tierra.-** El equipo de medición PMM-1 debe estar conectado a una toma de tierra antes de hacer cualquier conexión.

**ADVERTENCIA:** para evitar descargas eléctricas, no interrumpir la conexión a tierra.

**Cables de Alimentación.-** Los cables deben estar conectados al suministro de energía eléctrica con una adecuada puesta a tierra.

**ADVERTENCIA:** Para evitar descargas eléctricas siempre desconecte el cable eléctrico del suministro de energía eléctrica antes de manipular el equipo o cuando reemplace el fusible.

### ***Preparación para el uso de equipo PMM-1***

El equipo está diseñado para ser utilizado para mediciones de voltajes altos y es recomendable que el operador esté familiarizado con el equipo, controles, funciones y características detalladas en el manual de operación antes de ser utilizado.

### ***Precauciones de seguridad***

- La conexión a tierra del equipo debe estar firmemente conectada al sistema de puesta a tierra.
- Las conexiones deben estar establecidas para los terminales que se vayan a utilizar, antes que el sistema de medición se active.
- Todos los terminales de corriente y voltaje deben estar bien sujetos para evitar daños personales o en el equipo.

### ***Uso de la batería interna del equipo***

Si el equipo ha sido utilizado por más de una semana, es importante que la batería se le realice una carga completa antes de ser utilizado.

Es importante utilizar Guantes, zapatos especiales y tomar todas las precauciones para evitar accidentes, y daños a los equipos eléctricos.


**RECOMENDACIÓN: revisar el manual de operación del equipo PMM-1 antes de utilizarlo**

### 3.8.1. Descripción.

Este instrumento debe ser utilizado, usado y reparado por personal calificado o capacitado. El mal uso de los instrumentos eléctricos puede resultar en lesiones personales y daños al aparato bajo prueba, se debe someterse a todas las reglas de seguridad y regulaciones aplicables en el equipo en todo momento.

#### 3.8.1.1 Accesorios del instrumento PMM-1

**TABLA N° 3.12 ACCESORIOS DEL EQUIPO PMM-1**

<p><b>Cables de corriente hasta 100 Amperios (Amp) calibre del conductos N° 6 AWG / 600V</b></p>	
<p><b>Cables de voltaje hasta 750 Voltios (V)</b></p>	

<p><b>Cable de comunicación RS232</b></p>	
<p><b>Cable de alimentación del equipo de 120V</b></p>	

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

### 3.8.2. Panel de controles del equipo PMM-1

El equipo multifuncional de medición PMM-1 presenta los componentes que permiten el manejo y operación del equipo.

**FIGURA N° 3.3 PANEL DE CONTROL DEL EQUIPO PMM-1**








FUENTE: Equipo PMM-1

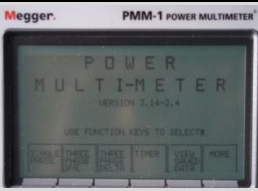





REALIZADO POR: Grupo investigador



### 3.8.2.1. Accesorios del panel de control

**TABLA N° 3.13 COMPONENTES DEL EQUIPO PMM-1**

<p><b>Línea de entrada</b></p>	<p>Es la entrada principal del equipo y debe ser conectado a la línea de suministro eléctrico adecuada, utilizando el cable del equipo a la línea.</p>	
<p><b>Interruptor principal</b></p>	<p>Llevar el interruptor a la posición derecha para prender el instrumento de medida.</p>	
<p><b>Indicador de línea</b></p>	<p>El indicador se ilumina cuando el enchufe de entrada del equipo está conectado a una línea eléctrica.</p>	
<p><b>Batería cargada</b></p>	<p>El LED se ilumina cuando la batería se está cargando a toda su capacidad o se ha descargado hasta un 20% de su capacidad</p>	
<p><b>Terminal de protección a tierra</b></p>	<p>El terminal de protección a tierra debe estar conectado a una toma de tierra antes de hacer otras conexiones con el instrumento y antes de trabajar con ella</p>	

<p><b>Pantalla.</b></p>	<p>La pantalla es una LCD de alta resolución grafica.</p>	
<p><b>Teclas de función.</b></p>	<p>Estos botones son operados en conjunto con la pantalla. La pantalla proporciona una indicación de la tecla de función. La función de cada tecla varía en cada pantalla.</p>	
<p><b>Tecla menú.</b></p>	<p>Cuando se pulsa la tecla MENU el equipo regresa al menú principal.</p>	
<p><b>Teclas de cursor</b></p>	<p>Las teclas de cursor permiten al operador moverse, en las direcciones izquierda y derecha, arriba o abajo a diferentes campos en la pantalla</p>	
<p><b>Entradas de Voltaje.</b></p>	<p>Los voltajes de una a tres fases se conectan a los bornes de conexión, según el color indicado: Rojo fase A, amarillo fase B, azul fase C y el color blanco es el neutro.</p>	
<p><b>Reset.</b></p>	<p>Este botón se utiliza para restablecer el contador de ciertas pantallas de medición, y aplicación exclusiva para la prueba de relés.</p>	

<p><b>Entradas de corriente.</b></p>	<p>Tres circuitos de corriente independiente pueden ser conectados a estos conectores de unión.</p> <p>La polaridad correcta, determina la medición del ángulo de fase, se indica mediante el terminal de color rojo y con el terminal negro según corresponda la bornera.</p>	
<p><b>Puerto de salida RS232.</b></p>	<p>Este puerto es siempre para transmitir y recibir los resultados de datos del equipo hacia y desde un PC externo o una terminal de datos.</p>	
<p><b>Puerto de impresora.</b></p>	<p>Este puerto a se puede conectar directamente a una impresora, para la impresión de los resultados de la prueba realizada o parámetros medidos.</p>	
<p><b>Pantalla de respaldo de luz.</b></p>	<p>Este botón permite controlar el encendido de la luz de fondo de la pantalla.</p>	
<p><b>Temporizador</b></p>	<p>Permite la aplicación en la prueba de relés</p>	

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

### 3.9. Funciones de operación del equipo PMM-1

Las mediciones se las puede realiza en sistemas monofásicos y trifásicos lo cual permite obtener parámetros eléctricos en cada fase.

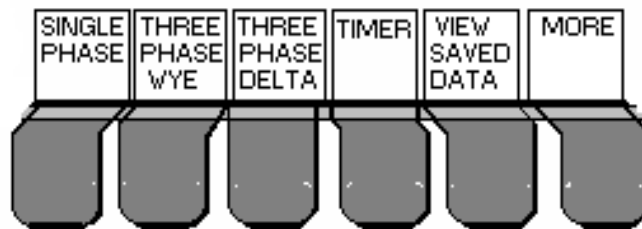
#### 3.9.1. Funcionamiento en sistemas monofásico

Este modo de operación en una fase está destinado a la medición de un voltaje, corriente, potencia, potencia reactiva, ángulo de fase, frecuencia y factor de potencia por fase.

##### 3.9.1.1. Selección del canal de entrada

A continuación se detalla los pasos para la medición en un sistema monofásico.

**FIGURA N° 3.4 PANTALLA DEL MENU PRINCIPAL**

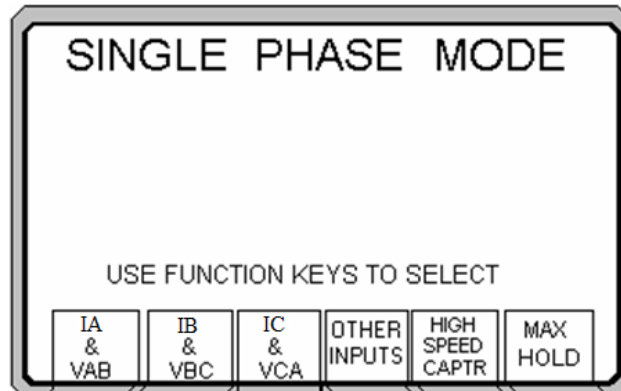


FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

- Encender el equipo
- Pulsar la tecla en la función SINGLE PHASE
- Seleccionar el canal de entrada; IA (corriente fase A), IB (corriente fase B e IC (corriente de fase C) como se muestra en la siguiente figura.

**FIGURA N° 3.5 PANTALLA EN SISTEMA MONOFÁSICO**



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

Durante el transcurso de la medición se puede aplicar otras opciones, que se las detalla a continuación:

**FIGURA N° 3.6 PANTALLA DE MEDICION SISTEMA MONOFÁSICO**

SINGLE PHASE	(0-360)	LAG	60.01	Hz
CH 1 = IA	1.0006	AMPS		
CH 2 = VAB	220.04	VOLTS		
WATT	190.78	WATTS		
VAR	-109.94	VARS		
PHASE	330.00	% PF	86.64	
VOLTS AVG RMS	PRINT	SAVE		ESC

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

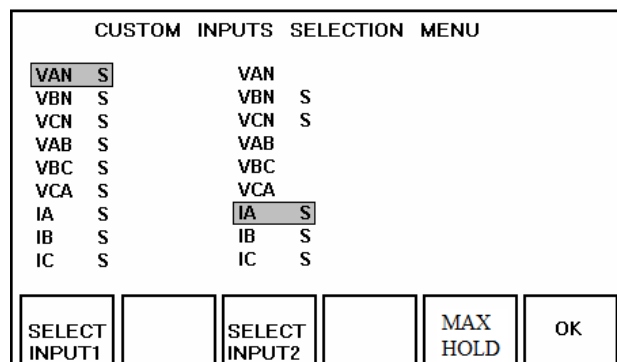
- La opción VOLTS permite determinar el valor de medición, AVG mide el valor promedio. RMS mide el valor eficaz.
- Pulsando la tecla PRINT, permite imprimir los datos de la medición en ese momento, mediante la comunicación con una impresora.
- Pulsando la tecla SAVE se guarda la medición en la memoria del equipo con el tiempo y la fecha.

- La tecla ESC finalizara la medición y regresa a la función monofásica.

Adicionalmente se presenta otras opciones de configuración de combinaciones en la medición monofásica, según sea necesaria.

- Pulsar la tecla en la función SINGLE PHASE
- Clic en la tecla OTHER INPUTS
- Clic en la tecla CUSTOM INPUTS que presentan otras combinaciones para la aplicación de la medición.

**FIGURA N° 3.7 PANTALLA DE SELECCIÓN DE COMBINACIONES**



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

- Seleccionar la combinación con la tecla SELEC INPUT 1 o SELEC INPUT 2
- La tecla MAX HOLD muestra una medición rápida con la combinación de las dos columnas seleccionadas anteriormente.
- Clic en OK la medición se realizara de acuerdo a la combinación seleccionada.

### 3.9.1.2. Función de medición de alta velocidad

Se debe tener en cuenta que la información en la parte superior de la pantalla indica las condiciones por defecto del modo de una fase.

- Pulsar la tecla en la función SINGLE PHASE.
- Pulsar la tecla HIGH SPEED CAPTURE muestra funciones de configuración.
- La tecla CAPTR MODE determina el modo antes o después.
- La tecla ARM activa el estado de armónicos.
- La tecla SELEC SAMPLE NUMBER permite seleccionar el número de muestras que se realizara en la medición.
- La tecla ESC regresa a la pantalla de selección del canal de medición monofásico.

**FIGURA N° 3.8 PANTALLA DE FUNCIONES DE CONFIGURACIÓN SISTEMA MONOFÁSICO**

HI SPEED CAPTURE status = INACTIVE		SINGLE PHASE VAN IA mode = AFTER START			
start : NO contacts i rng = 100A    v rng = 750A		stop : NO contacts			
Number of samples : 300					
[ Use Up arrow to view previous data ]					
TRIGR INPUT SELECT	CHANGE I & V RANGE	CAPTR MODE	ARM	SELECT SAMPLE NUMBER	ESC

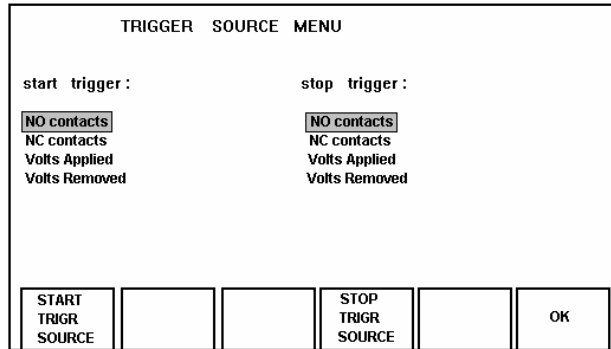
FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

Nota: Permite definir la cantidad de muestras en la medición. Una muestra de 300 en 15 segundos, 600 muestras en 30 segundos o 1200 muestras en 60 segundos

La función TRIGR INPUT SELEC tiene varias opciones que el usuario puede configurar antes de hacerla medición. Permite al usuario cambiarla entrada de disparo para iniciar y detener el temporizador

**FIGURA N° 3.9 PANTALLA DE CONFIGURACION DEL TEMPORIZADOR**



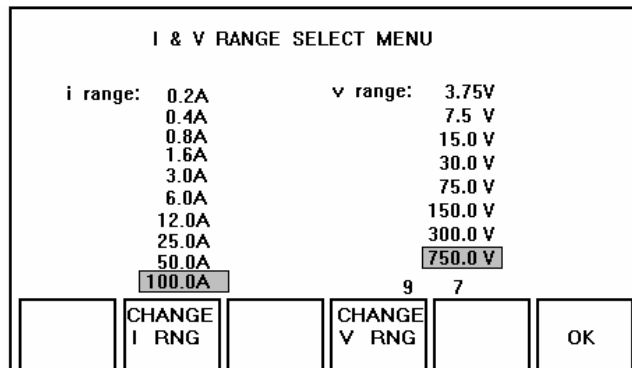
FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

Esta aplicación se realiza en la prueba de relés de protección.

- La tecla STAR O STOP permite seleccionar la configuración para la aplicación necesaria.
- La tecla OK regresa a la pantalla de captura de alta velocidad.
- Este modo CHANGE I & V RANGO permite al usuario seleccionar y configurar los rangos de voltaje y de corriente antes de inicializando la prueba de medición.

**FIGURA N° 3.10 PANTALLA DE SELECCIÓN DEL RANGO PARA LA MEDICIÓN**



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador



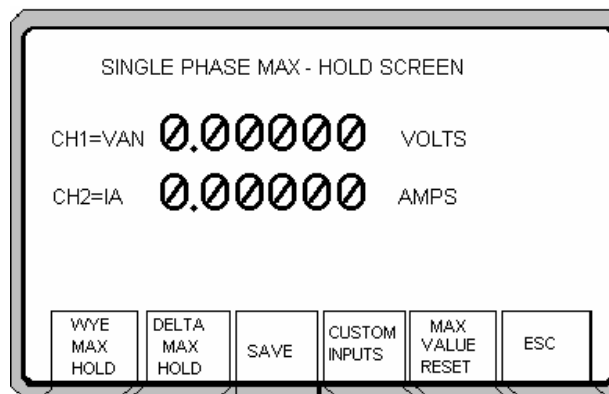
- En la pantalla pulse CHANGE I RNG función para seleccionar el rango de corriente.
- En la pantalla pulse CHANGE V RNG función para seleccionar el rango de voltaje.
- La tecla OK regresa a la pantalla de captura de alta velocidad.

En la pantalla de captura de alta velocidad presionar la tecla ESC para regresar a la pantalla de selección del canal de medición monofásico. En que se encuentra la función HOLD

### 3.9.1.3. Función HOLD.

Presionar la tecla MAX HOLD da lugar a la presentación del modo monofásico que muestra el valor más alto que se mostrara en la pantalla.

**FIGURA N° 3.11 PANTALLA VALOR MÁS ALTO DE LA MEDICION**



**FUENTE:** Equipo PMM-1

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

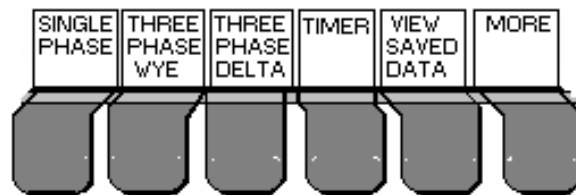
- La tecla WYE MAX HOLD selecciona la pantalla de medición en conexión estrella.

- La tecla DELTA MAX HOLD selecciona la pantalla de medición en conexión triángulo.
- La tecla SAVE guarda la medición en la memoria del equipo con el tiempo y la fecha.
- La tecla COSTOM IMPUTS selecciona la combinación requerida para la medición.
- La tecla MAX VALUE RESET realiza el reset de la medición.
- La tecla ESC para regresar a la pantalla de selección del canal de medición monofásico.

### 3.9.2. Funcionamiento en sistema trifásico

El modo de operación en un sistema trifásico está destinada a medir las magnitudes eléctricas en las tres fase en una conexión estrella (Y) o una conexión delta. ( $\Delta$ )

**FIGURA N° 3.12 MENU PRINCIPAL**



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

- Encender el equipo
- Determinar la conexión estrella o delta
- Clic en la opción THERE PHASE WYE (estrella) o THERE PHASE DELTA (delta).
- En la pantalla se desplegara los datos de la medición dividido fase por fase como indica la siguiente grafica.

**FIGURA N° 3.13 MEDICIÓN SISTEMA TRIFÁSICO**

3P WYE	phref=VAN	(0-360)	LAG	60.01 Hz	
	A	B	C		
VOLTS	120.13 V	120.13 V	120.15 V		
AMPS	2.0126 A	2.0030 A	2.0063 A		
WATTS	241.77 W	240.62 W	240.85 W		
VARs	0.002 V	0.003 V	0.002 V		
Vref	0.00 DEG	119.98 DEG	240.02 DEG		
Iref	0.00 DEG	119.99 DEG	239.99 DEG		
% PF	100.00	100.00	100.00		
VOLTS AVG RMS	PRINT	SAVE	PHASE REF SELECT	HIGH SPEED CAPTR	ESC

FUENTE: Equipo PMM-1

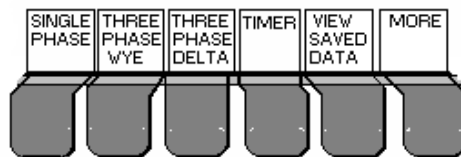
REALIZADO POR: Grupo investigador

Durante el transcurso de la medición se puede aplicar otras opciones, que se las detalla a continuación:

- La opción VOLTS permite determinar el valor de medición, AVG mide el valor promedio. RMS mide el valor eficaz.
- La tecla PRINT una opción que permite iniciar una impresión con la adecuada comunicación con el dispositivo externo.
- La tecla SAVE guarda la medición con un ítem como referencia y los datos se guardan con el tiempo y la fecha de cuando se realizó la medición.
- La tecla PHASE REF SELECT permite tomar como referencia en la medición del ángulo de fase, se puede cambiar la referencia.
- Pulse la tecla ESC el usuario volverá a la pantalla principal.

### 3.9.3. Función Timer (Pruebas de relés de protección.)

**FIGURA N° 3.14 MENU PRINCIPAL**



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

- Encender el equipo
- Pulsar la tecla TIMER se muestra la pantalla de medición a continuación.

**FIGURA N° 3.15 MEDICION EN LA FUNCION TIMER**

TIMER	(0-360)	LAG	60 Hz
TIME	5.279	SEC	START: N.O LTCH
CYCLES	316.740		STOP: N.O LTCH
VAN	249.95	VOLTS	V rng=750V
IA	1.0031	AMPS	I rng=100A
PHASE	359.74	DEGS	
TRIGR INPUT SELECT	CHANGE I & V RANGE	MODE TIMER METER	PRINT
			SAVE
			ESC

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

La función TRIGR INPUT SELEC permite empezar o parar la configuración de la prueba como se muestra en la figura N° 3.9

- La tecla STAR O STOP permite seleccionar la configuración para la aplicación necesaria.
- La tecla OK regresa a la pantalla de captura de alta velocidad.

La función CHANGE I &V RANGO permite seleccionar el rango del voltaje y de corriente.

- En la pantalla pulse CHANGE I RNG función para seleccionar el rango de corriente.
- En la pantalla pulse CHANGE V RNG función para seleccionar el rango de voltaje.
- La tecla OK regresa a la pantalla de captura de alta velocidad.

La pantalla regresa a la función TIMER

- La tecla PRINT una opción que permite iniciar una impresión con la adecuada comunicación con el dispositivo externo.
- La tecla SAVE guarda la medición con un ítem como referencia y los datos se guardan con el tiempo y la fecha de cuando se realizó la medición.
- Pulse la tecla ESC el usuario volverá a la pantalla principal.

### 3.9.4. Vista del directorio de datos guardados (VIEW SAVED DATE)

- Encender el equipo
- Pulsar la tecla VIEW SAVED DATE

La pantalla muestra los datos guardados con su ítem respectivo el tipo de prueba, como también la hora y fecha de la medición.

**FIGURA N° 3.16 DATOS GUARDADOS**

SAVED DATA DIRECTORY						6
0	1phase	15:22:55	17	MAR	2012	46
1	3ph wye	15:23: 7	17	MAR	2012	142
2	3ph delt	15:23:12	17	MAR	2012	238
3	timer	15:24:15	17	MAR	2012	286
4	hsc 1pS	15:25:30	17	MAR	2012	6616
5	hsc 3pS w	15:26:45	17	MAR	2012	12946


  

PAGE DOWN	PAGE UP	VIEW ITEM	CLEAR ALL NV RAM	CLEAR ITEM	ESC
--------------	------------	--------------	------------------------	---------------	-----

FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

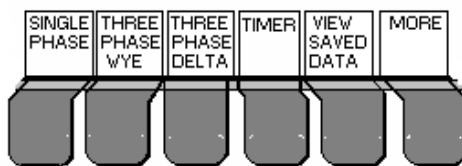
- La tecla PAGE DOWN / PAGE UP selecciona la pantalla siguiente y regresa a la pantalla anterior de los datos guardados en grupos de 9 ítems.

- Las teclas del cursor  permiten seleccionar una a una las mediciones guardadas.
- La tecla VEIN ITEM permite observar los datos de la medición
- La tecla CLEAR ALL NVRAM permite borrar todos los datos que han sido guardados
- La tecla CLEAR ITEN permite borrar el ítem seleccionado.
- La tecla ESC regresa al menú principal

### 3.9.5. Función MORE

Seleccionar la función MORE en el menú principal

**FIGURA N° 3.17 MENU PRINCIPAL**

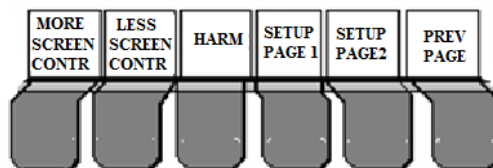


FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

Se muestra más configuraciones del equipo que se presentan continuación.

**FIGURA N° 3.18 CONFIGURACIONES ADICIONALES**



FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

- La tecla MORE SCREEN CONTR / LESS SCREEN CONTR permite controlar en contraste de la pantalla.
- La tecla HARM muestra la pantalla de análisis armónico.

La pantalla de armónicos mide el porcentaje % de las fundamentales de Va, Vb, Vc, IA, IB, IC, cada parámetro se puede medir de uno en uno, la unidad mide los armónicos hasta el armónico de grado 49° (2940 Hz).

**FIGURA N° 3.19 ARMÓNICOS**


HARMONIC ANALYSIS			fundamental = 60 Hz					
INPUT CHANNEL			VA	VB	VC	IA	IB	IC
sample #	freq	% of fundamental						
0	0	00.03 %						
1	60	100.00 %						
2	120	00.00 %						
3	180	00.04 %						
4	240	00.01 %						
5	300	00.04 %						
6	360	00.01 %						
7	420	00.03 %						

press any arrow key to retry

PAGE DOWN	PAGE UP	SELECT INPUT	PRINT	SAVE	ESC
-----------	---------	--------------	-------	------	-----

FUENTE: Equipo PMM-1

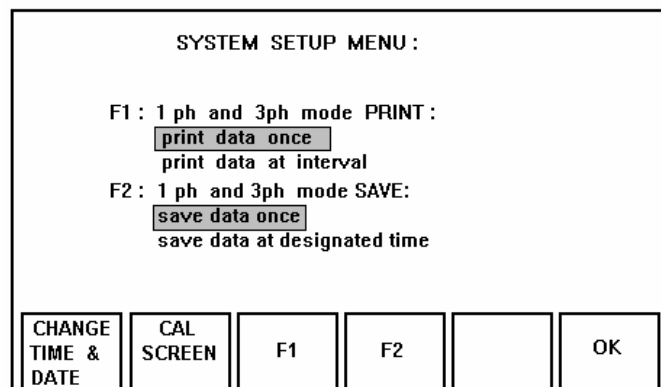
REALIZADO POR: Grupo investigador

- Las teclas PAGE DOWN / UP tiene como función mover los datos a la página siguiente y regresar a la anterior.
- La tecla SELEC INPUT permite al usuario seleccionar la referencia para la medición.
- La tecla PRINT permite al usuario enviar los datos de la medición a una impresora.
- La tecla SAVE permite guardar los datos en el equipo.
- Las teclas del cursor  permiten medir o actualizar el voltaje o corriente seleccionada.
- La tecla ESC regresa al menú principal del equipo.

Con la terminación de la función de medición de armónicos se representa las configuraciones siguientes.

La tecla SETUP PAGE 1 permite configurar la opción de transmisión de datos de un sistema monofásico o trifásico a una impresora o a un PC, en la figura siguiente se detalla la programación de esta función.

**FIGURA N° 3.20 TRANSMISIÓN DE DATOS**



FUENTE: Equipo PMM-1

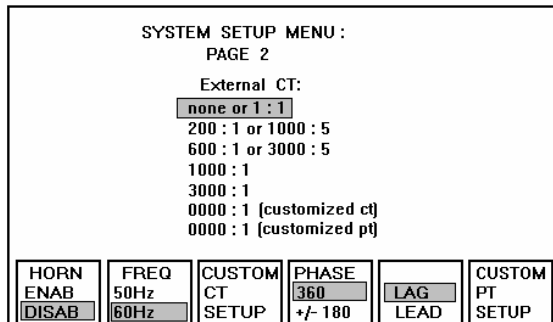
REALIZADO POR: Grupo investigador

- La tecla CHANGE TIME & DATE permite modificar la fecha, el tiempo y el formato del equipo.
- En tecla CAL SCREEN se observa los factores de corrección.
- La tecla F1 selecciona los datos de impresión de una vez o imprimir los datos en intervalos de tiempo
- La tecla F2 selecciona los datos guardados
- La tecla V REF/I REF permite seleccionar la referencia.
- La tecla OK para aceptar la configuración.

La tecla SETUP PAGE 2 es una aplicación para conectar la pinza de los TC directamente en el panel frontal del equipo, se puede utilizar para aplicaciones trifásicas. En la figura siguiente se detalla la programación de esta función.



**FIGURA N° 3.21 RELACION DE LOS TC**



FUENTE: Equipo PMM-1

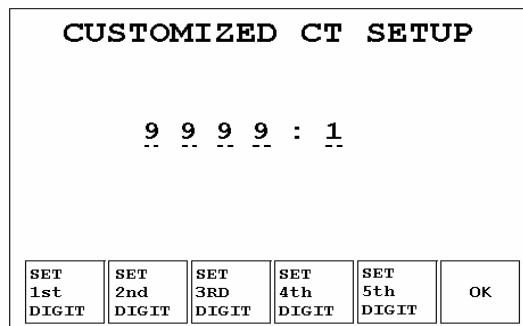
REALIZADO POR: Grupo investigador

- La tecla HORN permite seleccionar el antes o el después
- La tecla FREQ permite seleccionar la frecuencia sea 50Hz o 60Hz para la medición.
- La tecla PHASE selecciona el ángulo de fase
- La tecla LAG/LEAD

### 3.9.5.1. La función CUSTOM CT SETUP

Permite digitar la relación de corriente para la medición mediante las teclas que se muestra en la siguiente figura:

**FIGURA N° 3.22 SELECCIÓN DE RELACIÓN DE CORRIENTE**



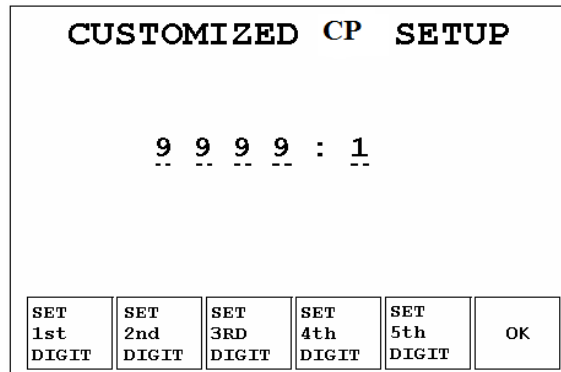
FUENTE: Equipo PMM-1

REALIZADO POR: Grupo investigador

### 3.9.5.2. La función CUSTOM TP SETUP

Permite configurara la digitación de la relación de potencia para la medición mediante las teclas que se muestra en la siguiente figura:

**FIGURA N° 3.23 SELECCIÓN DE RELACIÓN DE POTENCIA**



**FUENTE:** Equipo PMM-1

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

### 3.10. Programa Power DB



Es un software que proporciona la administración de datos para trabajos en pruebas de medición y mantenimiento, permite al usuario facilitar la adquisición de datos y establecer una comunicación de interfaz directamente con el equipo multifuncional PMM-1


El programa permite al usuario ejecutar pruebas fácilmente, recuperar datos, anotar los resultados e imprimir formularios completos de la prueba.

### 3.10.1. Proceso de instalación del Software Power DB

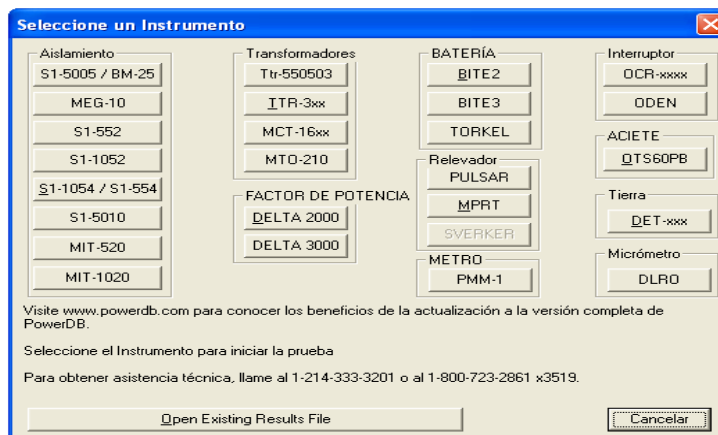
Requisitos de instalación en el Sistema Operativo: Microsoft Windows 2000/XP, un mínimo de 300MHz PC, un mínimo de 64MB de RAM, unidad de CDROM.

#### 3.10.1.1. Pasos para la instalación del Software Power DB

- Instalación de el CD
- Cierre todas las aplicaciones inserte el CD en la unidad.
- Siga las instrucciones de instalación.
- Después de que el programa se haya cargado, retire el CD de la computadora.
- Reiniciar el equipo antes de ejecutar el programa.

Un clic en el icono  que se presenta en la pantalla del ordenador, se abre la base de datos de programa Power DB Lite para que el usuario seleccione el tipo de aplicación de adquisición de datos según el equipo utilizado en este caso la aplicación delPMM-1.

**FIGURA N° 3.24 SELECCIÓN DEL INSTRUMENTO**

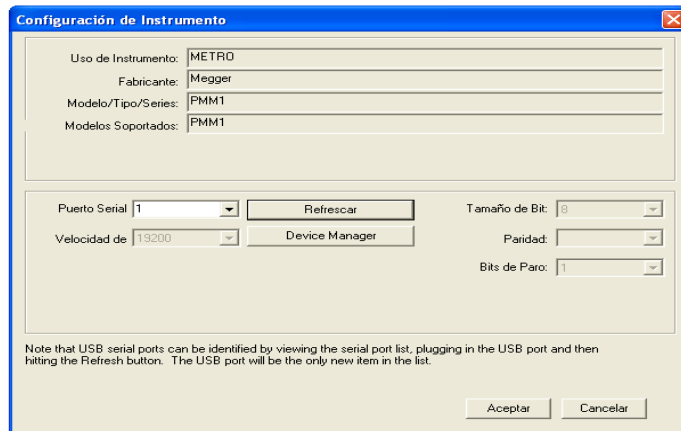


FUENTE: Programa Power DB

REALIZADO POR: Grupo investigador

Con un clic en la opción PMM-1 el usuario vera en la pantalla la configuración del instrumento, verificar el puerto de comunicación y con clic en ACEPTAR se ingresa a la pantalla de configuración del instrumento.

**FIGURA N° 3.25 CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO PMM-1**

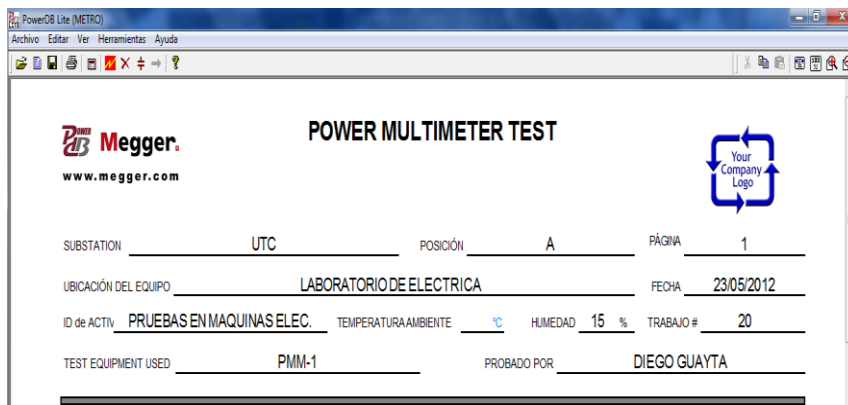


**FUENTE:** Programa Power DB

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

El test del equipo Power Multimeter proporciona opciones para la configuración de la prueba que el usuario requiera según sus requerimientos, así como las del sistema eléctrico de acuerdo a la necesidad para la realización de la prueba sujeta a las necesidades que corresponda.

**FIGURA N° 3.26 CONFIGURACIÓN DE DATOS DEL TEST**



**FUENTE:** Programa Power DB

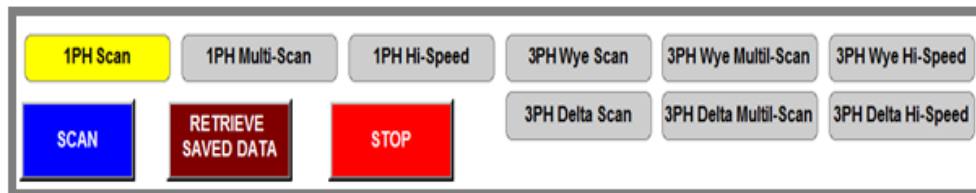
**REALIZADO POR:** Grupo investigador

Se presenta opciones para mostrar los reportes de las pruebas realizadas en sistemas monofásicos y trifásicos en conexiones en estrella o en delta.

### ***Sistemas de medición.***

Permite realizar la medición de los parámetros eléctricos, Voltaje en CA o CC, Corriente, Potencia activa, Potencia reactiva, Factor de potencia, Ángulo de fase y Frecuencia de un sistema eléctrico monofásico o trifásico.

**FIGURA N° 3.27 APLICACIONES DE SISTEMAS DE MEDICIÓN**






**FUENTE:** Programa Power DB

**REALIZADO POR:** Grupo investigador

- 1PH Scan: Esta aplicación muestra la medición en un solo valor
- 1PH Multi-Scan: Esta opción permite la muestra de datos cada segundo.
- 1HP Hi-Speed: Realiza medición de alta velocidad.
- 3PH Wye Scan: esta aplicación da una muestra de una sola medición en un sistema trifásico en conexión estrella (Y).
- 3PH Wye Multi-Scan: esta aplicación permite obtener la muestra de datos cada segundo en el sistema trifásico.
- 3HP Wye Hi-Speed: Realiza medición de alta velocidad.
- 3PH Delta Scan: permite seleccionar un solo valor en la medición del sistema trifásico en conexión Delta ( $\Delta$ )
- 3PH Delta Multi-Scan: permite escanear datos de la prueba cada segundo en sistema trifásico en conexión Delta.
- 3HP Delta Hi-Speed: Realiza medición de alta velocidad.

### 3.10.2 Inicio de prueba

Para empezar la prueba se verifica la comunicación directa con el equipo y se debe seguir los siguientes pasos:

- Verificar la conexión entre computador y el equipo mediante el cable serial RS232.
- Selecciona la opción iniciar instrumento. 
- Seleccionar el sistema para la muestra de datos como se muestra en la Figura N° 3.27
- Clic en opción escanear 
- Los datos se desplegarán en la pantalla  según la muestra selecciona.
- Clic en stop para finalizar la prueba.

### 3.10.3. Guardar datos

- Guardar los datos de la prueba.
- Clic en archivo
- Clic en guardar

El archivo se guardará en la carpeta correspondiente al programa Power DB con el formato de una hoja de muestra como se presentan los resultados en la prueba.



### 3.10.4. Exportar datos hacia una hoja en EXCEL

- Clic en archivo
- Clic en exportar a CSV...
- Clic en Guardar el archivo

- Clic en si
- El archivo se guardara con extensión xls (Excel).

### 3.10.5. Descarga de datos

Los datos guardados en el equipo se podrán descargar al computador mediante la conexión correspondiente con el dispositivo RS232. A continuación se indica los siguientes pasos:

- Encender el equipo PMM-1
- Abrir el programa Power DB
- Un clic en el icono iniciar instrumento 
- Asignar el ítem de la prueba guarda
- Determinar el tipo de la prueba, sea monofásica o trifásica
- Clic en la tecla VEIW SAVED DATE
- Seleccionar el número de ítem de la prueba guardada y un clic en VIEW ÍTEM.
- En el programa Power DB un clic en la opción 
- Un clic en aceptar

Los datos de la prueba se visualizaran en la hoja de reportes del programa.

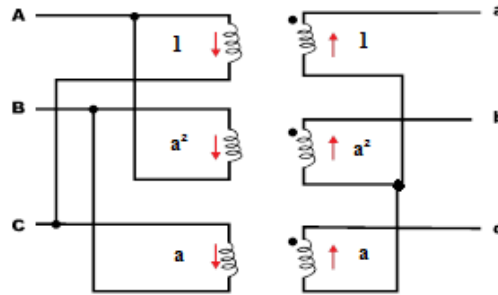
## 3.11. Aplicación del equipo PMM-1 con interfaz con el programa Power DB

### 3.11.1. Aplicación.

Se realizara la aplicación en un transformador trifásico, realizando de la prueba de vacío con la conexión DY1, con la ayuda de un autotransformador.

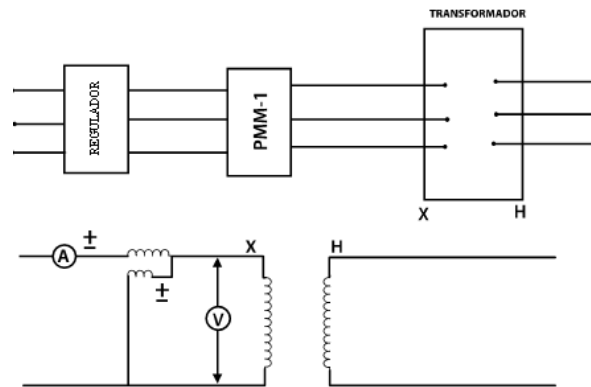
### 3.11.2 Diagrama fasorial de conexión del transformador

FIGURA 3.28 CONEXIÓN DY1

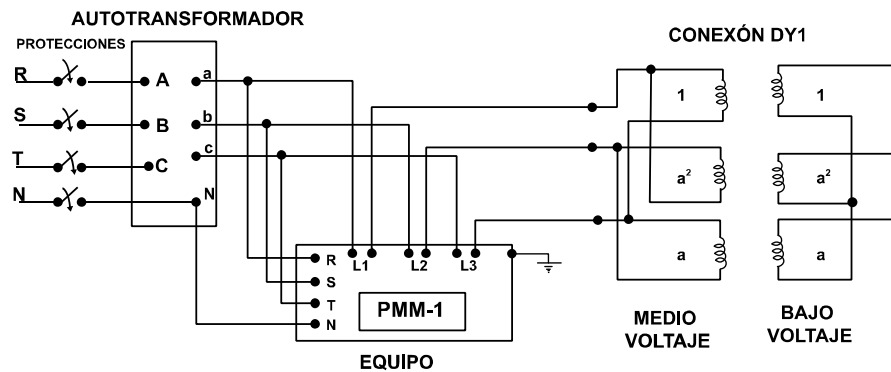


### 3.11.3 Diagrama de conexión para la prueba de vacío

FIGURA 3.29 DIAGRAMA DE CONEXIÓN EN VACÍO



*Diagrama de conexión del equipo PMM-1 prueba de vacío transformador trifásico*





#### **3.11.4. Conexión del equipo PMM-1**

Los cables de voltaje y de corriente son conectados a los terminales del transformador y los conectores del equipo, como se menciona la TABLA N° 3.12 de componentes del equipo PMM-1.

#### **3.11.5. Visualización de los datos en el programa Power DB.**

- Encender el equipo PMM-1
- Ingresar al programa Power DB en el ordenador
- Seleccionar la configuración 3PH Delta Multi-Scan
- Seleccionar la opción SCAM para empezar la prueba.

La hoja de reportes se despliega en la pantalla con la configuración seleccionada.

- Seleccionar la opción STOP para detener la prueba.
- Se muestra el resultado de la prueba realizada en el anexo

#### **3.11.6. Guardar y Exportar el test de la prueba**

- Clic en archivo
- Clic en guardar

El archivo se guardara en la carpeta correspondiente al programa Power DB con el formato de una hoja de muestra como se presentan los resultados en la prueba.

La exportación de datos se la realiza de la siguiente manera

- Clic en archivo
- Clic en exportar a CSV...
- Clic en Guardar el archivo
- Clic en si

- El archivo se guardara con extensión xls (Excel).

Los valores totales de la prueba se muestran en el anexo N° 12, la interpretación de resultados, y el comportamiento en la GraficaN° 3.3 se encuentra en el análisis de resultados en la prueba de vacío de un transformador trifásico.

## ***CONCLUSIONES***

Determinamos que con el equipo PMM-1 se puede realizar las pruebas de cortocircuito y pruebas de vacío en transformadores monofásicos y trifásicos de distribución para los niveles de voltaje 6.3 KV, 13.2 KV, 13.8KV.

Establecimos que el equipo PMM-1 permite además realizar estudios de arranque de motores eléctricos monofásicos y trifásicos desde fracciones de HP hasta motores de elevadas potencias, esto ayuda a la planificación y mejora la confiabilidad de estas maquinas.

El equipo PMM-1 permite obtener los diferentes parámetros eléctricos según sea el requerimiento del estudio a realizar tales como: potencia, voltaje, corriente, factor de potencia, frecuencia, ángulos de fase, etc., los mismos que pueden graficados gracias a que el equipo puede guardar los datos en forma dinámica desde un segundo hasta el tiempo que sea requerido.

## ***RECOMENDACIONES***

El equipo presenta condiciones normales de funcionamiento tanto en la calibración, mantenimiento y vida útil, por lo tanto, es importante establecer un cronograma para su constante monitoreo y evitar futuros imperfectos en el equipo.

Para aprovechar el equipo de mejor manera se recomienda establecer una interfaz con un computador para la descarga de datos de las pruebas que se realice con el mismo, ya que con el software se permite un mejor control para la adquisición y proceso de datos según el tipo de medición o prueba realizada.

El equipo PMM-1 debe estar debidamente conectado a tierra, ya que la referencia de la medición puede sufrir alguna alteración especialmente en mediciones de carácter monofásico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### *Bibliografía Consultada:*

- DONALD G. FINK, H. WAYNE BEATY, Manual de Ingeniería Eléctrica, Décima Tercera Edición, Mc Graw-Hill, México, 1996.
- ENRÍQUEZ Harper Curso de Transformadores y Motores de Inducción cuarta edición 2002.
- FITZGERALD .A E. Máquinas Eléctricas sexta edición. 2003.
- JOHN J. GRANYER, William D. STEVENSON Jr, Análisis de Sistemas de Potencia, Primera Edición Español, Mc. Graw-Hill, México, 1996
- KOSOW, “Maquinas Eléctricas y Transformadores”, Segunda Edición, Prentice Hall Publishing, U.S.A. 2003.
- TAPIA Luis. Ing. Msc. Maquinas Eléctricas, Departamento de Energía Eléctrica, Escuela Politécnica Nacional, 2005

### *Bibliografía Virtual*

- <http://www.conelec.gov.ec>
- <http://www.ingelectricista.com.ar/cosfi.htm>
- <http://www.megger .con/equipos de medicion.htm>
- <http://www.mitecnologico.com/iem/Main/PruebasDeRutinaATransformadore>
- <http://www.monografias.com/trabajos11/tradi/tradi.shtml>.