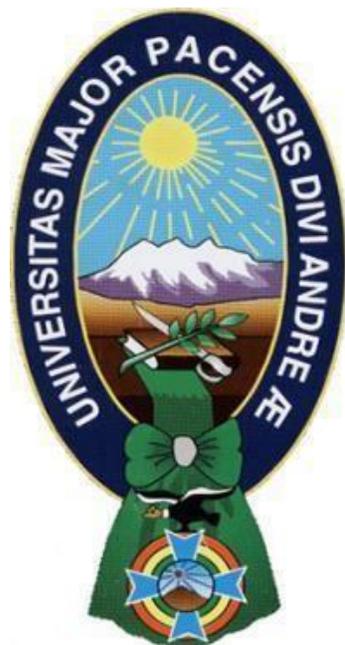


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE TECNOLOGIA**

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**



**INFORME DEL TRABAJO DE APLICACIÓN**

**“INSTALACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN EN UN  
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE MEDIA A BAJA  
TENSIÓN”**

**POR: VICTOR MANUEL HUAÑAPACO LAURA**

**TRIBUNAL: ING. WALTER RAMIREZ CRIALES**

**LIC. ALVARO JOHN FLORES CALLE**

**LIC. OSWALDO TIÑINI APAZA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2019**

## **DEDICATORIA**

*A mis abuelos Constancio  
y Gregoria, a mi madre  
Victoria por su constante  
aliento, quienes hicieron  
posible este trabajo.  
Reciban mi gratitud y  
amor.  
Gracias.*

V.M.H.L

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios todo poderoso por darme la sabiduría para superar todos los obstáculos que se me han presentado por el camino y darme fuerza para seguir luchando y alcanzar mis metas.*

*A la Universidad Mayor de San Andrés y a la Carrera de Electricidad por brindarme cobijo durante esta etapa de Formación Superior.*

*A mi querida esposa Rosmery por el apoyo incondicional durante este tiempo de estudio y a mis hijas por ser mi motivación para seguir adelante.*

## RESUMEN

El presente proyecto está destinado a la instalación de un equipo de medición en el centro de transformación de media a baja tensión de la CARRERA DE ELECTRICIDAD INDUSTRIAL, de la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES.

Para la ejecución de este proyecto, en primera instancia, se adquirió 3 transformadores de corriente (CT'S) tipo ventana de 200/5, mismos que son dispositivos convertidores, diseñados para producir una corriente diferente en el devanado secundario que es proporcional a la corriente que se está midiendo en su devanado primario.

Por otro lado, para obtener los registros de la energía y demanda de potencia se trabajó con un medidor ITRON SL7000, de propiedad de la carrera de electricidad industrial. Este medidor fue llevado a laboratorios de DELAPAZ, para su programación en bloques horarios con un despliegue de 15 datos, conforme al registro de consumo de energía que se realiza actualmente en las industrias, cuya medición es de forma indirecta (con equipo de medición).

Seguidamente se trabajó en el montaje de los transformadores de corriente y el medidor, para luego realizar el cableado y conexiones respectivas que requiere un equipo de medición.

Para el funcionamiento del equipo de medición fue necesario elevar la tensión hasta 12000 voltios, con el fin de simular el voltaje que la Empresa de Distribución de Electricidad distribuye a los centros de transformación en media tensión.

Es así que, al conectar una carga en la salida del equipo de medición, se verificó el registro de la energía y demanda de potencia en el medidor, terminando de manera satisfactoria la implementación del proyecto y el alcance de los objetivos trazados.

# INDICE

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	1
3. OBJETIVO GENERAL.....	2
3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
4. MARCO TEORICO .....	2
4.1. TRANSFORMADORES DE MEDIDA.....	2
4.1.1. OBJETIVOS BASICOS.....	3
4.2. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE .....	4
4.2.1. RELACION DE TRANSFORMACIÓN .....	5
4.2.2. PLACA DE CARACTERISTICAS .....	5
4.2.3. TIPOS DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (T.C.) .....	6
4.2.4. TABLERO Y CAJA METALICA PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE .....	7
4.3. TRANSFORMADORES DE POTENCIAL .....	7
4.3.1. RELACION DE TRANSFORMACIÓN .....	9
4.3.2. PLACA DE CARACTERISTICAS .....	9
4.3.3. TIPOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIAL .....	10
4.4. SECCIONADOR FUSIBLE.....	10
4.5. FUSIBLES TIPO “K”.....	11
4.6. MEDIDOR ITRON SL7000.....	12
4.6.1. CARACTERISTICAS.....	12
4.6.1.1. DESPLIEGUE DE DATOS DEL MEDIDOR CON MEMORIA DE MASA	12

4.6.1.2.	FUNCIONES DEL MEDIDOR .....	14
4.6.1.3.	ELEMENTOS FUNCIONALES DEL MEDIDOR .....	15
4.6.2.	HERRAMIENTAS DE SOPORTE DEL MEDIDOR .....	16
4.7.	TRANSFORMADOR TRIFASICO .....	16
4.7.1.	TRANSFORMADOR ELEVADOR/REDUCTOR DE TENSIÓN .....	17
5.	DESARROLLO DEL TRABAJO .....	18
5.1.	DESCRIPCION DEL TRABAJO .....	18
5.1.1.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN EN EL CENTRO DE TRANSFORMACION DE MEDIA A BAJA TENSION.....	18
5.1.2.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MEDIDOR CON LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE .....	19
5.1.3.	CALCULO DE LOS FUSIBLES TIPO K.....	19
5.1.4.	CALCULO DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE SEGÚN POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.....	20
6.	CONCLUSIÓN .....	22
7.	RECOMENDACIONES .....	22
	BIBLIOGRAFIA.....	23

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Figura 1</b> ESQUEMA DE CONEXIÓN DE UN TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y DE POTENCIA.....	3
<b>Figura 2</b> TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CON POLARIDAD EN EL PRIMARIO Y SECUNDARIO .....	4
<b>Figura 3</b> TIPOS DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.....	6
<b>Figura 4</b> DIMENSIONES DE LA CAJA PARA LA INSTALACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.....	7
<b>Figura 5</b> CONEXIÓN DE UN TRANSFORMADOR DE POTENCIAL.....	8
<b>Figura 6</b> TIPOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.....	10
<b>Figura 7</b> SECCIONADOR FUSIBLE .....	10
<b>Figura 8</b> FUSIBLES TIPO “K” .....	11
<b>Figura 9</b> MEDIDOR ITRON SL7000 .....	12
<b>Figura 10</b> ELEMENTOS FUNCIONALES DEL MEDIDOR .....	15
<b>Figura 11</b> TRANSFORMADOR TRIFÁSICO .....	17
<b>Figura 12</b> DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE MEDIA A BAJA TENSIÓN .....	18
<b>Figura 13</b> DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MEDIDOR – TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.....	19

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La electricidad es una de las principales formas de energía usadas en el mundo actual y representa para la humanidad una fuente versátil y transformadora, capaz de aprovecharse de distintos modos.

Al mismo tiempo el suministro de energía eléctrica es uno de los primordiales servicios básicos para el soporte de la vida cotidiana, que permiten un mejor desarrollo de la educación, salud e industria.

Debido al crecimiento de la demanda de energía eléctrica ya sea en industrias, edificios o instituciones, donde el consumo de energía sobrepasa una potencia de 50KVA, es necesario realizar el dimensionamiento del centro de transformación de media tensión a baja tensión, ya que los medidores de conexión directa no soportan la carga de energía eléctrica requerida.

La carrera de electricidad industrial cuenta con un ambiente destinado para el laboratorio taller de media y baja tensión, el cual no cuenta con el equipo de medición para realizar los distintos talleres y laboratorios.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

El presente proyecto de aplicación tiene como propósito instalar en un centro de transformación de energía eléctrica de media a baja tensión, un equipo de medición en baja tensión con transformadores de corriente, que permita el registro del consumo de energía eléctrica. Con el fin de proporcionar al usuario la energía eléctrica requerida cuando este sobrepase una potencia de 50 KVA.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

Instalar, en un centro de transformación de media a baja tensión, un equipo de medición en baja tensión con transformadores de corriente, para realizar un registro indirecto de consumo de energía eléctrica.

#### **3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Calcular la relación de transformación de los transformadores de corrientes según la carga requerida.
- Armar el equipo de medición en baja tensión, según normas establecidas por la empresa distribuidora de energía eléctrica DELAPAZ.
- Elevar el voltaje para simular la red de media tensión de DELAPAZ.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del equipo de medición.
- Verificar el registro de energía eléctrica en el medidor ITRON SL7000.

### **4. MARCO TEORICO**

#### **4.1. TRANSFORMADORES DE MEDIDA**

Transformadores de medida son los transformadores destinados a alimentar instrumentos de medida.

Los transformadores de medida hacen posible el uso de instrumentos relativamente pequeños y dispositivos de control con un diseño estandarizado. Tales transformadores también protegen al operador en los dispositivos de medida y al equipo de control de los peligros del alto voltaje, su uso proporciona incremento de seguridad, exactitud y conveniencia.

Hay dos clases distintas de transformadores de medida: los transformadores de potencial y los transformadores de corriente.

Cuando las magnitudes a medir son mayores a los niveles de capacidad del medidor de conexión directa, se recurre a los transformadores de medición.

Los transformadores para instrumentos de medición son equipos eléctricos proyectados y contruidos especialmente para alimentar medidores de energía eléctrica.

Proporcionan un aislamiento dieléctrico entre los circuitos de alta tensión y los instrumentos de medición.

Reducen las tensiones y corrientes a valores nominales requeridos para el medidor de energía.

Los equipos de medición conservan en el secundario, todas las características eléctricas del primario.

Facilitan la medición exacta de potencia y energía eléctrica conservando la proporcionalidad y el ángulo de fase entre los vectores de corriente y voltaje.

#### 4.1.1. OBJETIVOS BASICOS

La función de los transformadores de medida, es reducir a valores no peligrosos y normalizados, las características de tensión e intensidad de una red eléctrica.

De esta manera, se evita la conexión directa entre los instrumentos y los circuitos de alta tensión, que sería peligroso para los operarios y requeriría cuadros de instrumentos con aislamiento especial. También se evita utilizar instrumentos especiales y caros, cuando se quieren medir corrientes intensas.

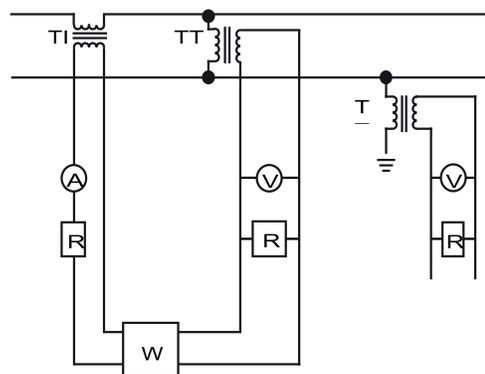


Figura 1

En la figura 1 vemos un esquema sencillo en el que aparecen un transformador de intensidad TI y dos transformadores de potencial TT, uno de los cuales está conectado entre fases, y el otro entre fase y tierra.

## 4.2. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

El primario de un transformador de intensidad consta de una o varias espiras, que se conectan en serie, con el circuito cuya intensidad se desea medir. El secundario alimenta los circuitos de intensidad de uno o varios aparatos de medida, conectados en serie.

El transformador de corriente tiene una bobina primaria y secundaria separada, diseñada de manera que la bobina primaria este en serie con uno de los cables de la línea. La bobina primaria consiste solamente de pocas vueltas devanadas con hilo grueso en un núcleo de hierro laminado.

El devanado secundario consiste de más vueltas, de hilo más delgado, devanado sobre el mismo núcleo que el primario. La relación de corriente del devanado primario es del máximo valor de corriente que el devanado que el devanado sea requerido para conducir. El devanado secundario esta siempre relacionado a 5 amperios a pesar de la relación de corriente para el devanado primario.

La medición del consumo de energía de un servicio eléctrico puede requerir transformadores de medida para reducir el voltaje y la corriente a un valor medible. El voltaje podría estar dentro de la tolerancia.

Pero con una corriente alta podría solamente requerir un transformador de corriente. Obviamente, con alto voltaje y una corriente alta tanto el voltaje como la corriente podrían necesitar transformadores de medida.

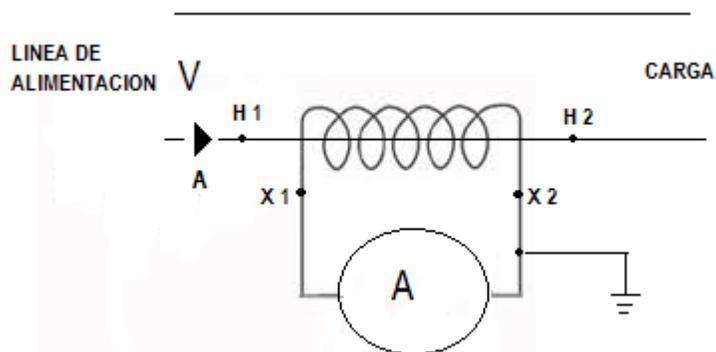


Figura 2

El transformador de corriente en la figura 2 ilustra las marcas de polaridad. Los terminales primarios de alto voltaje están marcados con H1 y H2, los terminales secundarios están marcados con X1 y X2.

Instantáneamente cuando los electrones ingresan en H1 los electrones salen de X1. Algunos fabricantes solamente marcan los conductores H1 y X1. El conductor H1 conecta al cable de la línea que alimenta la carga.

El transformador de corriente está diseñado, para soportar en el primario la corriente requerida por el usuario y en el secundario suministrar la corriente adecuada a los instrumentos de medición y aparatos de protección. Es un reductor de corriente, en el cual la corriente secundaria es proporcional a la corriente primaria.

El devanado primario del transformador de corriente se conecta en serie con el circuito donde circula la corriente que se desea medir, mientras que los aparatos de medición se conectan en serie a su devanado secundario.

#### **4.2.1. RELACION DE TRANSFORMACIÓN**

Es la relación que existe entre el primario y el secundario que no varía en ningún momento, es decir:

- Transformador de corriente de 200/5 su relación de transformación será 40.
- transformador de corriente de 300/5 se relación de transformación será 60.

El secundario de la mayoría de los transformadores de corriente es: 5, sin embargo, en equipos especiales pueden existir otros valores.

#### **4.2.2. PLACA DE CARACTERISTICAS**

De acuerdo a la placa de características del transformador de corriente se podrá obtener todos los datos de diseño como ser: marca, modelo, voltaje, amperaje.

Los datos de los transformadores aceptados par ser instalados en el sistema deben estar de acuerdo a la norma.

- a) La marca de identificación.
- b) País de origen (industria).
- c) Número de serie del fabricante.
- d) La designación del tipo de transformador de corriente.
- e) Corriente primaria (valor nominal del primario del transformador de corriente ejemplo. 200, 300, 400 etc.)
- f) Corriente secundaria (valor nominal del secundario del transformador de corriente, en la mayoría es 5).
- g) Clase (clase de exactitud, representada en porcentaje).
- h) Factor térmico (valor máximo de corriente que un transformador de corriente puede soportar sin exceder de una determinada temperatura, por ejemplo. 2 veces la corriente nominal, el factor térmico será 2).
- i) Nivel de aislamiento.
- j) Frecuencia 50 Hz.
- k) Burden
- l) Polaridad (aditiva y sustractiva, la polaridad del primario H1 o P1 y secundario X1 en un transformador de corriente debe estar bien identificada)

#### 4.2.3. TIPOS DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (T.C.)



Figura 3

#### 4.2.4. TABLERO Y CAJA METALICA PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

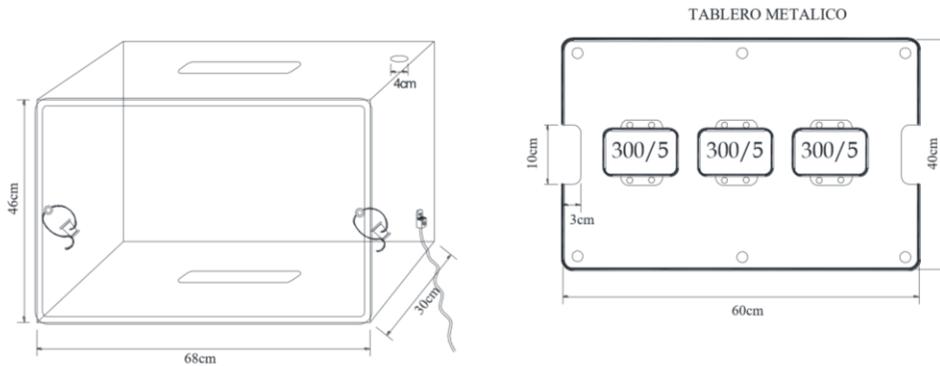


Figura 4

De acuerdo al manual de suministro de energía eléctrica en media tensión hasta 15 KV, norma para electrificación en edificios e industrias de DELAPAZ, en la figura 4, establece las dimensiones que se deben cumplir, para el tablero y caja metálica donde se alojaran los transformadores de corriente en un centro de transformación.

#### 4.3. TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

El transformador de potencial opera con los mismos principios, como un transformador de energía o de distribución. La principal diferencia es que la capacidad del transformador de potencial es relativamente pequeño comparado con los transformadores de energía.

Los transformadores de potencial tienen clasificación desde 100 a 500 volt-amperios con el lado de bajo voltaje generalmente derivado para 120 voltios. en algunos casos también se conecta las bobinas de potencial de los relés y otros equipos de control al secundario del transformador de potencial. En la mayoría de

los casos la carga es relativamente leve y es necesario que la capacidad de los transformadores de potencial no sea mayor de 100 a 500 volt-amperios.

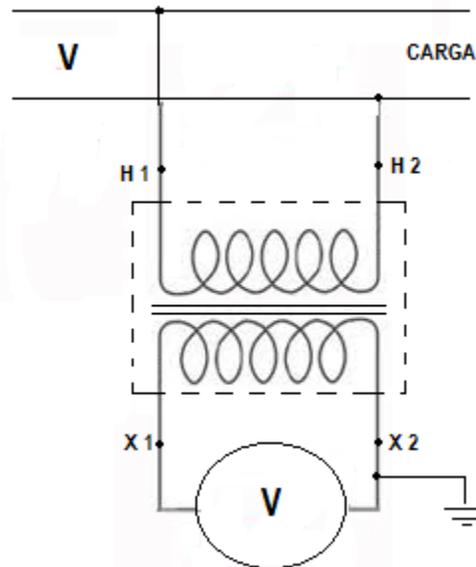


Figura 5

El dibujo de la figura 5 ilustra las conexiones para un transformador de potencial, con una entrada primaria y una salida en voltios.

El transformador de potencial es de polaridad sustractiva, como lo son todos los transformadores de potencial actualmente construidos. Uno de los conductores secundarios se conecta a tierra como precaución de seguridad para minimizar los peligros de alto voltaje.

El transformador de potencial está diseñado, para soportar en el primario la tensión de la línea requerida por el usuario puede ser entre fases o entre fase-neutro y en el secundario suministrar la tensión adecuada a los instrumentos de medición y aparatos de protección. Es un reductor de voltaje, en el cual la tensión secundaria es proporcional a la tensión primaria.

El devanado primario del transformador de voltaje se conecta en paralelo con el circuito de suministro, mientras que los aparatos de medición se conectan en paralelo a su devanado secundario.

Para cada nivel de tensión se debe elegir el transformador con el primario adecuado. El secundario también debe estar diseñado de acuerdo a la tensión nominal del medidor.

#### **4.3.1. RELACION DE TRANSFORMACIÓN**

Es la relación que existe entre el primario y secundario por ejemplo: 14400/120, 42000/70, 42000/120.

La tensión en el secundario se mantendrá estable de acuerdo a lo permitido por el voltaje primario.

#### **4.3.2. PLACA DE CARACTERÍSTICAS**

De acuerdo a la placa de características del transformador de potencial se podrá obtener todos los datos de diseño como ser: marca, modelo, voltaje, amperaje.

- a) La marca de identificación.
- b) País de origen (industria).
- c) Número de serie del fabricante.
- d) La designación del tipo de transformador de voltaje.
- e) Voltaje primario (valor nominal del primario de un transformador de potencial, ejemplo: 7200, 14400).
- f) Voltaje secundario (valor nominal del secundario de un transformador de potencial: 70, 120).
- g) Clase (clase de exactitud, representada en porcentaje).
- h) Nivel de aislamiento.
- i) Frecuencia 50 Hz.

- j) Burden.
- k) Polaridad (aditiva o sustractiva, la polaridad del primario H1 y secundario X1 en un transformador de potencial debe estar siempre identificada).

### 4.3.3. TIPOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIAL



Figura 6

### 4.4. SECCIONADOR FUSIBLE



Figura 7

Un seccionador es un componente electromecánico que permite separar de manera mecánica un circuito eléctrico de su alimentación, garantizando visiblemente una distancia satisfactoria de aislamiento eléctrico. El objetivo puede ser, por ejemplo, asegurar la seguridad de las personas que trabajen sobre la parte

aislada del circuito eléctrico o bien eliminar una parte averiada para poder continuar el funcionamiento con el resto del circuito.

Un seccionador, a diferencia de un disyuntor o de un interruptor, no tiene mecanismo de supresión del arco eléctrico y por tanto carece de poder de corte. Es imperativo detener el funcionamiento del circuito con anterioridad para evitar una apertura en carga. En caso contrario, se pueden producir daños severos en el seccionador debidos al arco eléctrico.

#### 4.5. FUSIBLES TIPO “K”

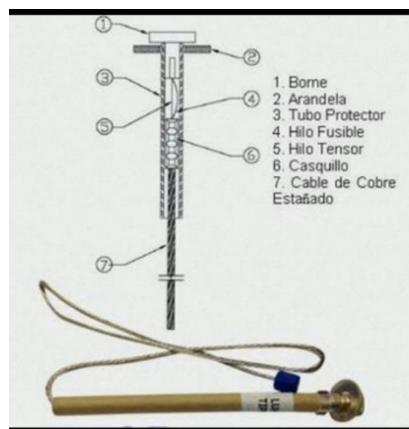


Figura 8

Un fusible es un dispositivo de protección contra sobre corriente, que opera quemándose el elemento sensor de corriente, debido a la circulación de una corriente superior al valor especificado. Las principales características de operación de un fusible son las siguientes:

- Combina el elemento sensor y de interrupción en una sola unidad.
- Su operación depende de la magnitud y duración de la corriente que fluye a través de él.
- Es un dispositivo monofásico. Sólo el fusible de la fase dañada operará, quedando las otras fases activas.
- Después de haber operado debe cambiarse, ya sea completamente o sólo el elemento sensor de corriente y las tres fases.

## 4.6. MEDIDOR ITRON SL7000



Figura 9

El SL7000 es un medidor estático, polifásico, en cuatro cuadrantes, de tarifa múltiple, para aplicaciones industriales o en subestaciones.

### 4.6.1. CARACTERISTICAS

#### 4.6.1.1. DESPLIEGUE DE DATOS DEL MEDIDOR CON MEMORIA DE MASA

Los parámetros de despliegue en la pantalla, son programados en laboratorios de medidores de acuerdo al requerimiento.

Para la lectura se tiene que tener en cuenta lo que representa cada parámetro que se despliega en la pantalla tanto modo normal, como del modo alterno.

Para los medidores programados por bloques horarios se tiene 15 despliegues en el medidor que en un intervalo de 15 minutos guarda la máxima demanda registrada con fecha y hora, también registra energía activa en cada bloque.

<b>DESPLIEGUE DE DATOS DEL MEDIDOR</b>		
<b>1</b>	KWH	Energía activa total acumulada
<b>2</b>	KW INST	Potencia activa instantánea
<b>3</b>	KVARH LAG	Energía Reactiva inductiva total acumulada
<b>4</b>	KWH bloque A	Energía activa acumulada en el Bloque Bajo (de 00:00 a 07:00)
<b>5</b>	KWH bloque B	Energía activa acumulada en el Bloque Medio (de 07:00 a 18:00 y de 23:00 a 24:00)
<b>6</b>	KWH bloque C	Energía activa acumulada en el Bloque Alto (de 18:00 a 23:00)
<b>7</b>	KW.MAX bloque A	Máxima demanda de potencia activa en el bloque Bajo, se inicializa mensualmente
<b>8</b>	Fecha de bloque A	Fecha de registro de la demanda máxima mensual en el bloque bajo
<b>9</b>	Hora del bloque A	Hora de registro de la demanda máxima mensual en el bloque bajo
<b>10</b>	KW.MAX bloque B	Máxima demanda de potencia activa en el bloque Medio
<b>11</b>	Fecha de bloque B	Fecha de registro de la demanda máxima mensual en el bloque Medio
<b>12</b>	Hora del bloque B	Hora de registro de la demanda máxima mensual en el bloque Medio
<b>13</b>	KW.MAX bloque C	Máxima demanda de potencia activa en el bloque Alto
<b>14</b>	Fecha de bloque C	Fecha de registro de la demanda máxima mensual en el bloque Alto
<b>15</b>	Hora del bloque C	Hora de registro de la demanda máxima mensual en el bloque Alto

#### 4.6.1.2. FUNCIONES DEL MEDIDOR

Registro múltiple de energía	<p>Energía Activa, Reactiva y Aparente (importación y exportación)          Unidades - Watt (W), Kilowatt (kW) y Megawatt (MW)          Máximo de 32 registros individuales de consumo de energía para 10 canales de energía (adicionales o acumulativos)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 3 canales de exceso de energía (incluidos en el número máximo de canales de energía)</li> </ul> <p>Hasta 8 coeficientes de energía por canal</p>
Facturación y conmutación de tarifa múltiple	<p>Facturación de energía y de demanda          Conmutación del consumo de energía realizado por reloj interno/calendario</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 12 estaciones</li> <li>• Hasta 24 perfiles diarios</li> <li>• Hasta 16 conmutaciones por perfil diario</li> </ul> <p>Hasta 100 días especiales (repetitivo o no repetitivo)</p>
Registro de demanda	<p>Máximo de 24 registros individuales de coeficiente de demanda para 10 canales de demanda</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasta 8 coeficientes de energía por canal</li> </ul>
Perfiles de carga	<p>2 juegos independientes de 8 canales de registro que ofrecen hasta 16 perfiles de canales          Datos adicionales</p>
Comunicación	<p>RS232 + RS232 o RS485          Compatible con DLMS-Cosem</p>
	<p>PSTN, LAN (TCP/IP), GSM y GPRS con soporte multimedia          Posibilidad de actualización del firmware a distancia</p>
Monitoreo de la calidad de la Red	<p>Cortes, caídas y picos de tensión</p>

### 4.6.1.3. ELEMENTOS FUNCIONALES DEL MEDIDOR

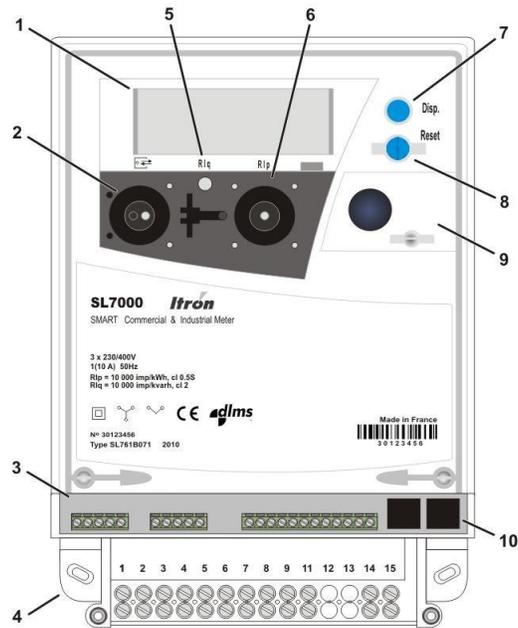


Figura 10

1. Pantalla de cristal líquido (LCD)
2. Puerto de comunicación infrarrojo
3. Bloques terminales auxiliares de E/S
4. Bloque terminal de conexión principal (muestra el tipo de conexión del transformador)
5. Metrología de energía reactiva LED (RIq)
6. Metrología de energía activa LED (Rlp)
7. Pulsador de pantalla
8. Pulsador de reconfiguración
9. Soporte de la batería
10. Puertos de comunicación serial

#### **4.6.2. HERRAMIENTAS DE SOPORTE DEL MEDIDOR**

Los medidores SL7000 cuentan con una amplia gama de servicios y configuraciones opcionales que les permite ser configurados para adaptarse a las exigencias individuales. En general, un medidor se encuentra totalmente configurado y programado para su supuesta aplicación antes de salir de fábrica. Sin embargo, es posible cambiar algunos aspectos de la configuración en cualquier momento usando herramientas de soporte exclusivo Windows™, que generalmente se comunican a través del puerto óptico en el panel delantero del medidor.

Las aplicaciones de las herramientas de soporte presentan las siguientes características básicas:

- Gestión del punto de medición
- Creación y edición de configuración
- Programación y lectura de configuración
- Lectura de datos del medidor
- Actualización del firmware del medidor

#### **4.7. TRANSFORMADOR TRIFASICO**

Los transformadores trifásicos son muy importantes ya que están presentes en muchas partes del sistema eléctrico. Este tipo de transformadores se ocupa de la elevación y reducción de la tensión en diversas partes del sistema eléctrico. En generación cerca de los generadores para elevar la insuficiente tensión de estos, así como también en las líneas de transmisión y, por último, en distribución en donde se distribuye la energía eléctrica a voltajes menores hacia casas, comercios e industrias. Todos los transformadores desde el generador hasta la entrada a nuestros hogares o industrias son transformadores trifásicos.

Un transformador trifásico consta de tres fases desplazadas en 120 grados eléctricos, en sistemas equilibrados tienen igual magnitud. Una fase consiste en un polo positivo y negativo por el que circula una corriente alterna.

Se pueden hacer transformadores trifásicos de tres formas distintas:

- Conectando tres transformadores monofásicos
- Núcleo tipo acorazado
- Transformador tipo núcleo.



Figura 11

#### 4.7.1. TRANSFORMADOR ELEVADOR/REDUCTOR DE TENSIÓN

Estos transformadores son empleados por empresas de generación eléctrica en las subestaciones de la red de transporte de energía eléctrica, con el fin de disminuir las pérdidas por efecto Joule. Debido a la resistencia de los conductores, conviene transportar la energía eléctrica a tensiones elevadas, lo que origina la necesidad de reducir nuevamente dichas tensiones para adaptarlas a las de utilización.

## 5. DESARROLLO DEL TRABAJO

### 5.1. DESCRIPCION DEL TRABAJO

El presente trabajo de aplicación consiste en realizar la instalación del equipo de medición en un centro de transformación de media a baja tensión.

Para obtener un voltaje en media tensión se realizó la conexión de un banco de 3 transformadores monofásicos de 10 KVA, elevando el voltaje de 380 voltios a 12000 voltios.

Para luego bajar el voltaje con un transformador trifásico de 15 KVA, reduciendo el voltaje de 12000 voltios a 380 voltios, y realizar la instalación del equipo de medición en baja tensión, como se muestra en los diagramas.

#### 5.1.1. DIAGRAMA DE CONEXIÓN EN EL CENTRO DE TRANSFORMACION DE MEDIA A BAJA TENSION

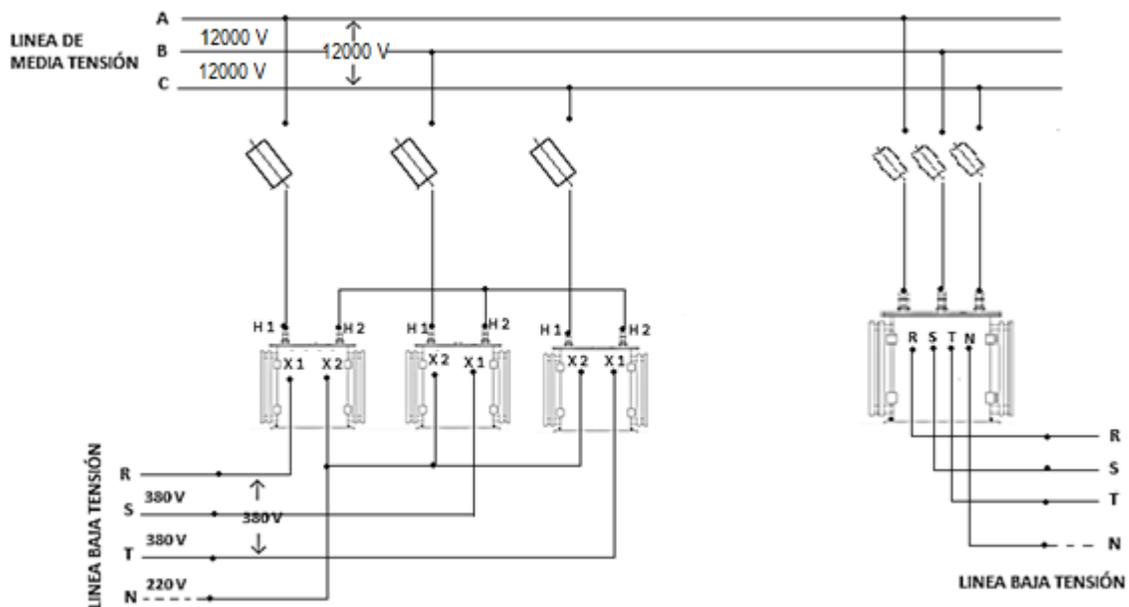
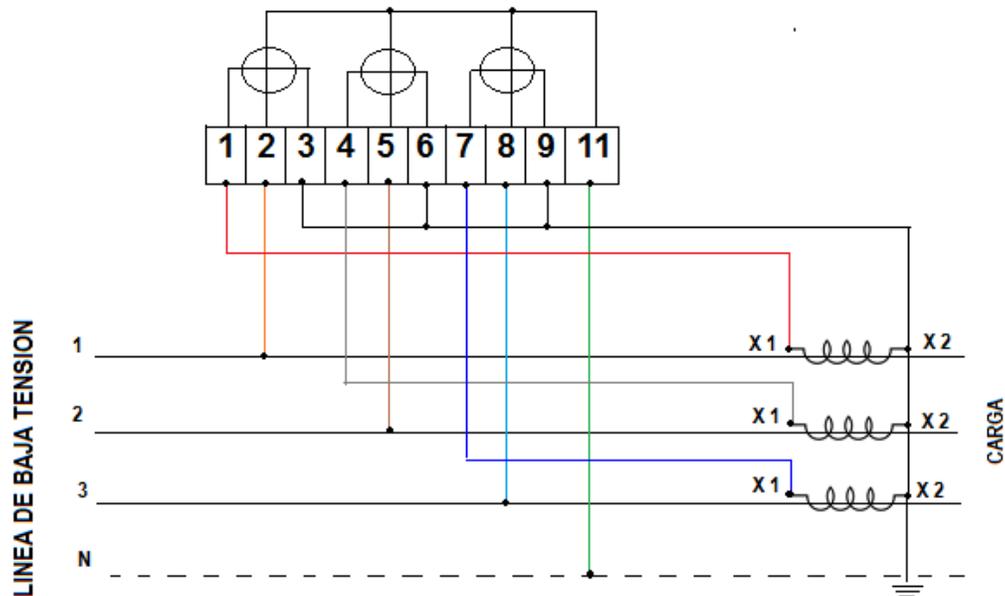


Figura 12

### 5.1.2. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MEDIDOR CON LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE



#### CONEXIÓN ASINCRONA

Figura 13

### 5.1.3. CALCULO DE LOS FUSIBLES TIPO K

Para realizar el cálculo de la protección del transformador, se debe tomar en cuenta: la potencia del transformador en KVA, el voltaje del sistema eléctrico de media tensión.

Calculo del fusible para los transformadores monofásicos de 10 KVA.

$$I = \frac{10000}{12000 * \sqrt{3}} = 0.48 \text{ AMPERIOS}$$

Según tabla de fusibles se debe utilizar el fusible de **1 K**

Calculo de fusibles para el transformador trifásico de 15 KVA.

$$I = \frac{15000}{12000 * \sqrt{3}} = 0.72 \text{ AMPERIOS}$$

Según tabla de fusibles se debe utilizar el fusible de **1 K**

### TABLA DE FUSIBLES TIPO K

AMPERES	
1 K	25 K
3 K	30 K
6 K	40 K
8 K	50 K
10 K	65 K
12 K	80 K
15 K	100 K
20 K	200 K

#### 5.1.4. CALCULO DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE SEGÚN POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Para realizar el cálculo de los transformadores de corriente (CT'S), se debe tomar en cuenta: la potencia del transformador en KVA, el voltaje en baja tensión a la salida del transformador.

La potencia del transformador en KVA, se determina de acuerdo a la carga instalada en la industria.

Calculo del transformador de corriente (CT'S), para un transformador de 100 KVA

$$I = \frac{100000}{400 * \sqrt{3}} = 144.3 \text{ AMPERIOS}$$

Para esta potencia se debe utilizar unos transformadores de corriente de 200/5.

Cálculo del transformador de corriente para un transformador de 200 KVA

$$I = \frac{200000}{400 * \sqrt{3}} = 288.7 \text{ AMPERIOS}$$

Para esta potencia se debe utilizar unos transformadores de corriente de 300/5.

Calculo del transformador de corriente para un transformador de 300 KVA.

$$I = \frac{300000}{400 * \sqrt{3}} = 433.1 \text{ AMPERIOS}$$

Para esta potencia se debe utilizar unos transformadores de corriente de 500/5.

## **6. CONCLUSIÓN**

De esta manera se realizó la instalación del equipo de medición, en el centro de transformación de la Carrera de Electricidad Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés. Mediante el cálculo de los transformadores de corriente (CT'S), el armado del equipo de medición y la elevación del voltaje para la simulación de la red de media tensión de la empresa de Distribución de electricidad DELAPAZ.

Posteriormente se realizó las pruebas de elevación y reducción del voltaje y finalmente, conectar el equipo de medición en las líneas de baja tensión, obteniendo así el registro del consumo de energía de manera indirecta, objetivo al cual se quería llegar.

Durante el desarrollo de este proyecto de aplicación, no se presentó ninguna dificultad, puesto que todo se realizó de acuerdo a lo planificado.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Nunca se debe dejar abierto un circuito secundario de un transformador de corriente mientras el primario este energizado. Altos voltajes de cresta podrían producirse a través del circuito secundario abierto. Para prevenir lesiones en personas o daños en equipos, el secundario debe estar siempre en corto circuito o conectado a una carga.
- Un transformador de corriente con ruido o ruidoso es una indicación de que el circuito secundario se encuentra abierto.
- Para realizar los trabajos en un centro de transformación de media a baja tensión, se debe tener en cuenta los equipos de protección personal (EPP), la ropa adecuada, las botas dieléctricas, el guante de media tensión, pértiga para el cierre y apertura del seccionador fusible.

## BIBLIOGRAFIA

- Stephen, J. Chapman (2005). *Maquinas Eléctricas*. Mexico. Ed. McGraw- Hill
- DELAPAZ, *Manual de suministro de energía eléctrica en media tensión hasta 15KV* (2013).
- DELAPAZ, Dossier: *Control de pérdidas no técnicas de energía eléctrica*.
- <https://www.monografias.com/trabajos105/transformadores-corriente-y-autotransformadores/transformadores-corriente-y-autotransformadores.shtml>
- <https://www.areatecnologia.com/electricidad/transformador-trifasico.html>
- <https://www.artech.com/es>

# ANEXOS



TRANSFORMADORES DE CORRIENTE  
DE 200/5 CON CONEXIÓN ESTRELLA.



CABLEADO PARA LAS SEÑALES DE  
CORRIENTE Y TENSIÓN.



MONTAJE DE LA CAJA DE CT'S Y DE  
MEDIDOR



CABLEADO DE LOS CT'S AL MEDIDOR



PREPARACIÓN  
PARA EL  
EMPALME EN  
BARRAS DE  
MEDIA  
TENSIÓN

MONTAJE DE LOS  
SECCIONADORES  
FUSIBLE





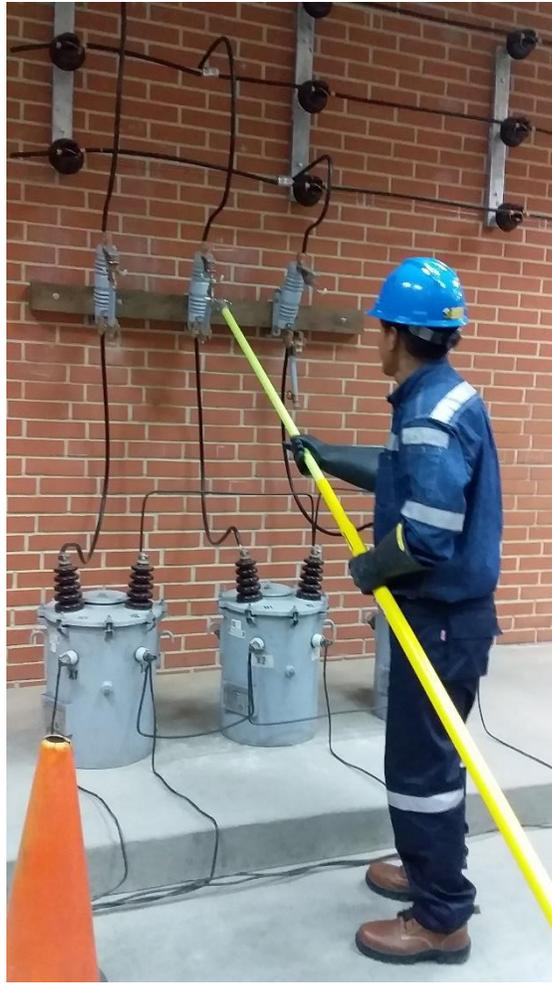
CONEXIÓN PARA ELEVAR EL VOLTAJE  
DE 380 A 12000 VOLTIOS CON UN  
BANCO DE TRANSFORMADORES  
MONOFASICOS



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN  
“ELEVADOR Y REDUCTOR DE VOLTAJE”



CONEXIÓN PARA REDUCIR LA TENSIÓN



CIERRE DE SECCIONADORES FUSIBLE PARA  
LA ELEVACION DE TENSION



CONEXIÓN DE LOS  
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

CONEXIÓN  
DEL MEDIDOR  
ITRON SL7000  
Y  
DESPLIEGUE  
DE DATOS





EQUIPO DE MEDICIÓN INSTALADO EN EL  
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN