

# NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>  | REV.<br><b>0</b>                              |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL<br/>MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS<br/>DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC  | REVISÓ:<br>RHOT                               |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG   | FECHA:<br>2017/01/23                          |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm<br>PÁGINA:<br>1 de 38 |

**CONTROL DE CAMBIOS**

| Fecha |    |      | Elaboró | Revisó | Aprobó | Descripción            | Entrada en vigencia |    |      |
|-------|----|------|---------|--------|--------|------------------------|---------------------|----|------|
| DD    | MM | AAAA |         |        |        |                        | DD                  | MM | AAAA |
| 23    | 01 | 2017 | GJRC    | RHOT   | LFAG   | Creación Norma Técnica | 22                  | 03 | 2017 |
|       |    |      |         |        |        |                        |                     |    |      |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>  |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL<br/>MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS<br/>DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT   |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23  |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A<br><br>UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm<br><br>PÁGINA:<br>2 de 38 |

## CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | 4  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | 4  |
| 1 OBJETO.....   | 5  |
| 2 ALCANCE .....   | 5  |
| 3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....   | 5  |
| 4 REFERENCIAS .....   | 5  |
| 5 DEFINICIONES .....  | 6  |
| 6 ANTECEDENTES.....   | 10 |
| 7 CONTEXTO GENERAL.....   | 10 |
| 7.1 Conformación de los sistemas de medida .....  | 10 |
| 7.2 Requisitos de exactitud de los elementos del sistema de medición.....                             | 11 |
| 7.3 Clasificación de puntos de medición.....  | 12 |
| 7.4 Normas técnicas para la fabricación de transformadores de medida y medidores de energía .....     | 12 |
| 7.4.1 Medidores de energía .....  | 12 |
| 7.4.2 Transformadores de medida. ....   | 13 |
| 7.5 Generalidades sobre los elementos principales del sistema de medida .....                         | 13 |
| 7.5.1 Transformadores de medida .....   | 13 |
| 7.5.2 Medidor de energía eléctrica.....   | 19 |
| 7.5.3 Conductores .....   | 20 |
| 7.5.4 Panel o tablero para el medidor .....   | 20 |
| 7.5.5 Bloque de bornera de prueba.....  | 21 |
| 8 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO .....   | 21 |
| 8.1 Conceptos generales sobre el mantenimiento.....   | 21 |
| 8.2 Técnicas de diagnóstico del mantenimiento predictivo .....  | 22 |
| 8.2.1 Termografía infrarroja.....   | 22 |
| 8.2.2 Ultrasonido .....   | 23 |
| 8.3 Volumen de control, jerarquía, función y estándar de funcionamiento del sistema de medición ..... | 24 |
| 8.3.1 Definición de los límites.....  | 24 |
| 8.3.2 Jerarquía de los equipos.....   | 25 |
| 8.3.3 Función y estándar de funcionamiento. ....  | 26 |
| 9 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN .....   | 27 |
| 9.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA .....  | 27 |
| 9.1.1 Verificación documental del sistema de medición (de la frontera).....                           | 28 |
| 9.1.2 Inspección física y visual .....  | 28 |
| 9.1.3 Calibración de los transformadores de medida y los medidores de energía .....                   | 33 |
| 9.1.4 Frecuencia de ejecución del mantenimiento preventivo a los sistemas de medición.....            | 34 |
| 9.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN .....  | 34 |
| 9.2.1 Técnicas de diagnóstico .....   | 35 |
| 9.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN .....  | 37 |

|   |  |   |                         |
|---|--|---|-------------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>  | REV.<br><b>0</b>        |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC  | REVISÓ:<br>RHOT         |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG   | FECHA:<br>2017/01/23    |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm |
|   |  |   | PÁGINA:<br>3 de 38      |

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida ..... 11

Tabla 2. Clasificación de puntos de medición ..... 12

Tabla 3. División jerárquica para un Sistema de Medición, aplicable a diferentes niveles de tensión. .... 25

Tabla 4. Transformador de corriente. Nivel de tensión 4. Funciones principales. .... 26

Tabla 5. Actividades que implica la inspección física y visual de un transformador de medida ..... 28

Tabla 6. Actividades que implica la inspección física y visual de un medidor de energía ..... 29

Tabla 7. Actividades que implica la inspección física y visual de los conductores o cables ..... 31

Tabla 8. Actividades que implica la inspección física y visual de un panel o tablero ..... 32

Tabla 9. Frecuencias de mantenimiento del sistema de medición (CREG, 2014). .... 34

Tabla 10. Frecuencias prueba de rutina para transformadores de medida en desarrollo de los mantenimientos del sistema de medición (CNO, 2016). .... 36

Tabla 13. Formato para la recopilación puntual de la información de los equipos ..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 14. Formato para la recopilación puntual de la información de las tareas de mantenimiento del nivel 1 .¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo 3D de Transformador de corriente para alta tensión. Basado en el modelo CA del fabricante ARTECHE. (ARTECHE, ARTECHE - Catálogo Transformadores de Medida Alta Tensión. Versión B2) ..... 14

Figura 2. Transformador de corriente encapsulado en resina para media tensión. Modelo GIFS 36-55 de RITZ (RITZ Instrument Transformers)..... 15

Figura 3. Transformador de corriente de uso exterior para media tensión Modelo IMB de ABB (ABB Power technologies, 2005) ..... 15

Figura 4. Transformador de corriente para media tensión de uso interior. Modelo ACF de ARTECHE (ARTECHE, ARTECHE - Catálogo Transformadores de Medida. Media Tensión Interior. Versión A1) ..... 16

Figura 5. Modelo 3D de Transformador de corriente tipo venta para baja tensión de uso exterior. Basado en el Fabricante Rymel (RYMEL)..... 16

Figura 6. Modelo 3D de Transformador de tensión capacitivo, basado en modelo CPA de ABB (ABB Power technologies, 2005). ..... 17

Figura 7. Transformador de tensión inductivo. Modelo EMF 14 de ABB (ABB Power technologies, 2005). ..... 18

Figura 8. Modelo 3D de Transformador de tensión. Basado en Modelo VZF-36 de RITZ (RITZ Instrument Transformers)..... 18

Figura 9. Transformador de tensión. Modelo VCL de ARTECHE (ARTECHE, ARTECHE - Catálogo Transformadores de Medida. Media Tensión Interior. Versión A1). ..... 19

Figura 10. Delimitación del volumen de control. Sistema de medición..... 25

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>  | REV.<br><b>0</b>                                  |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC  | REVISÓ:<br>RHOT                                   |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG   | FECHA:<br>2017/01/23                              |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm<br><br>PÁGINA:<br>4 de 38 |

## 1 OBJETO

Establecer las actividades básicas para el mantenimiento de los sistemas de medición del Grupo EPM; garantizando así que los sistemas de medición mantienen sus características metrológicas y permiten la obtención de mediciones confiables de las transferencias y consumos de energía activa y reactiva.

## 2 ALCANCE

Esta norma cubre los sistemas de medición del Grupo EPM conectados en los diferentes niveles de tensión.

## 3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los reglamentos, las normas técnicas nacionales e internacionales, las guías técnicas y demás documentos empleados como referencia, deben ser considerados en su última versión.

## 4 REFERENCIAS

ABB Power technologies. (2005). Transformadores de Medida - Guía para el comprador - Edición 4. Ludvika, Suecia: ABB Power technologies.

ARTECHE. (2006). *ARTECHE - ACERCAMIENTO A LOS TRANSFORMADORES DE MEDIDA*. Recuperado el 01 de 08 de 2016, de [http://www.artech.com/es/centro-documentacion?f\[0\]=field\\_idioma%3A492&f\[1\]=field\\_unidad\\_de\\_negocio%3A4835&f\[2\]=field\\_categoria\\_documentacion%3A473](http://www.artech.com/es/centro-documentacion?f[0]=field_idioma%3A492&f[1]=field_unidad_de_negocio%3A4835&f[2]=field_categoria_documentacion%3A473)

ARTECHE. (s.f.). *ARTECHE - Catálogo Transformadores de Medida Alta Tensión. Versión B2*. Recuperado el 23 de Agosto de 2016, de [http://www.artech.com/es/centro-documentacion?search\\_api\\_views\\_fulltext=&page=1&f\[0\]=field\\_idioma%3A492&f\[1\]=field\\_unidad\\_de\\_negocio%3A4835](http://www.artech.com/es/centro-documentacion?search_api_views_fulltext=&page=1&f[0]=field_idioma%3A492&f[1]=field_unidad_de_negocio%3A4835)

ARTECHE. (s.f.). *ARTECHE - Catálogo Transformadores de Medida. Media Tensión Interior. Versión A1*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2016, de [http://www.artech.com/es/centro-documentacion?search\\_api\\_views\\_fulltext=&page=1&f\[0\]=field\\_idioma%3A492&f\[1\]=field\\_unidad\\_de\\_negocio%3A4835](http://www.artech.com/es/centro-documentacion?search_api_views_fulltext=&page=1&f[0]=field_idioma%3A492&f[1]=field_unidad_de_negocio%3A4835)

CNO. (07 de Julio de 2016). Acuerdo 887. *Consejo Nacional de Operación*. Bogotá, Colombia.

|   |  |   |                         |                    |
|---|--|---|-------------------------|--------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>  | REV.<br><b>0</b>        |                    |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC  | REVISÓ:<br>RHOT         |                    |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG   | FECHA:<br>2017/01/23    |                    |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm | PÁGINA:<br>5 de 38 |

- CREG. (2014). Resolución 038 Comisión Reguladora de Energía y Gas . Bogotá, Colombia.
- ISO 14224. (1999). *ISO 14224 Industrias del petróleo y gas natural - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos*. International Organization For Standarization .
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II*. Buenos Aires Argentina: Edición en español - Biddles Ltd.
- Olarte, W. (2010). Técnicas de Mantenimiento Predictivo Utilizadas en la Industria. *Scientia et Technica Año XVI, No 45*, 223-226.
- RITZ Instrument Transformers. (s.f.). *RITZ Instrument Transformers - Cataloge Current Transformers* . Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de <http://www.ritzusa.com/common/custom.asp?PAGE=378>
- RITZ Instrument Transformers. (s.f.). *RITZ Instrument Transformers - Cataloge Voltage Transformers*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de <http://www.ritzusa.com/common/custom.asp?PAGE=378>
- RYMEL. (s.f.). *Transformadores de corriente*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2016, de <http://www.rymel.com.co/index.php/productos/transformadores-de-corriente>
- SAE JA1011. (1999). *Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Estados Unidos: SAE.

## 5 DEFINICIONES

Las definiciones a continuación fueron tomadas de la RES 038/2014 de la CREG

**ASIC:** Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales

**Calibración:** Operación que bajo condiciones específicas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medición asociadas obtenidas a partir de los patrones de medición, y las correspondientes indicaciones con las incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medición a partir de una indicación.

**CREG:** Comisión Reguladora de Energía y Gas

**Clase de exactitud:** Designación asignada a un transformador de corriente o de tensión cuyos

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>6 de 38   |

errores permanecen dentro de los límites especificados bajo las condiciones de uso prescritas.

**Equipo de medida o medidor:** Dispositivo destinado a la medición o registro del consumo o de las transferencias de energía.

**Frontera comercial:** Corresponde al punto de medición asociado al punto de conexión entre agentes o entre agentes y usuarios conectados a las redes del Sistema de Transmisión Nacional o a los Sistemas de Transmisión Regional o a los Sistemas de Distribución Local o entre diferentes niveles de tensión de un mismo OR. Cada agente en el sistema puede tener una o más fronteras comerciales.

**Frontera comercial con reporte al ASIC:** Frontera comercial a partir de la cual se determinan las transacciones comerciales entre los diferentes agentes que actúan en el Mercado Mayorista de Energía, MEM, y se define la responsabilidad por los consumos. Estas fronteras se clasifican en: fronteras de generación, fronteras de comercialización, fronteras de enlace internacional, fronteras de interconexión internacional, fronteras de distribución y fronteras de demanda desconectable voluntaria.

**Frontera de generación:** Corresponde al punto de medición de una unidad o planta de generación donde las transferencias de energía equivalen a la energía neta entregada por el generador al STN, al STR o al SDL.

**Frontera de comercialización:** Corresponde al punto de medición donde las transferencias de energía que se registran permiten determinar la demanda de energía de un comercializador. Estas fronteras se clasifican en: fronteras de comercialización entre agentes y fronteras de comercialización para agentes y usuarios. La energía registrada en la frontera de comercialización también podrá ser empleada en la liquidación de cargos por uso de acuerdo con la regulación aplicable.

**Frontera de comercialización entre agentes:** Corresponde al punto de medición que permite determinar la transferencia de energía entre mercados de comercialización o entre el STN y un mercado de comercialización.

**Frontera de comercialización para agentes y usuarios:** Corresponde a toda frontera de comercialización que no cumple con alguno de los criterios señalados para la frontera de comercialización entre agentes. También es frontera de comercialización para agentes y usuarios la frontera comercial de un usuario que se conecta directamente al STN.

**Frontera de enlace internacional:** Corresponde al punto de medición utilizado para efectos de determinar los intercambios de energía con otros países mediante las transacciones internacionales de electricidad de corto plazo, TIE.

|   |  |  |                      |                         |                    |
|---|--|--|----------------------|-------------------------|--------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |                         |                    |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |                         |                    |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |                         |                    |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm | PÁGINA:<br>7 de 38 |

**Frontera de interconexión internacional:** Corresponde al punto de medición utilizado para efectos de determinar los intercambios de energía con otros países, cuando estos no se realicen en el esquema TIE. Según lo establecido en el artículo 16 de la Resolución CREG 055 de 2011, para efectos de las transacciones que se realicen a través del enlace internacional Colombia – Panamá, esta frontera podrá estar representada por varios agentes.

**Frontera de distribución:** Corresponde al punto de medición entre niveles de tensión de un mismo OR que permite establecer la energía transferida entre estos.

**Frontera de demanda desconectable voluntaria:** Corresponde a la frontera definida en la Resolución CREG 063 de 2010 o aquella que la modifique, adicione o sustituya.

**Frontera comercial sin reporte al ASIC:** Corresponde al punto de medición del consumo de un usuario final, que no se utiliza para determinar las transacciones comerciales entre los diferentes agentes que actúan en el MEM. La información de este consumo no requiere ser reportado al ASIC.

**Índice de clase:** Número que expresa el límite del error porcentual admisible para todos los valores del rango de corriente entre  $0,1I_b$  e  $I_{máx}$  o entre  $0,05I_n$  e  $I_{máx}$  con factor de potencia unitario (y en caso de medidores polifásicos con cargas balanceadas) cuando el medidor se ensaya bajo condiciones de referencia.

**Medición directa:** Tipo de conexión en el cual las señales de tensión y de corriente que recibe el medidor son las mismas que recibe la carga.

**Medición semidirecta:** Tipo de conexión en el cual las señales de tensión que recibe el medidor son las mismas que recibe la carga y las señales de corriente que recibe el medidor provienen de los respectivos devanados secundarios de los transformadores de corriente utilizados para transformar las corrientes que recibe la carga.

**Medición indirecta:** Tipo de conexión en el cual las señales de tensión y de corriente que recibe el medidor provienen de los respectivos devanados secundarios de los transformadores de tensión y de corriente utilizados para transformar las tensiones y corrientes que recibe la carga.

**Medidor de energía activa:** Instrumento destinado a medir la energía activa mediante la integración de la potencia activa con respecto al tiempo.

**Medidor de energía reactiva:** Instrumento destinado a medir la energía reactiva mediante la integración de la potencia reactiva con respecto al tiempo.

**MEM:** Mercado de Energía Mayorista

|   |  |   |                         |
|---|--|---|-------------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>  | REV.<br><b>0</b>        |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC  | REVISÓ:<br>RHOT         |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG   | FECHA:<br>2017/01/23    |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm |
|   |  |   | PÁGINA:<br>8 de 38      |

**Operador de red de STR y SDL, OR:** Persona encargada de la planeación de la expansión, las inversiones, la operación y el mantenimiento de todo o parte de un STR o SDL, incluidas sus conexiones al STN. Los activos pueden ser de su propiedad o de terceros. Para todos los propósitos son las empresas que tienen Cargos por Uso de los STR o SDL aprobados por la CREG. El OR siempre debe ser una Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios. La unidad mínima de un SDL para que un OR solicite Cargos de Uso corresponde a un Municipio.

**Punto de conexión:** Es el punto de conexión eléctrico en el cual los activos de conexión de un usuario o de un generador se conectan al STN, a un STR o a un SDL; el punto de conexión eléctrico entre los sistemas de dos (2) Operadores de Red; el punto de conexión entre niveles de tensión de un mismo OR; o el punto de conexión entre el sistema de un OR y el STN con el propósito de transferir energía eléctrica.

**Punto de medición:** Es el punto eléctrico en donde se mide la transferencia de energía, el cual deberá coincidir con el punto de conexión.

**SDL:** Sistema de Distribución Local

**STN:** Sistema de Transmisión Nacional

**STR:** Sistema de Transmisión Regional

**Verificación:** Conjunto de actividades dirigidas a corroborar que el sistema de medición se encuentre en correcto estado de funcionamiento y conforme a los requisitos establecidos en este Código.

**Sistema de medición o de medida:** Conjunto de elementos destinados a la medición y/o registro de las transferencias de energía en el punto de medición.

**Tipos de conexión para los sistemas de medición:** Corresponde a los esquemas de conexión directa, semidirecta e indirecta empleados para realizar las mediciones dependiendo del nivel de tensión, magnitud de la transferencia de energía o el consumo de una carga, según sea el caso.

**Transformador de tensión, PT o t.t.:** Transformador para instrumentos en el cual la tensión secundaria en las condiciones normales de uso, es sustancialmente proporcional a la tensión primaria y cuya diferencia de fase es aproximadamente cero, para un sentido apropiado de las conexiones.

**Transformador de corriente, CT o t.c.:** Transformador para instrumentos en el cual la corriente secundaria en las condiciones normales de uso, es sustancialmente proporcional a la

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL<br/>MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS<br/>DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
| UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm   |  | PÁGINA:<br>9 de 38   |                      |

corriente primaria y cuya diferencia de fase es aproximadamente cero, para un sentido apropiado de las conexiones.

## 6 ANTECEDENTES

El nuevo Código de Medida o Resolución CREG 038/2014, establece las condiciones técnicas y procedimientos que se aplican a la medición de energía. Particularmente, el artículo 28 define al agente representante de la frontera comercial y el usuario como responsables del mantenimiento de los sistemas de medición.

Por lo anterior, el Grupo EPM debe establecer el procedimiento de mantenimiento, de tal forma que permita garantizar que los sistemas de medición mantienen sus características metrológicas y permiten obtener mediciones confiables de las transferencias y consumos de energía activa y reactiva.

## 7 CONTEXTO GENERAL

### 7.1 Conformación de los sistemas de medida

El Anexo 1 de la Resolución CREG 038/2014, define los elementos que componen los sistemas de medida.

Los sistemas de medición se componen de todos o de algunos de los elementos que se listan a continuación, algunos de los cuales pueden o no estar integrados al medidor:

- a) Un medidor de energía activa.
- b) Un medidor de energía reactiva, este medidor puede estar integrado con el medidor de energía activa.
- c) Un medidor de respaldo.
- d) Transformadores de corriente.
- e) Transformadores de tensión.
- f) Cableado entre los transformadores y el medidor o medidores que permite conducir las señales de tensión y corriente entre estos.
- g) Un panel o caja de seguridad para el medidor y el registro de los datos.

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>  | REV.<br><b>0</b>                               |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC  | REVISÓ:<br>RHOT                                |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG   | FECHA:<br>2017/01/23                           |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm<br>PÁGINA:<br>10 de 38 |

- h) Cargas para la compensación del burden de los transformadores de corriente y tensión.
- i) Un sistema de almacenamiento de datos: constituido por equipos registradores, que acumulan y almacenan los valores medidos de energía de la frontera. Estos equipos pueden estar integrados o no, al medidor.
- j) Los dispositivos de interfaz de comunicación que permitan la interrogación local, remota y la gestión de la información en los términos previstos en la presente resolución. Estos equipos pueden estar integrados o no, al medidor.
- k) Facilidades de procesamiento de información o los algoritmos, software, necesarios para la interrogación y el envío de la información.
- l) Esquemas de seguridad y monitoreo que permitan proteger los equipos del sistema de medida y realizar seguimiento a las señales de aviso que presenten los mismos.
- m) Bloques de borneras de prueba o elemento similar que permita separar o reemplazar los equipos de medición de forma individual de la instalación en servicio, así como intercalar o calibrar *in situ* los medidores y realizar las pruebas y mantenimientos a los demás elementos del sistema de medición. Estos equipos pueden estar integrados o no, al medidor y deben permitir la instalación de sellos.

## 7.2 Requisitos de exactitud de los elementos del sistema de medición

El artículo 9 de la Resolución CREG 038/2014 establece los requisitos de exactitud, para los medidores de energía y transformadores de medida en sistemas de medición nuevos, y los que se adicionen o reemplacen en los sistemas de medición existentes.

**Tabla 1. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida**

| Tipo de puntos de medición | Índice de clase para medidores de energía activa | Índice de clase para medidores de energía reactiva | Clase de exactitud para transformadores de corriente | Clase de exactitud para transformadores de tensión |
|----------------------------|--|--|--|--|
| 1                          | 0,2 S  | 2  | 0,2 S  | 0,2  |
| 2 y 3                      | 0,5 S  | 2  | 0,5 S  | 0,5  |
| 4                          | 1  | 2  | 0,5  | 0,5  |
| 5                          | 1 ó 2  | 2 ó 3  | --   | --   |

|   |  |  |                |                         |                      |
|---|--|--|----------------|-------------------------|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   |  |                | <b>RA8-070</b>          | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> |  |                | ELABORÓ:<br>GJRC        | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  |  |                | APROBÓ:<br>LFAG         | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm | PÁGINA:<br>11 de 38  |

### 7.3 Clasificación de puntos de medición

El artículo 6 de la Resolución CREG 038/2014, establece la clasificación de los puntos de medición de acuerdo con el consumo o transferencia de energía por la frontera, o, por la capacidad instalada en el punto de conexión.

**Tabla 2. Clasificación de puntos de medición**

| Tipo de puntos de medición | Consumo o transferencia de energía, C, [MWh-mes] | Capacidad Instalada, CI, [MVA] |
|----------------------------|--|--------------------------------|
| 1                          | $C \geq 15.000$                                  | $CI \geq 30$                   |
| 2                          | $15.000 > C \geq 500$                            | $30 > CI \geq 1$               |
| 3                          | $500 > C \geq 50$                                | $1 > CI \geq 0,1$              |
| 4                          | $50 > C \geq 5$                                  | $0,1 > CI \geq 0,01$           |
| 5                          | $C < 5$  | $CI < 0,01$                    |

### 7.4 Normas técnicas para la fabricación de transformadores de medida y medidores de energía

A continuación, se listan las de las normas técnicas de mayor relevancia, que definen criterios de fabricación, prueba y ensayos de los equipos que componen el sistema de medida.

#### 7.4.1 Medidores de energía

- NTC 4052 / IEC 62053-21. Equipos de medición de energía eléctrica (C.A.).Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa. (Clases 1 y 2).
- NTC 2147/ (IEC 62053-22) Equipos de medición de energía eléctrica, medidores estáticos de energía activa Clases 0,2S y 0,5S.
- NTC 4569/ IEC 62053-23) Equipos de medición de energía eléctrica, medidores estáticos de energía reactiva Clases 2 y 3.
- NTC 2288 IEC 62053-11 Equipos de medición de energía eléctrica, medidores electromecánicos de energía activa (Clases 0,5, 1 y 2).
- NTC 2148/ IEC 60145 Electrotecnia. Medidores de energía reactiva.

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>12 de 38  |                      |

- IEC 62055 Electricity Metering. Payment Systems. El sistema de comunicación debe cumplir con los requisitos establecidos en las normas que conforman la serie IEC 62056 o ANSI/IEEE (que aplique) y otras complementarias.

#### 7.4.2 Transformadores de medida.

- NTC 2205/IEC 60044-1 Transformadores de medida. Transformadores de corriente.
- NTC 2207/IEC 60044-2 Transformadores de medida. Transformadores de Tensión inductivos.
- NTC 4540/IEC 60044-3 Transformadores de medida. Transformadores combinados.
- IEC 60044-5 Instrument Transformers. Part 5: Capacitor Voltage Transformers.
- IEC 61869-1 Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
- IEC 61869-2 Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
- IEC 61869-3 Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.
- IEC 61869-5 Transformadores de medida. Parte 5: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión capacitivos.
- ANSI/IEEE 57.13 / IEEE Standard for instrument Transformers.

### 7.5 Generalidades sobre los elementos principales del sistema de medida

#### 7.5.1 Transformadores de medida

Los transformadores de medida son máquinas eléctricas, que se vale de las propiedades electromagnéticas de la corriente alterna y los materiales ferromagnéticos para su finalidad, la cual consiste en obtener un valor proporcional mucho más bajo de tensión y corriente al valor que están conectados.

Los transformadores de medida se distinguen de los demás tipos de transformadores básicamente porque son fabricados buscando que la relación de transformación sea lo más precisa posible. Los valores de tensión y corriente determinan el estado eléctrico de un punto del sistema, los transformadores de medida son especialmente fabricados para que su relación de transformación determine de forma muy exacta la proporción entre la corriente primaria y secundaria (Transformadores de Corriente, TC), o la proporción entre la tensión primaria y secundaria (Transformadores de Tensión, TT).

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL<br/>MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS<br/>DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>13 de 38  |

### 7.5.1.1 Clasificación de los transformadores de medida

Los transformadores de medida pueden ser clasificados principalmente en dos grandes grupos, de acuerdo a su ubicación y a su nivel de tensión.

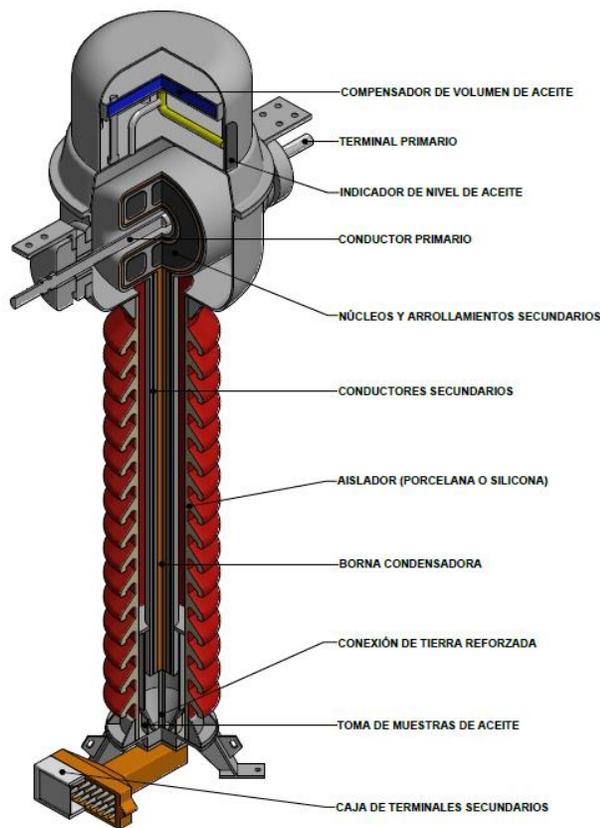
Clasificación de medida de acuerdo con ubicación:

- Transformadores de medida de uso exterior.
- Transformadores de medida de uso en subestaciones encapsuladas en gas.
- Transformadores de medida de uso interior.

Clasificación de medida de acuerdo con su nivel de tensión:

- Transformadores de medida para baja tensión
- Transformadores de medida para media tensión
- Transformadores de medida para alta tensión

### 7.5.1.2 Transformadores de Corriente

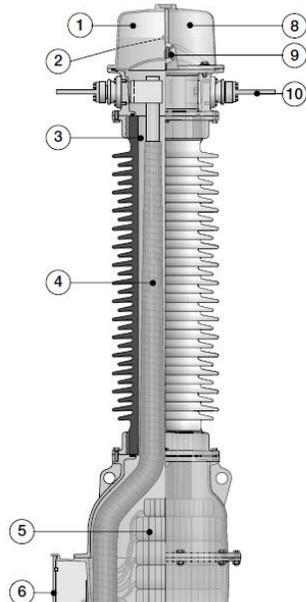


**Figura 1.** Modelo 3D de Transformador de corriente para alta tensión. Basado en el modelo CA del fabricante ARTECHE. (ARTECHE, ARTECHE - Catálogo Transformadores de Medida Alta Tensión. Versión B2)

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL<br/>MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS<br/>DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>14 de 38  |



**Figura 2.** Transformador de corriente encapsulado en resina para media tensión. Modelo GIFS 36-55 de RITZ (RITZ Instrument Transformers).

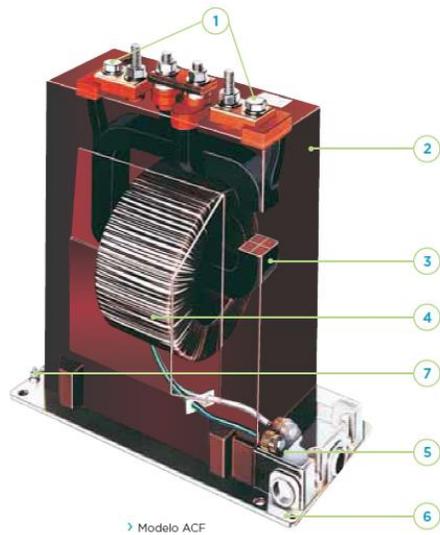


**Transformador de intensidad tipo IMB**

- |   |  |
|---|--|
| 1. Colchón de gas                       | 6. Caja de bornes secundarios                      |
| 2. Unidad de relleno de aceite (oculta) | 7. Toma de tensión de capacitiva (previa petición) |
| 3. Relleno de cuarzo                    | 8. Vaso de expansión                               |
| 4. Conductor primario aislado por papel | 9. Luz de aviso del nivel de aceite                |
| 5. Núcleos/devanado secundario          | 10. Borne primario                                 |
|   | 11. Borne de tierra                                |

**Figura 3.** Transformador de corriente de uso exterior para media tensión Modelo IMB de ABB (ABB Power technologies, 2005)

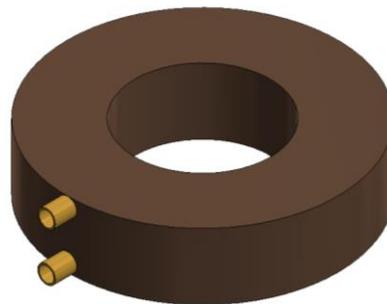
|  |  |                  |                         |
|--|--|------------------|-------------------------|
| <b>ENERGÍA</b>   | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>        |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC | REVISÓ:<br>RHOT         |
|  |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23    |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES | ANSI<br>A  | ESCALA:<br>N/A   | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm |
|  |  |                  | PÁGINA:<br>15 de 38     |



## SECCIÓN

1. Terminales primarios
2. Aislador (resina)
3. Arrollamiento primario
4. Núcleo y bobinado secundario
5. Caja de terminales secundarios
6. Base
7. Terminal de tierra

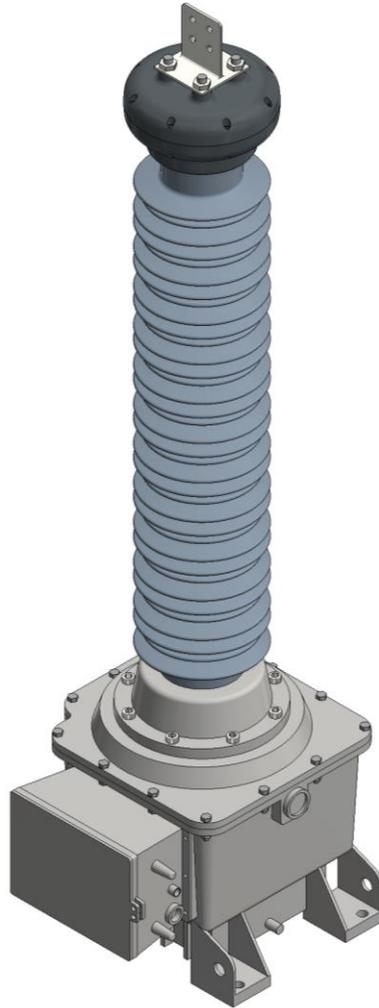
**Figura 4.** Transformador de corriente para media tensión de uso interior. Modelo ACF de ARTECHE (ARTECHE, ARTECHE - Catálogo Transformadores de Medida. Media Tensión Interior. Versión A1)



**Figura 5.** Modelo 3D de Transformador de corriente tipo venta para baja tensión de uso exterior. Basado en el Fabricante Rymel (RYMEL)

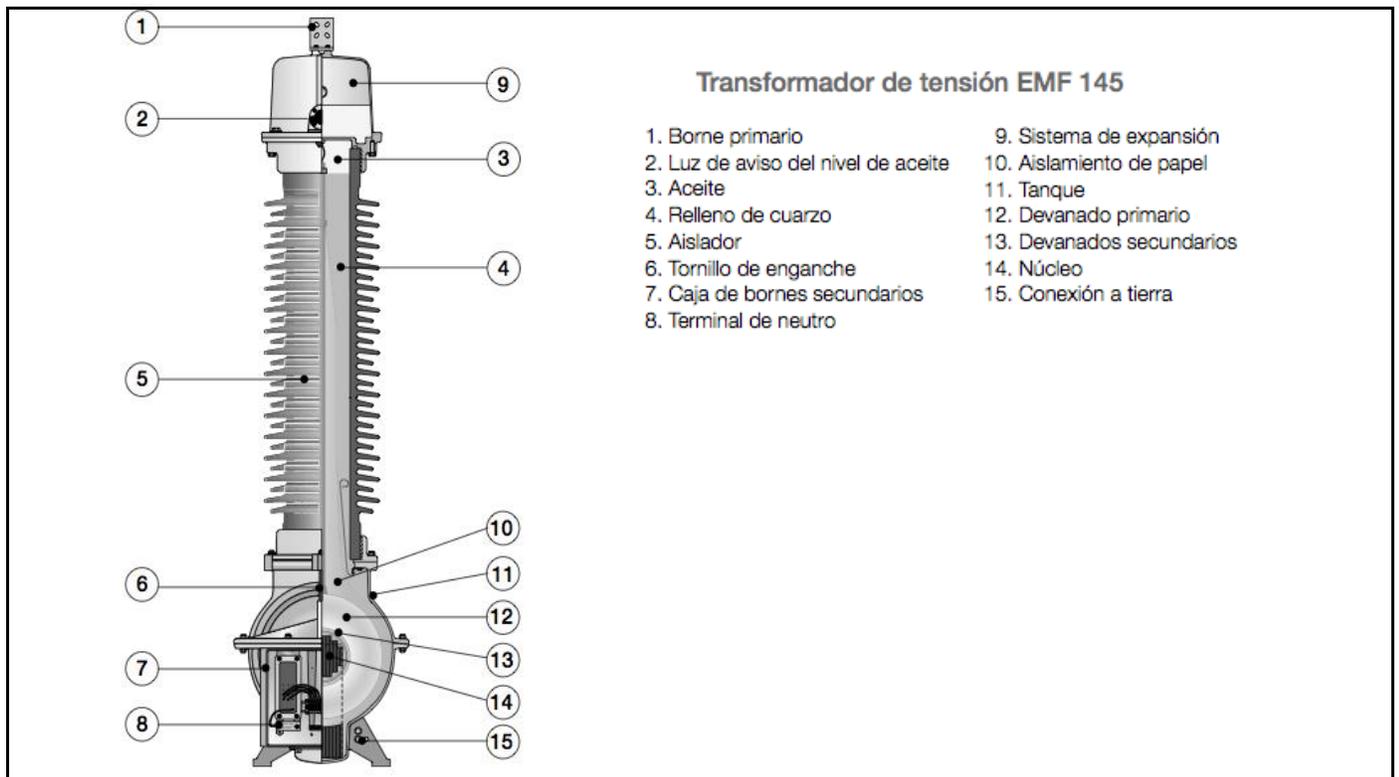
|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL<br/>MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS<br/>DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>16 de 38  |

### 7.5.1.3 Transformadores de tensión



**Figura 6.** Modelo 3D de Transformador de tensión capacitivo, basado en modelo CPA de ABB (ABB Power technologies, 2005).

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL<br/>MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS<br/>DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>17 de 38  |

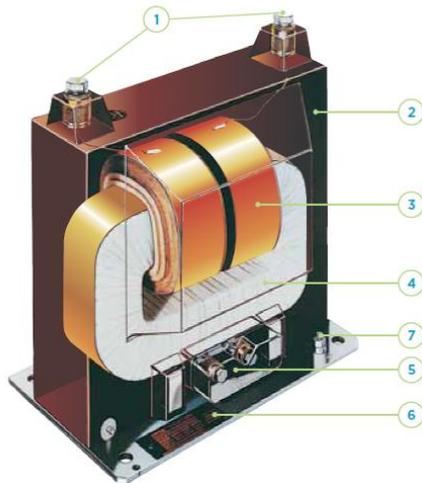


**Figura 7.** Transformador de tensión inductivo. Modelo EMF 14 de ABB (ABB Power technologies, 2005).



**Figura 8.** Modelo 3D de Transformador de tensión. Basado en Modelo VZF-36 de RITZ (RITZ Instrument Transformers).

|  |  |                  |                         |
|--|--|------------------|-------------------------|
| <b>ENERGÍA</b>   | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>        |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC | REVISÓ:<br>RHOT         |
|  |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23    |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES | ANSI<br>A  | ESCALA:<br>N/A   | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm |
|  |  |                  | PÁGINA:<br>18 de 38     |



## SECCIÓN

1. Terminales primarios
2. Aislador (resina)
3. Arrollamiento primario
4. Núcleo
5. Caja de terminales secundarios
6. Base
7. Terminal de tierra

**Figura 9.** Transformador de tensión. Modelo VCL de ARTECHE (ARTECHE, ARTECHE - Catálogo Transformadores de Medida. Media Tensión Interior. Versión A1).

### 7.5.2 Medidor de energía eléctrica

Es un tipo de medidor para medir la energía eléctrica. Recoge el voltaje y corriente de la fuente de energía, convierte la información en salida de pulso (proporcional a la energía eléctrica) y tiene la información visualizada en un registro o un visor digital.

El medidor de energía eléctrica es un aparato que contabiliza la energía en las líneas y redes de corriente alterna, tanto monofásicas y trifásicas.

#### 7.5.2.1 Clasificación de los medidores

Existen diferentes tipos de medidores de acuerdo con su construcción, tipo de energía que mide, clase de precisión y conexión a la red eléctrica.

- **De acuerdo con su construcción**

**Medidores electromecánicos o medidores de inducción**, compuestos por un conversor electromecánico que actúa sobre un disco cuya velocidad de giro es proporcional a la potencia demandada, provisto de un dispositivo integrador.

**Medidores electrónicos**, la medición de energía y el registro se hace por medio de un proceso análogo – digital, utilizando un microprocesador y memorias. A su vez de acuerdo con el desempeño deseado, estos medidores se clasifican como:

|  |  |                    |  |
|--|--|--------------------|--|
| <b>ENERGÍA</b>   | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>     | REV.<br><b>0</b>                               |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT                                |
|  |  | APROBÓ:<br>LFAG    | FECHA:<br>2017/01/23                           |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES | ANSI<br>A  | <br>ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm<br>PÁGINA:<br>19 de 38 |

- Medidores de demanda: miden y almacenan la energía total y una única demanda en las 24 horas (un solo periodo, una sola tarifa).
- Medidores multitarifa: Miden y almacenan energía y demanda en diferentes tramos de tiempo en las 24 horas, a los que les corresponde diferenciar tarifas (cuadrantes múltiples). Pueden registrar también la energía reactiva, factor de potencia, y parámetros especiales adicionales.

Para todos los pequeños y medianos consumidores industriales, comerciales y residenciales se instala medidores electrónicos. Para los grandes consumidores, con el objetivo de facilitar la tarea de medición y control medidor multifuncional con lectura remota.

De acuerdo con la energía que miden:

- Medidores de energía activa
- Medidores de energía reactiva

De acuerdo con la conexión a la red:

- Medidor monofásico bifilar
- Medidor monofásico trifilar
- Medidor trifásico tetrafilar
- Medidor trifásico trifilar

### 7.5.3 Conductores

Los conductores utilizados para la conexión entre los transformadores de medida y los medidores de energía, son fabricados en cobre y aislados para 600 V. Los conductores pueden ser alambre o cable, los calibres más usuales están entre 10 AWG y el 2 AWG, sin embargo, el calibre del conductor dependerá también de la distancia entre los transformadores de medida y el medidor de energía.

### 7.5.4 Panel o tablero para el medidor

El panel o tablero que aloja el medidor o los medidores de energía, generalmente se fabrica en lámina Cold Rolled” No.14 MSG, tipo NEMA 3R para uso a la intemperie, a prueba de agua y animales, techo inclinado y con ventilación y drenajes adecuados.

Debe permitir la instalación se sellos.

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
| UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm   |  | PÁGINA:<br>20 de 38  |                      |

### 7.5.5 Bloque de bornera de prueba

Es un elemento que permite separar o reemplazar los equipos de medición de forma individual de la instalación en servicio, así como intercalar o calibra in situ los medidores y realizar pruebas y mantenimientos a los demás elementos del sistema de medición, debe permitir la instalación de sellos.

Este elemento es fabricado en material dieléctrico tal como policarbonato, entre otros.

## 8 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

### 8.1 Conceptos generales sobre el mantenimiento

El mantenimiento se define en la Guía Técnica Colombiana (GTC) 62 como el conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar, o restituir un elemento a las condiciones que le permitan desarrollar su función (GTC 62, 1999).

Los tipos básicos de mantenimiento son el correctivo, el predictivo y el preventivo, a continuación, se presenta una definición de cada uno de ellos:

- Mantenimiento correctivo, es el mantenimiento efectuado por una entidad cuando la avería ya se ha producido, restituyéndole a condición admisible de utilización. El mantenimiento correctivo puede, o no, estar planificado (GTC 62, 1999).
- Mantenimiento predictivo, se basa en el conocimiento del estado de una entidad por medición periódica o continua de algún parámetro significativo. La intervención de mantenimiento se condiciona a la detección precoz de los síntomas de la avería (GTC 62, 1999).
- Mantenimiento preventivo, consiste en realizar ciertas reparaciones, cambios de componentes, o piezas según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una entidad. Siempre se debe planificar (GTC 62, 1999).

Los transformadores de medida y los medidores de energía eléctrica, son elementos que trabajan continuamente, es decir, su funcionamiento es 24 horas, 7 días de la semana, los 365 días del año. Por lo cual programar una desconexión de estos equipos para realizar tareas de mantenimiento, implicaría suspender el servicio de energía al usuario, esto trae impactos en la facturación de energía (ingresos) por parte de la empresa comercializadora y a su vez impactos negativos en la producción de los usuarios, clientes o consumidores de la energía eléctrica. Los tipos de mantenimiento acordes a esta condición de operación son el mantenimiento predictivo y el preventivo.

En alineación con (Tavares, 2000), el objetivo del mantenimiento predictivo es ejecutar el

|   |  |  |                      |                         |                     |
|---|--|--|----------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |                         |                     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |                         |                     |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |                         |                     |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm | PÁGINA:<br>21 de 38 |

mantenimiento preventivo en los equipos en el momento exacto, en que estos interfieren en la confiabilidad del sistema. El control predictivo de mantenimiento es la determinación del punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, es decir, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables. La determinación de ese punto tiene como resultado, índices ideales de prevención de fallas, tanto en el aspecto técnico como en el económico, dado que, la intervención en el equipo, no se ejecuta cuando aún tiene condiciones operativas adecuadas para su funcionamiento, ni cuando ha perdido estas condiciones. El “Punto Predictivo”, puede ser determinado de dos formas, en función de las características de los equipos por medio de un “Análisis Estadístico” o un “Análisis de Síntomas”.

El análisis estadístico, se aplica cuando existe en la instalación, una cantidad apreciable de equipos o componentes con las mismas características, que puedan ser considerados como un "universo", para el desarrollo de los cálculos de probabilidades y que tienen características aleatorias de fallo, es decir, a los cuales no es posible hacer acompañamiento de sus variables. El análisis de síntomas, se aplica cuando es necesario el desarrollo de estudios para la determinación del punto predictivo, en equipos con características impares o diferentes, con relación a los demás equipos en la instalación y en los cuales es posible hacer mediciones de sus variables. En ambos casos, es recomendable que este trabajo sea desarrollado para equipos prioritarios de las instalaciones, ya que abarcan costos adicionales de inversión de material (instrumentos de medición) y mano de obra (Tavares, 2000).

## 8.2 Técnicas de diagnóstico del mantenimiento predictivo

### 8.2.1 Termografía infrarroja

La termografía infrarroja es un método eficaz del mantenimiento predictivo, él está sustentado en el hecho de que incrementos de temperatura en los equipos son un indicio de funcionamiento anormal. Este método permite identificar problemas existentes de forma rápida, segura y sin interrumpir la operación normal de los equipos. Para realizar un análisis de temperatura, es necesario establecer una rutina programada de medición y recolección de información que permita detectar cuando dicha magnitud ha variado (Olarte, Aplicación de la Termografía en el Mantenimiento Predictivo, 2011)

#### 8.2.1.1 Principio de la Termografía:

Todos los cuerpos cuya temperatura excede el cero absoluto (0 K o - 273°C) emiten una radiación térmica que el ojo humano no alcanza a percibir. La magnitud de dicha radiación está relacionada directamente con la temperatura del objeto y se puede calcular por medio de la ecuación 1.

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
| UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm   |  | PÁGINA:<br>22 de 38  |                      |

$$E = \varepsilon\sigma T_g^4 \quad (1)$$

Donde:

*E: Radiación*

*ε: Emisivilidad*

*σ: Cosntante de Stefan Boltzman*

*T<sub>g</sub>: Temperatura del Objeto medida en K*

Por medio de la energía emitida de un objeto, se puede conocer la temperatura que éste posee. Mientras más caliente se encuentre un cuerpo, más energía infrarroja emitirá.

La energía infrarroja no se puede ver, pero con el desarrollo de la tecnología, ya existen equipos especializados en captar esta energía y transformarla en imágenes visibles que permiten determinar la temperatura de los objetos.

### 8.2.1.2 Cámara Termográfica

Es un equipo que mide la radiación térmica de los cuerpos y la convierte en una imagen visible de varios colores los cuales están establecidos por su temperatura. Generalmente, estas cámaras manejan longitudes de onda entre 8 μm y 15μm.

Las cámaras termográficas pueden entregar dos tipos de medidas: Medidas cualitativas y medidas cuantitativas como se explican a continuación:

- **Medidas Cualitativas:** Son imágenes que poseen diversos colores por medio de los cuales se pueden identificar los puntos más calientes y verificar la uniformidad de la temperatura de un equipo.
- **Medidas Cuantitativas:** Son valores exactos de temperatura de los puntos calientes que sirven para determinar la gravedad de un problema existente para realizar la acción correctiva pertinente que le permita al equipo volver a su estado normal de operación.

### 8.2.2 Ultrasonido

Uno de los métodos que utiliza el mantenimiento predictivo para detectar fallas en las plantas de producción, es el ultrasonido, el cual es un método de fácil, rápido, económico y eficaz en ambientes de mucho ruido. El ultrasonido sirve para localizar con exactitud aquellos puntos en donde existen problemas incipientes permitiendo la programación adecuada del mantenimiento

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>  | REV.<br><b>0</b>                               |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC  | REVISÓ:<br>RHOT                                |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG   | FECHA:<br>2017/01/23                           |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  ESCALA:<br>N/A | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm<br>PÁGINA:<br>23 de 38 |

de los equipos sin entorpecer el desarrollo normal de la empresa (Olarte, 2011).

### 8.2.2.1 Técnica de Detección de Ultrasonido

La técnica se basa en el estudio de las ondas sonoras de alta frecuencia que se producen en los equipos cuando se presentan síntomas de funcionamiento fuera de los límites especificados.

El oído humano puede percibir el sonido cuando su frecuencia se encuentra entre 20 Hz y 20 kHz, por tal razón el sonido que se produce cuando alguno de los componentes de una máquina se encuentra afectado, no puede ser captado por el hombre porque su frecuencia es superior a los 20 kHz (Olarte, Técnicas de Mantenimiento Predictivo Utilizadas en la Industria, 2010).

Esta herramienta está fundamentada en el hecho de que las fuerzas de rozamiento, las descargas eléctricas y las pérdidas de presión o vacío en las plantas, generan ondas sonoras de alta frecuencia, corta longitud y rápida pérdida de energía lo cual permite localizar con exactitud los problemas en los equipos antes de que se produzcan fallas que interrumpan el desarrollo normal de la planta de producción.

El ultrasonido se detecta por medio de instrumento llamado sensor de ultrasonidos el cual está diseñado para capturar ondas ultrasónicas y convertirlas en señales con frecuencias dentro del rango de audición humana. Este dispositivo cuenta con la tecnología necesaria para traducir las ondas de ultrasonido a frecuencias perceptibles a través de audífonos o visualizarse en un display por medio de un aumento de su intensidad (Vibratec, 2016).

Los detectores de ultrasonido son equipos fáciles de utilizar, gracias a que el comportamiento del sonido es direccional, el operador puede verificar cualquier área ubicando la fuente del problema el cual se manifiesta como con un sonido mucho más fuerte que en los demás puntos. Estos detectores cuentan con un selector de frecuencias que le permite al usuario filtrar el ruido del ambiente y escuchar la onda ultrasónica con total claridad.

El efecto corona y las descargas eléctricas producen ondas ultrasónicas que pueden descubrirse a través del análisis por ultrasonido (Vibratec, 2016).

## 8.3 Volumen de control, jerarquía, función y estándar de funcionamiento del sistema de medición

### 8.3.1 Definición de los límites

La delimitación del volumen de control, permite identificar claramente el sistema objeto de análisis (ISO 14224, 1999). En la Figura 10 y la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa la entrada, el volumen de control y la salida para sistema seleccionado

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>24 de 38  |

“transformadores de medida”.

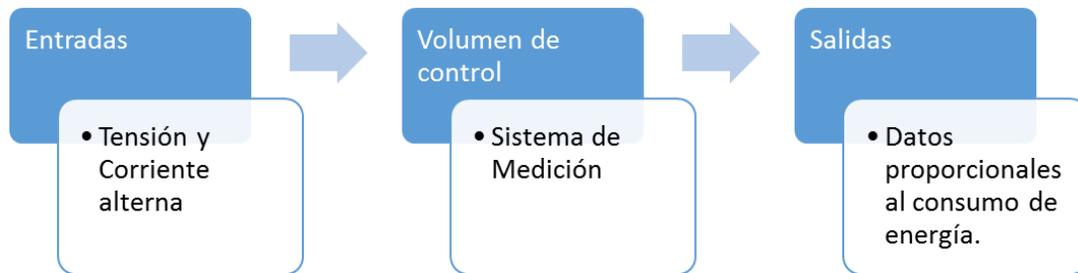


Figura 10. Delimitación del volumen de control. Sistema de medición

### 8.3.2 Jerarquía de los equipos.

La división lógica jerárquica de los equipos en niveles progresivamente inferiores, permite mostrar las relaciones entre el sistema, los subsistemas y los componentes (ISO 14224, 1999).

Los transformadores de corriente y tensión son equipos muy similares, ya que obedecen al mismo principio de funcionamiento. Por lo cual, se puede hacer una división jerárquica en sistema – subsistema – componente, que aplica para los dos tipos de transformadores, teniendo en cuenta algunas características constructivas, tales como el nivel de tensión para el cual fueron diseñados y el tipo de aislamiento interno y externo.

Tabla 3. División jerárquica para un Sistema de Medición, aplicable a diferentes niveles de tensión.

| SISTEMA                        | SUBSISTEMA                 | COMPONENTE                     |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Sistema de Medición            | Transformador de corriente | Terminales primarios           |
|                                |                            | Circuito electromagnético      |
|                                |                            | Aislamiento exterior           |
|                                |                            | Caja de terminales secundarios |
|                                |                            | Base de anclaje                |
|                                | Transformador de tensión   | Terminales primarios           |
|                                |                            | Circuito electromagnético      |
|                                |                            | Aislamiento exterior           |
| Caja de terminales secundarios |                            |                                |

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>25 de 38  |

|  |                              |
|--|------------------------------|
|  | Base de anclaje              |
|  | Medidor de energía           |
|  | Cableado de conexión         |
|  | Panel o tablero para medidor |
|  | Bloques de prueba            |

### 8.3.3 Función y estándar de funcionamiento.

Los sistemas de medición tienen una función específica. La pérdida total o parcial de esta función afecta el registro de la energía eléctrica. Por lo tanto, es necesario definir las funciones y los estándares de funcionamiento asociado a los elementos de los equipos (Moubray, 2004).

Todos los enunciados de una función deben contener un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño (SAE JA1011, 1999).

Los estándares de desempeño incorporados en los enunciados de una función deben tener el nivel de desempeño deseado o límites admisibles de funcionamiento (SAE JA1011, 1999).

A continuación, se enuncian las funciones principales para un sistema de medida.

Tabla 4. Transformador de corriente. Nivel de tensión 4. Funciones principales.

|                         |                            | VERBO             | OBJETO  | ESTÁNDAR DE FUNCIONAMIENTO                | LÍMITES ESTABLECIDOS  |
|-------------------------|----------------------------|-------------------|---|---|---|
| <b>Sistema (Equipo)</b> | Sistema de Medición        | Medir y Registrar | Los intercambios de energía   |   |   |
| <b>Subsistema</b>       | Transformador de corriente | transformar       | Transforma la corriente en un nivel de tensión superior, a un valor proporcional de corriente en baja tensión | relación de transformación (x A / 5 A)    | De acuerdo con la clase de exactitud definida para el sistema de medición |
|                         | Transformador de tensión   | transformar       | Transforma el voltaje en un nivel de tensión superior, a un valor proporcional de voltaje en baja tensión     | relación de transformación (x kV / 120 V) | De acuerdo con la clase de exactitud definida para el sistema de medición |

|   |  |  |           |  |                      |
|---|--|--|-----------|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   |  |           | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> |  |           | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  |  |           | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            |  |  | ANSI<br>A |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  |  |           | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>26 de 38  |

|  |                              |                      |   |   |  |
|--|------------------------------|----------------------|---|---|--|
|  | Medidor de energía           | Medir                | Toma las señales de voltaje y corriente en baja tensión | Corriente nominal y máxima, tensión nominal de operación  | De acuerdo con la clase de <u>exactitud</u> definida para el sistema de medición |
|  | Cableado de conexión         | Conectar             | Conecta los transformadores de medida con el medidor    | La caída de tensión menor a 10% de la tensión nominal y el error porcentual total inferior al 0.1% a FP 0.9 |  |
|  | Panel o tablero para medidor | Alojar               | Aloja el medidor de energía y el bloque de prueba       | IP 56 y IK XX, sellos de seguridad  |  |
|  | Bloques de prueba            | Separar o intercalar | Separa o intercala equipos de medida y de calibración   | Intercala dos equipos sin necesidad de suspensión del servicio de suministro de energía                     |  |

## 9 MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN

El mantenimiento de los sistemas de medición se clasifica en tres tipos:

- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Correctivo.

### 9.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA

El mantenimiento preventivo de los sistemas de medición, consiste en ejecutar actividades rutinarias que conlleven a mantener el sistema de medición en funcionamiento previniendo así que este falle.

El mantenimiento preventivo de los sistemas de medición, está compuesto por tres actividades:

- Verificación documental del sistema de medición (de la frontera)
- Inspección física y visual

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>   |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT  |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23   |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A<br><br>UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm<br><br>PÁGINA:<br>27 de 38 |

- Calibración de los equipos (transformadores de medida y medidores)

### 9.1.1 Verificación documental del sistema de medición (de la frontera)

(Por definir)

### 9.1.2 Inspección física y visual

La inspección visual del sistema de medida consiste en chequear o verificar algunos aspectos claves para el correcto funcionamiento del sistema de medición. A continuación, se describe las actividades contempladas para cada elemento que compone el sistema de medición:

#### 9.1.2.1 Transformadores de medida

**Tabla 5.** Actividades que implica la inspección física y visual de un transformador de medida

|   | Actividades  | Descripción  |
|---|--|--|
| 1 | Verificación de los datos de placa de característica | Comparar entre los datos presentes en la placa de características y la los registrados en la hoja de vida del transformador. En caso de que la placa de características ya no sea legible, se debe sustituir por una nueva placa que contenga la información registrada en la hoja de vida del equipo. |
| 2 | Verificación de los sellos de seguridad              | Todos los sellos de seguridad deben encontrarse en perfecto estado, si se evidencia que alguno fue manipulado o requiere cambio por deterioro físico, debe levantarse un reporte o informe y proceder con protocolo definido por la empresa, posterior a esto se hace la reposición del sello.         |

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>28 de 38  |

|   |   |  |
|---|---|--|
| 3 | Verificación del estado de la caja de bornes terminales secundarios | La caja de terminales secundarios puede ser afectada por la contaminación y oxidación. De acuerdo con su estado, se debe ejecutar tareas de limpieza y protección contra la oxidación. |
| 4 | Verificación de fugas de aceite (cuando aplique)                    | Cuando se presenten fugas de aceite, deberá hacerse un reporte o (informe), donde se indique el nivel de aceite actual, método de contención de aceite implementado.                   |
| 5 | Verificación de la limpieza de los equipos.                         | Ejecutar las tareas de limpieza requerida por los equipos.   |

### 9.1.2.2 Medidores de energía

**Tabla 6.** Actividades que implica la inspección física y visual de un medidor de energía

|   | Actividades                            | Descripción  |
|---|--|--|
| 1 | Verificación del estado de los sellos. | <p>Verificar el estado de los sellos identificando alguno de los casos expuestos en la norma NTC 4856</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sello roto o abierto</li> <li>• Sello deformado</li> <li>• Sello manipulado</li> <li>• Sello con elemento extraño</li> <li>• Sello no existe</li> </ul> |

|   |  |  |  |                  |                         |
|---|--|--|--|------------------|-------------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  |  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   |  | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>        |
|  |  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> |  | ELABORÓ:<br>GJRC | REVISÓ:<br>RHOT         |
|   |  |  |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23    |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            |  | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A   | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm |
|   |  |  |  |                  | PÁGINA:<br>29 de 38     |

|   |   |  |
|---|---|--|
| 2 | Verificación de los datos del medidor       | <p>Identificación y registro de las características técnicas del medidor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de serie</li> <li>• Tipo</li> <li>• Modelo</li> <li>• Rangos de corriente y tensión</li> <li>• Constante del medidor</li> <li>• Clase</li> <li>• Entre otros.</li> </ul> |
|   | Verificación externa del medidor.           | <p>Se debe determinar el estado de los componentes del medidor, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Base</li> <li>• Tapa principal</li> <li>• Terminales</li> <li>• Bloque de terminales</li> <li>• Tapa de bloque de terminales,</li> <li>• Entre otros</li> </ul>               |
|   | Verificación de la programación del medidor | <p>Revisar que la programación del medidor es la adecuada, para el tipo de frontera.</p> <p>Verificación del Factor de Medida (FM)</p> <p>Verificación del periodo de integración</p>  |

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>30 de 38  |

### 9.1.2.3 Conductores o cables

**Tabla 7.** Actividades que implica la inspección física y visual de los conductores o cables

|   | Actividades                         | Descripción   |
|---|-------------------------------------|---|
| 1 | Verificación de las conexiones      | Verificar que las conexiones sean las adecuadas de acuerdo con el sistema de medición   |
| 2 | Ajuste y limpieza de las conexiones | Realizar limpieza y ajuste (apriete) de las conexiones, verificar que al halar los cables suavemente no se suelten de los terminales. |
| 3 | Verificación del asilamiento        | Revisar el estado del asilamiento del cable, que no se encuentre agrietado, ni deteriorado.   |
| 4 | Verificación de la marcación        | Revisar que la marcación de los conductores aun este presente y en caso de que no, se debe realizar su reposición                     |
| 5 | Verificación de la continuidad      | Revisar que los conductores no se encuentren interrumpidos en ningún punto de su recorrido  |

### 9.1.2.4 Bloque de borneras de prueba

|   | Actividades                         | Descripción   |
|---|-------------------------------------|---|
| 1 | Verificación de las conexiones      | Verificar que las conexiones y puentes sean las adecuadas de acuerdo con el sistema de medición                                       |
| 2 | Ajuste y limpieza de las conexiones | Realizar limpieza y ajuste (apriete) de las conexiones, verificar que al halar los cables suavemente no se suelten de los terminales. |

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>31 de 38  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| 3 | Verificación del estado de los sellos. | <p>Verificar el estado de los sellos identificando alguno de los casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sello roto o abierto</li> <li>• Sello deformado</li> <li>• Sello manipulado</li> <li>• Sello con elemento extraño</li> <li>• Sello no existe</li> </ul> |
|---|--|--|

### 9.1.2.5 Panel o tablero

**Tabla 8.** Actividades que implica la inspección física y visual de un panel o tablero

|   | Actividades                                     | Descripción  |
|---|---|--|
| 1 | Verificación de la integridad física            | Observar que no presente daños visibles, piezas flojas o sueltas, ni partes oxidadas. Cuando un tablero presenta estas condiciones se debe proceder a solucionarlas de acuerdo con la necesidad  |
| 2 | Verificación del estado de los sellos.          | <p>Verificar el estado de los sellos identificando alguno de los casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sello roto o abierto</li> <li>• Sello deformado</li> <li>• Sello manipulado</li> <li>• Sello con elemento extraño</li> <li>• Sello no existe</li> </ul> |
| 3 | Verificar la acumulación de suciedad y polución | Retirar el polvo, limpiar el gabinete, limpiar las entradas de ventilación natural   |

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>32 de 38  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| 4 | Verificación del estado de las terminales            | Ajuste y reapriete de terminales   |
| 5 | Verificaciones de los conductores de puesta a tierra | Verificar que los conductores de tierra estén bien ajustados o apretados<br><br>Verificar la continuidad de los conductores de tierra y el tablero |
| 6 | Verificación de puertas y cerraduras                 | Verificar y ajustar puertas y cerraduras   |

### 9.1.3 Calibración de los transformadores de medida y los medidores de energía

#### 9.1.3.1 Transformadores de medida.

A los transformadores de tensión y corriente solo realiza calibración, en algunas de las siguientes situaciones:

- Antes de la puesta en servicio (artículo 11 de la Resolución CREG 038 de 2014).
- Después de cualquier reparación que implique cambio o desarme de partes internas del transformador para corroborar que mantienen sus características metrológicas (artículo 11 y Literal h del Anexo 2 de la Resolución CREG 038 de 2014).
- Pasados 18 meses desde la fecha de calibración y previo a la puesta en servicio, para el caso de los transformadores de tensión y de corriente con tensión nominal  $\leq 35$  kV (Literal g del Anexo 2 de la Resolución CREG 038 de 2014).

#### 9.1.3.2 Medidores de energía

Como parte del mantenimiento preventivo del sistema de medición, los medidores de energía deben ser calibrados de acuerdo con las condiciones señaladas en el artículo 11 y 28 de la Resolución CREG 038/2014.

Otras intervenciones que conllevan a la calibración inmediata de los medidores son:

- Antes de la puesta en servicio (artículo 11 de la Resolución CREG 038 de 2014).
- “Cuando por alguna circunstancia se encuentren rotos o manipulados los sellos de seguridad instalados en los medidores, estos elementos del sistema de medición deben

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>33 de 38  |

ser sometidos a calibración de acuerdo con lo establecido en el artículo 11 de la presente resolución, siempre y cuando el sello roto o manipulado permita la alteración del funcionamiento del equipo”. artículo 27 parágrafo 2 Resolución CREG 038 de 2014).

- Por modificación de la programación que afecte la calibración del medidor (artículo 32 de la Resolución CREG 038 de 2014).

#### 9.1.4 Frecuencia de ejecución del mantenimiento preventivo a los sistemas de medición

El artículo 28 de (CREG, 2014), establece las frecuencias de mantenimiento para los sistemas de medición, de acuerdo con el tipo de punto de medición. En la **Tabla 9** *Error! No se encuentra el origen de la referencia.* se muestra la frecuencia en años para cada punto.

**Tabla 9.** Frecuencias de mantenimiento del sistema de medición (CREG, 2014).

| Tipos de puntos de medición | Frecuencia [años] |
|-----------------------------|-------------------|
| 1                           | 2                 |
| 2 y 3                       | 4                 |
| 4 y 5                       | 10                |

## 9.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN

El mantenimiento predictivo de los sistemas de medición, busca hacer un diagnóstico que permita predecir la falla del sistema, es decir, predecir el momento en el que el sistema de medición pierde su función.

El mantenimiento predictivo de los sistemas de medición, está dividido en dos componentes:

- El uso de algunas técnicas de diagnóstico del mantenimiento predictivo, para monitorear variables que afectan la vida útil y el desempeño de los elementos del sistema de medición.
- La verificación del error de relación y el desplazamiento de fase por medio de la ejecución de las pruebas de rutina a los transformadores de medida.

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
|   |  | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm  | PÁGINA:<br>34 de 38  |

## 9.2.1 Técnicas de diagnóstico

Los sistemas de medición se deben inspeccionar por medio de un análisis basado en síntomas. Donde los principales factores a monitorear son:

- La temperatura de operación
- Los ruidos perceptibles y no perceptibles

Los análisis que se realicen para hacer seguimiento a estos factores deben siempre considerar las condiciones estándares de servicio, tales como, la altura sobre el nivel del mar, temperatura ambiente máxima, las cuales generalmente están definidas como 1000 msnm y 40 °C respectivamente. Otras consideraciones que se deben tener en cuenta son las características particulares del sitio de instalación de los equipos, tales como, altura sobre el nivel del mar, grado de polución, nivel disruptivo del aire, grado de humedad, radiación solar, entre otros.

### 9.2.1.1 Termografía infrarroja

La temperatura de operación de los equipos, puede ser monitoreada haciendo uso de la técnica de termografía infrarroja, esta técnica permite determinar de forma instantánea puntos con temperaturas por fuera del estándar de funcionamiento del equipo. Por otra parte, permite hacer un análisis de tendencias, en el cual se puede hacer seguimiento a las variaciones en temperatura de operación de los equipos en el tiempo.

### 9.2.1.2 Análisis de ultrasonido

El análisis por ultrasonido está basado en el estudio de las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por los equipos cuando presentan algún tipo de problema. Las ondas de ultrasonido tienen la capacidad de atenuarse muy rápido debido a su corta longitud, esto facilita la detección de la fuente que las produce a pesar de que el ambiente sea muy ruidoso (Olarte, Técnicas de Mantenimiento Predictivo Utilizadas en la Industria, 2010).

La técnica del Ultrasonido, puede ser aplicada en cualquier nivel de tensión, ya que a través de está, se pueden identificar desde problemas de arco eléctrico, efecto corona, tracking, esto en media y alta tensión, hasta problemas de fugas de energía en forma de calor y malas conexiones en baja tensión.

|   |  |  |                      |                         |                     |
|---|--|--|----------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |                         |                     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |                         |                     |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |                         |                     |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm | PÁGINA:<br>35 de 38 |

### 9.2.1.3 Frecuencia para las técnicas de diagnóstico del mantenimiento predictivo

La frecuencia con la que se ejecutan las técnicas de diagnóstico del mantenimiento predictivo en los sistemas de medición será de acuerdo con lo indicado en la **Tabla 9**

### 9.2.1.4 Pruebas de rutina

Como parte del mantenimiento predictivo de los sistemas de medición, los transformadores de tensión y corriente deben ser sometidos a pruebas de rutina, de acuerdo con el procedimiento y frecuencia establecido por el Consejo Nacional de Operación (CNO) en el acuerdo 887 y sus anexos.

El alcance de las pruebas de rutina para transformadores de tensión y corriente es:

- Verificar la marcación de terminales (polaridad y conexionado).
- Determinar el error de relación y desplazamiento de fase.
- Medir la carga o burden del núcleo de medida asociado con el punto de medición de la frontera comercial.

Los métodos, el procedimiento, el límite máximo permisible LMP (valores de referencia), y demás consideraciones para la ejecución de las pruebas de rutina in Situ, se detallan en el anexo 1 y 2 del acuerdo 887 del C N O.

### 9.2.1.5 Frecuencia para las pruebas de rutina

La frecuencia con la que se ejecutan las pruebas de rutina a los transformadores de medida será de acuerdo con lo indicado en la **Tabla 10**

Tabla 10. Frecuencias prueba de rutina para transformadores de medida en desarrollo de los mantenimientos del sistema de medición (CNO, 2016).

| Punto de medida | Frecuencia máxima (años) |
|-----------------|--------------------------|
| 1,2,3,4 y 5     | 12                       |

|   |  |  |                      |                         |                     |
|---|--|--|----------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |                         |                     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |                         |                     |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |                         |                     |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm | PÁGINA:<br>36 de 38 |

### 9.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN

El mantenimiento correctivo en los sistemas de medición, se concibe cuando se requiere realizar el cambio o reposición de uno de los elementos que lo componen.

Las acciones correctivas en los sistemas de medición dependerán del diagnóstico y los datos recopilada en el mantenimiento preventivo y predictivo, los cuales deben permitir establecer el momento óptimo para hacer el reemplazo o reposición de los componentes del sistema de medición.

La política de mantenimiento correctivo en los sistemas de medición es hacer el reemplazo o cambio de los componentes que integran el sistema, en el momento en que pierdan su función o estén próximos a perder su función, de acuerdo con el análisis y la planeación de las intervenciones de mantenimiento.

### 10 VERIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

La ejecución de las diferentes tareas de mantenimiento, debe ser finalizada con la entrega los informes técnicos. El informe técnico debe contener toda la información que requiera el sistema de gestión de información y/o la hoja de vida del sistema de medición.

Los informes técnicos de resultados, donde se deben consignar de forma amplia y descriptiva el resultado final y los hallazgos encontrados durante la ejecución de las tareas de mantenimiento, adicionalmente el informe debe tener el análisis de los resultados, recomendaciones y fotos o evidencia fotográfica de los hallazgos.

Todos los documentos deben ser firmados por el profesional responsable de la ejecución de dichas tareas de mantenimiento.

La ejecución de las pruebas de rutina, se finalizará únicamente por medio de un informe técnico, donde se indique los resultados de las pruebas de rutina, de acuerdo a lo establecido en el anexo 1 y 2 del Acuerdo 877 del C N O.

Este informe técnico debe contener como mínimo la siguiente información.

- Información general, como fecha de la verificación, fecha de emisión del informe, número de informe y/o acta, nombre de la compañía, nombre de la frontera y su ubicación.
- Información técnica de los transformadores de medida. Números de serie, marcas, modelos, tipo, clase de exactitud, relaciones de tensiones y corrientes, entre otra información.
- Método de prueba utilizado

|   |  |  |                      |                         |                     |
|---|--|--|----------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |                         |                     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |                         |                     |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |                         |                     |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       | UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm | PÁGINA:<br>37 de 38 |

- Copia del certificado de calibración del equipo patrón utilizado.
- Magnitudes eléctricas medidas.
- Diagrama de conexiones.
- Resultados de las pruebas de rutina.
- Evaluación de los resultados de las pruebas de rutina.
- Resultados de la verificación visual y fotografías del estado inicial y final.
- Firma de quienes realizaron la verificación, elaboración y aprobación del informe.

|   |  |  |                      |
|---|--|--|----------------------|
| <b>ENERGÍA</b>  | <b>NORMA TÉCNICA</b>   | <b>RA8-070</b>   | REV.<br><b>0</b>     |
|  | <b>NORMA TÉCNICA GENERAL PARA EL<br/>MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS<br/>DE MEDICIÓN DEL GRUPO EPM</b> | ELABORÓ:<br>GJRC   | REVISÓ:<br>RHOT      |
|   |  | APROBÓ:<br>LFAG  | FECHA:<br>2017/01/23 |
| CENTROS DE EXCELENCIA TÉCNICA<br>UNIDAD NORMALIZACIÓN Y ESPECIFICACIONES            | ANSI<br>A  |  | ESCALA:<br>N/A       |
| UNIDAD DE MEDIDA:<br>mm   |  | PÁGINA:<br>38 de 38  |                      |