



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN MEDIDORES DE  
ENERGÍA DEL TIPO ELECTRÓNICO DOMICILIARES**

**José Daniel Cheley de León**

Asesorado por el Ing. Helmunt Federico Chicol Cabrera

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN MEDIDORES DE  
ENERGÍA DEL TIPO ELECTRÓNICO DOMICILIARES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JOSÉ DANIEL CHELEY DE LEÓN**

ASESORADO POR EL ING. HELMUNT FEDERICO CHICOL CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELÉCTRICO**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Adolfo René Hernández Hernández
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN MEDIDORES DE ENERGÍA DEL TIPO ELECTRÓNICO DOMICILIARES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 2 de abril de 2013.



**José Daniel Cheley de León**

Guatemala, 20 de mayo de 2013

Ingeniero  
Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador del Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Guzmán:

De acuerdo con la designación hecha por la Dirección de la Escuela, me permito informarle que he tenido bien asesorar el trabajo de graduación titulado **"DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN MEDIDORES DE ENERGÍA DEL TIPO ELECTRÓNICO DOMICILIARES"** siendo el tema desarrollado por el estudiante **José Daniel Cheley de León**, encontrándolo satisfactorio, por lo que resuelvo dar mi aprobación al mismo, remitiéndole a la Coordinación para el trámite pertinente.

Por tanto, el autor de éste trabajo de graduación y, yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



HELMUNT FEDERICO CHICOL CABRERA  
INGENIERO ELECTRONICO  
COLEGIADO No. 7350

Ing. Helmut Federico Chicol Cabrera

**ASESOR**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 42. 2013  
Guatemala, 27 de MAYO 2013.

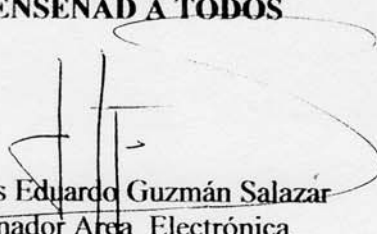
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
“DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN MEDIDORES  
DE ENERGÍA DEL TIPO ELECTRÓNICO DOMICILIARES”, del  
estudiante José Daniel Cheley de León que cumple con los requisitos  
establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar  
Coordinador Área Electrónica



S/O



REF. EIME 41. 2013.

**El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; JOSÉ DANIEL CHELEY DE LEÓN titulado: “DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN MEDIDORES DE ENERGÍA DEL TIPO ELECTRÓNICO DOMICILIARES”, procede a la autorización del mismo.**

**Ing. Guillermo Antonio Puente Romero**



**GUATEMALA, 5 DE JULIO 2,013.**

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 567 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS DE MEDIDORES DE ENERGÍA DEL TIPO ELECTRÓNICO DOMICILIARES**, presentado por el estudiante universitario **José Daniel Cheley de León**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 19 de agosto de 2013

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme la oportunidad de vivir y darme la sabiduría para concluir el presente trabajo.
<b>Mi mamá</b>	Sara Alicia de León (q.e.p.d), gracias por darme la vida y el conocimiento durante el tiempo que estuviste a mi lado.
<b>Mi papá</b>	Juan José Cheley, por guiarme en el camino correcto y enseñarme lo maravilloso de la vida.
<b>Mis hermanos</b>	Ruth Sadira Cheley de León y Erick Alejandro de León Ramírez, por su amistad y apoyo incondicional en todo momento.
<b>Mis tíos</b>	Carlos Adan, Jorge Rony y Héctor David Sierra por su cariño y apoyo.
<b>Mis primos</b>	Johanna, Sara, Laura, Sergio, Jessica, Jordi, Andrés y Santiago Sierra.
<b>Mi novia</b>	Cristina María Alejandra Morán García, por su cariño y apoyo incondicional.

**Mis amigos**

Byron Pérez, Saúl Vicente, Julio Gaitán, Luis Lepe, Daniel Godoy, Kennett Estrada, Yanuario Laj, Armando Estumer, Juan Blanco, Alan Blanco, Oscar Cerna, Bryan Villela, Rudy Franco, gracias por su amistad.

**Mi sobrino**

Diego Sebastián, por haber llenado de alegría nuestras vidas.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme siempre lo necesario para desarrollarme como persona y darme el conocimiento para realizar este trabajo.
<b>Mis padres</b>	Quienes con sus ejemplos me han instruido desde pequeño para ser un buen ciudadano.
<b>Mi familia</b>	Por brindarme todo su apoyo y colaboración incondicionalmente.
<b>Todos mis maestros y catedráticos</b>	Por compartirme sus valiosos conocimientos.
<b>Mis amigos</b>	Por todos los buenos momentos compartidos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. GENERALIDADES DEL MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	1
1.1. ¿Qué es un medidor de energía? .....	1
1.2. Tipos de medidores de energía .....	2
1.2.1. Contadores de energía activa .....	3
1.2.1.1. Contador monofásico .....	3
1.2.1.2. Contador trifásico .....	4
1.2.1.3. Contador de doble y triple tarifa .....	5
1.2.2. Contadores de energía reactiva.....	5
1.3. Características básicas de los medidores.....	6
1.3.1. Clase de precisión .....	7
1.3.2. Error de precisión .....	7
1.4. Estructura de un medidor de energía.....	7
1.4.1. Salidas adicionales .....	10
1.4.2. Fuentes de alimentación.....	11
1.5. Funcionamiento de un medidor.....	12
1.5.1. Características del chip de medición .....	14
1.6. Registro de medidas .....	14
1.7. Unidades de medidas eléctricas .....	18

1.8.	Medidor electrónico .....	18
1.8.1.	Modos de operación .....	19
1.8.1.1.	Modo normal .....	19
1.8.1.2.	Modo alterno .....	19
1.8.1.3.	Modo de prueba .....	20
1.8.1.4.	Modo error .....	20
1.9.	Despliegue de información en medidores electrónicos .....	20
2.	DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS .....	25
2.1.	¿Qué es una falla? .....	25
2.2.	Tipos de falla .....	25
2.3.	Códigos de error y de alerta .....	27
2.3.1.	Códigos de alerta .....	28
2.3.1.1.	Despliegue de alertas .....	29
2.3.2.	Códigos de precaución.....	32
2.3.3.	Códigos de error (Er).....	33
2.3.4.	Diagnósticos (Diag) .....	37
2.4.	Causas de una falla.....	39
2.5.	Consecuencias de una falla.....	39
2.6.	Métodos de detección de fallas .....	39
2.6.1.	Verificación de tensión de servicio .....	39
2.6.2.	Verificación de corriente .....	40
2.6.3.	Monitoreo de calidad de servicio .....	40
3.	DESCRIPCIÓN DE LAS CORRECCIONES DE FALLAS .....	45
3.1.	Instrumentos para corrección de fallas .....	45
3.1.1.	Equipos y materiales .....	45
3.1.2.	Operaciones previas .....	48
3.2.	Ventajas de la corrección de fallas .....	51

3.3.	Metodología para corrección de fallas. Proceso de calibración .....	51
3.3.1.	Toma y tratamiento de datos .....	53
	CONCLUSIONES .....	57
	RECOMENDACIONES .....	59
	BIBLIOGRAFÍA .....	61
	ANEXOS .....	63



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Descripción de los segmentos de la pantalla LCD.....	10
2.	Diagrama de funcionamiento de un medidor.....	12
3.	Diagrama unifilar de la conexión de un medidor electrónico.....	13
4.	Pulso de salida para interfase directa del motor contador de pasos....	14
5.	Medidor electrónico marca General Electric.....	22
6.	Falla de corto circuito de fase a neutro.....	26
7.	Falla de corto circuito de fase a tierra.....	27
8.	Sistema de medida.....	47
9.	Diagrama de conexiones.....	51
10.	Diagrama de flujo sobre la metodología en la detección de fallas.....	56

### TABLAS

I.	Características básicas de los medidores.....	7
II.	Características de los medidores disponibles en el mercado.....	16
III.	Códigos de alerta del medidor ALPHA Power+.....	29
IV.	Descripción de los códigos de precaución.....	33
V.	Códigos de error del medidor ALPHA Power+.....	33
VI.	Descripción de los diferentes diagnósticos existentes.....	37
VII.	Errores en servicio eléctrico.....	38
VIII.	Características del analizador de calidad de energía monofásico.....	42
IX.	Modelo para toma de datos.....	54
X.	Modelo para toma de datos sin lecturas L.....	55





## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>F</b>	Código de alerta
<b>Ca</b>	Código de precaución
<b>Kh</b>	Constante del disco
<b>CA</b>	Corriente alterna
<b>I<sub>R</sub></b>	Corriente de entrada
<b>I<sub>s</sub></b>	Corriente de salida
<b>CD</b>	Corriente directa
<b>E</b>	Energía
<b>Ap</b>	Energía eléctrica activa
<b>Aq</b>	Energía eléctrica reactiva
<b>E</b>	Error
<b>Er</b>	Error relativo
<b>H</b>	Hora
<b>Z</b>	Impedancia de carga (LOAD)
<b>I</b>	Intensidad
<b>IC</b>	Intervalo de confianza
<b>Kw</b>	Kilovatio (mil vatios)
<b>Kwh</b>	Kilovatio hora
$\phi$	Letra griega fi que representa un ángulo
<b>Mw</b>	Megavatio
<b>mA</b>	Miliamperio
<b>%</b>	Porcentaje
<b>P</b>	Potencia activa del sistema

<b>S</b>	Potencia aparente
<b>Q</b>	Potencia reactiva
<b>t</b>	Tiempo (minutos / segundos)
<b>W</b>	Vatio (vatio, potencia)
<b>R</b>	Voltaje de entrada
<b>S</b>	Voltaje de salida
<b>Vrs</b>	Voltaje entre fases
<b>Var</b>	Voltamperios
<b>Vah</b>	Voltamperios hora
<b>Var</b>	Voltamperios reactivos hora
<b>V</b>	Voltio

## GLOSARIO

<b>Amperio</b>	Unidad de medida de la corriente eléctrica, que debe su nombre al físico francés André Marie Ampere, y representa el número de cargas (coulombs) por segundo que pasan por un punto de un material conductor. (1Amperio = 1 coulomb/segundo).
<b>Bobina</b>	Arrollamiento de un cable conductor alrededor de un cilindro sólido o hueco, con lo cual y debido a la especial geometría obtiene importantes características magnéticas.
<b>Calibración</b>	Ajuste de un dispositivo de forma que su salida se encuentre dentro de un rango específico para determinados valores de entrada.
<b>Corriente eléctrica</b>	Es la tasa de flujo de carga que pasa por un determinado punto de un circuito eléctrico, medido en culombios/segundo.
<b>Corriente eléctrica alterna</b>	El flujo de corriente en un circuito que varía periódicamente de sentido. Se le denota como corriente AC (Altern current) o CA (Corriente alterna).

<b>Distribución</b>	Incluye el transporte de electricidad de bajo voltaje (generalmente entre 120 Volt. y 34.500Volt) y la actividad de suministro de la electricidad hasta los consumidores finales.
<b>Electricidad</b>	Fenómeno físico resultado de la existencia e interacción de cargas eléctricas. Cuando una carga es estática, esta produce fuerzas sobre objetos en regiones adyacentes y cuando se encuentra en movimiento producirá efectos magnéticos.
<b>kilo</b>	Prefijo que implica (1) multiplicar por mil el valor correspondiente.
<b>kVA</b>	1) Potencia aparente expresada en mil Voltio-Amperios. 2) El Kilovoltio-Amperio designa la potencia de salida que puede generar un transformador a tensión y frecuencia nominales, sin superar un aumento de temperatura determinado. También puede ser medida en flujo de potencia reactiva y se produce cuando la tensión y la corriente no están totalmente sincronizados o en fase.
<b>kW</b>	Potencia activa o efectiva expresada en kilovatios (kW).

<b>kWh</b>	Kilovatio-hora, uso de mil vatios durante una hora.
<b>Potencia activa</b>	Término utilizado para potencia cuando es necesario distinguir entre potencia aparente, potencia compleja y sus componentes, y potencia activa y reactiva.
<b>Potencia aparente (voltio-amperios)</b>	Producto de la tensión y la corriente aplicada en un circuito de corriente alterna. La potencia aparente, o voltio-amperios, no es la potencia real del circuito ya que en el cálculo no se considera el factor de potencia.
<b>Precisión de comprobador</b>	La precisión de un comprobador digital se define como la diferencia entre la lectura mostrada y el valor real de una cantidad medida en condiciones de referencia. La precisión se especifica con el formato: ( $\pm xx\%$ rdg $\pm xx$ dgt). La primera parte indica un porcentaje de error relacionado con la lectura, que indica que es proporcional a la entrada. La segunda parte es un error, en dígitos, que se mantiene constante independientemente de la entrada. Ltr implica lectura y dgt dígitos. Dgt indica el número de cuentas del último dígito significativo de la pantalla digital y normalmente se utiliza para representar un factor de error de un comprobador digital.

<b>Voltio</b>	Es la unidad de fuerza que impulsa a las cargas eléctricas a que puedan moverse a través de un conductor. Su nombre, voltio, es en honor al físico italiano, profesor en Pavia, Alejandro Volta quien descubrió que las reacciones químicas originadas en dos placas de zinc y cobre sumergidas en ácido sulfúrico originaban una fuerza suficiente para producir cargas eléctricas.
<b>VA</b>	1) Capacidad eléctrica o carga eléctrica, expresada en voltios*amperios. 2) Voltio Amperio designa la potencia de salida que puede entregar un transformador a tensión y frecuencia nominal, sin superar un aumento de temperatura determinado. También puede ser usado para identificar los voltio amperio reactivo (VAR)
<b>VAR</b>	Voltio amperio reactivo.
<b>Vatio-hora</b>	Unidad de trabajo igual a la potencia de un vatio funcionando durante una hora. 2) 3.600 julios.
<b>Voltímetro</b>	Es un instrumento utilizado para medir la diferencia de voltaje de dos puntos distintos y su conexión dentro de un circuito eléctrico es en paralelo.

**Watt**

Es la unidad de potencia de un elemento receptor de energía (por ejemplo una radio, un televisor). Es la energía consumida por un elemento y se obtiene de multiplicar voltaje por corriente.





## RESUMEN

En este trabajo se plantea una metodología para localizar de forma eficiente las causas del por qué ocurren fallas en el funcionamiento de los medidores electrónicos; dando a conocer los diferentes tipos de errores, alertas y diagnósticos que la pantalla de un medidor electrónico despliega.

En el capítulo I se presentan las generalidades de un medidor de energía eléctrica de dos diferentes tipos de construcción como lo es el medidor de tipo electromecánico y de tipo electrónico, siendo este último el que se desarrollará con mayor profundidad. Refiriéndose a temas como por ejemplo: los modos de operación de los contadores de energía de tipo electrónico y los despliegues de información de estos.

En el capítulo II se desarrolla la temática de las fallas comenzando con la definición de una falla en el medidor electrónico, las causas y consecuencias que la ocasionan y los métodos para la detección de las mismas.

En el capítulo III se encuentra la descripción de las fallas que fueron descritas en el capítulo anterior con el desarrollo de un esquema de metodología para detección de fallas y el posterior proceso de corrección de la misma.

A pesar de la facilidad para la toma de datos desplegados también están expuestos a sufrir fallas en su funcionamiento, las cuales son ocasionadas por causas en el sistema eléctrico, que llegan a repercutir en un mal despliegue de información que es de suma importancia para las distribuidoras de energía.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Describir la detección de fallas que existen en los medidores de energía electrónicos así como las metodologías de cómo corregirlos.

### **Específicos**

1. Presentar las generalidades del medidor de energía eléctrica.
2. Describir las causas de las fallas que existen en los medidores de energía de tipo electrónicos.
3. Describir el procedimiento para la corrección de las fallas en los medidores de energía de tipo electrónicos.



## INTRODUCCIÓN

En este documento se muestra una compilación de las diferentes fallas, errores y mensajes de advertencia cuando se provoca un error en el sistema; una falla es producto de una alteración en el sistema eléctrico que alimenta el medidor de energía ocasionando que despliegue una alerta que dependerá de la fuente que la provoque, puede ser un defecto que suceda en el sistema que distribuye energía al contador o un problema en la instalación del usuario propietario del medidor mencionando como por ejemplo el mal funcionamiento de algún equipo en la instalación.

Posterior al despliegue de la alerta por parte del medidor, se desarrolla la metodología que se utilizará para la detección que originó el problema en el funcionamiento interno del medidor y esto se interpreta con la ayuda de códigos ya preestablecidos para los modelos que aquí se desarrollan y que existen en la actualidad.

Asimismo, incluye la metodología a utilizar para efectuar las correcciones necesarias en el medidor de energía con el objetivo de recuperar el funcionamiento sin ninguna anormalidad y de forma eficiente.



# 1. GENERALIDADES DEL MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA

## 1.1. ¿Qué es un medidor de energía?

El sistema eléctrico, necesita de una serie de aparatos de medida y control que indiquen la energía consumida en kWh y la potencia demandada en kW. Los elementos que integran un equipo de medida definitivo son:

- Transformadores de medida
- Contador
- Registrador
- Sistema de comunicaciones

El contador de energía eléctrica es el aparato que contabiliza esta energía en las líneas y redes de corriente alterna, tanto monofásica como trifásicas. De los diferentes tipos de contadores de energía eléctrica para corriente alterna, el contador de inducción es el de mayor aplicación en las instalaciones eléctricas de viviendas y edificios.

Se puede hacer una clasificación de los contadores:

- Contador de energía activa: este contador registra la cantidad de energía activa que las empresas suministradoras entregan al abonado. La unidad de medida es el kilovatio hora (kW/h.)



- Contador de energía reactiva: si en la instalación del abonado hay receptores de carácter inductivo, se usa el contador de energía reactiva para calcular el factor de potencia medio de la instalación. La unidad: kilovoltiamperio reactivo hora (kVAR/ h).

Los contadores utilizados para registrar el consumo de energía eléctrica tienen que cumplir condiciones muy estrictas en cuanto a la construcción, precisión, elevada estabilidad mecánica, facilidad de ajuste y rapidez de montaje, reguladas por el reglamento de verificaciones eléctricas.

Si se aplican los complementos de discriminación horaria se necesitan contadores con integradores múltiples, y si las potencias contratadas son muy elevadas serán necesarios transformadores de intensidad.

El conjunto de aparatos para un solo usuario se denomina equipo de medida y deben estar verificados por el INM, que es el Instituto Nacional de Metrología. Los contadores llevan una chapa característica donde se indican todos los datos relativos al mismo.

En la actualidad, se utilizan los contadores múltiples, donde un mismo aparato realiza todas las funciones que se describen a continuación por separado, las medidas de potencia activa y reactiva, el valor máximo y lleva incluido un reloj programador que es capaz de almacenar los datos de las lecturas.

## **1.2. Tipos de medidores de energía**

Un medidor de energía eléctrica se puede clasificar de acuerdo al tipo de construcción, conexiones internas y el tipo de servicio en donde; existen

medidores electromecánicos y los electrónicos; los concéntricos y excéntricos y los medidores monofásicos de dos, tres y cuatro hilos.

### **1.2.1. Contadores de energía activa**

Son los aparatos encargados de medir el consumo de energía eléctrica que se expresa en kWh. Dependiendo del suministro, habrá contadores monofásicos o trifásicos, así como contadores para discriminación horaria (doble o triple tarifa).

Cumplirá una serie de requerimientos mínimos:

- El sistema de medida empleado será de cuatro hilos
- El registro de energía activa será realizado en todos los sentidos en que sea posible la circulación de energía, siendo opcional el emplear para ello uno o más aparatos, según convenga.

#### **1.2.1.1. Contador monofásico**

Está basado en el principio de funcionamiento de Ferrari. Los elementos fundamentales de que consta todo contador son:

- Circuito magnético de tensión, o bobina voltimétrica
- Circuito magnético de intensidad, o bobina amperimétrica
- Disco giratorio de aluminio
- Dispositivo de frenado o imán permanente
- Dispositivo contador numérico, integrador o totalizado

La bobina voltimétrica se conecta en paralelo con el circuito, produciendo un campo magnético proporcional a la tensión y la bobina amperimétrica en serie con el circuito a medir, produciéndose otro campo proporcional a la intensidad.

El vector tensión y el vector intensidad están desfasados  $90^\circ$  para poder medir la energía activa.

Los dos campos magnéticos que generan las bobinas atraviesan el disco de aluminio, creando un par de fuerzas que hacen girar el disco en un sentido determinado. La cantidad de vueltas que da dicho disco es proporcional al par de fuerzas y al tiempo transcurrido.

El eje del disco está unido a un tornillo sin fin que transmite el giro al totalizador mediante ruedas dentadas. El dispositivo de frenado evita que se acelere el disco y hace que se pare cuando no pasa corriente por la bobina de intensidad.

El totalizador o integrador registra las vueltas del disco y los transforma en saltos de numeración. Cuando se producen un número de vueltas determinado en el disco, salta un número en el totalizador.

#### **1.2.1.2. Contador trifásico**

Se puede considerar compuesto por tres sistemas monofásicos, es decir, con tres bobinas voltimétricas y tres bobinas amperimétricas conectadas en estrella.

### **1.2.1.3. Contador de doble y triple tarifa**

Son contadores monofásico o trifásico que tiene dos o tres totalizadores numéricos respectivamente a diferente altura, para medir dos o tres consumos. Dentro del contador hay un mecanismo electromagnético que se acciona por un sistema de relojería, que conecta o desconecta los integradores según la hora programada en el reloj.

Dependiendo de la franja horaria en la que se esté en ese momento, se accionará el totalizador correspondiente. En el caso de doble tarifa una de ellas indica reposo y la otra excitación (llano y punta respectivamente) y en las de triple tarifa se diferencia llano, valle y punta. A la hora de contar el consumo total, se tendrá en cuenta lo que indiquen cada uno de los totalizadores y multiplicarlo por el coste por kWh de cada una de las franjas horarias.

### **1.2.2. Contadores de energía reactiva**

Son los aparatos encargados de medir la energía reactiva de una instalación. Pueden ser monofásicos o trifásicos. El principio de funcionamiento así como los elementos que lo componen son similares a los del contador de activa, si bien la bobina amperimétrica y la voltimétrica están desfasadas varios grados dependiente del esquema de conexión, para poder medir la componente vertical de la energía aparente.

Hay varios sistemas para conseguirlo, pero el más usual es colocar una resistencia pura sobre las bobinas de tensión y de intensidad.

Cumplirá una serie de requerimientos mínimos:

- El sistema de medida empleado será de cuatro hilos
- El registro de energía reactiva será realizado en todos los cuadrantes en los que sea posible la circulación de energía, siendo opcional el emplear para ello uno o más aparatos, según convenga.

### **1.3. Características básicas de los medidores**

En función de la clasificación de los puntos de medida, establecida en el reglamento al que complementan estas instrucciones técnicas, será obligatoria una precisión determinada para los equipos de medida. La legislación asigna al consumidor cualificado la responsabilidad de instalación de los equipos de medida y de comunicación de dicha medida al operador del sistema. Asimismo, la regulación clasifica los puntos de medida en tipos y determina las características para cada caso:

- Tipo 1: son aquellos cuya energía intercambiada anual sea igual o superior a 5 GWh, o cuya potencia contratada sea igual o superior a 10 MW.
- Tipo 2: son aquellos cuya energía intercambiada anual sea igual o superior a 750 MWh, o cuya potencia contratada sea igual o superior a 1500 KW.
- Tipo 3: resto de puntos

Las características de estos elementos se detallan en las instrucciones técnicas complementarias (Orden de 12/04/99), y pueden resumirse en la siguiente tabla:

Tabla I. **Características básicas de los medidores**

Tipo de punto	Sistema de Medida	Transformadores		Contadores	
		Tensión	Intensidad	Activa	Reactiva
1	4 hilos	0.2	0.2 S	<0.2S	<0.5
2	4 hilos	< 0.5	<0.5 S	<0.5S	<1
3	4 hilos	1	1S	<1S	<2

Fuente: BOE. Ministerio de Industria y Tecnología 8867 Orden 12/4/99.

### 1.3.1. Clase de precisión

La clase de precisión de un transformador o aparato de medida se designa por un número (índice de clase) igual al límite superior del error de la magnitud medida admisible, expresado en porcentaje, para la magnitud primaria asignada y la carga de precisión. La definición de clase de precisión está recogida en las normas CEI 50 (UNE 21 302-32)

### 1.3.2. Error de precisión

Es el error equivalente a la clase de precisión acreditada para un aparato de medida en una calibración o en un ensayo de fabricante.

## 1.4. Estructura de un medidor de energía

Los componentes electrónicos del contador se encuentran bajo la placa de características. Todos los elementos del esquema electrónico están montados sobre una tarjeta utilizando tecnología de montaje superficial. Más adelante

están descritos los principios de funcionamiento del contador así como los componentes principales del mismo.

- Circuitos de medida: la corriente se mide utilizando transformadores precisos de corriente y la tensión utilizando divisores resistivos de tensión. Las señales análogas recibidas por circuitos de medida se transmiten al microcontrolador del contador.
- Microcontrolador: los valores instantáneos de las señales análogas proporcionales a tensión y corriente en los cambiadores del microcontrolador se convierten en las señales de códigos. El microcontrolador multiplica los valores instantáneos de corriente y tensión y cada segundo calcula la potencia instantánea. Integrando la secuencia de los valores de potencia  $P(t)$  se calcula energía consumida (kWh).

El programa que controla el trabajo del contador se guarda en la memoria interna del microcontrolador del tipo ROM. El microcontrolador del contador también controla la pantalla LCD, interfaces de comunicación, salidas óptica, óptica-electrónica y de relé, entrada en vigencia de las tarifas, recibe y procesa las señales del fotosensor y los sensores del campo magnético.

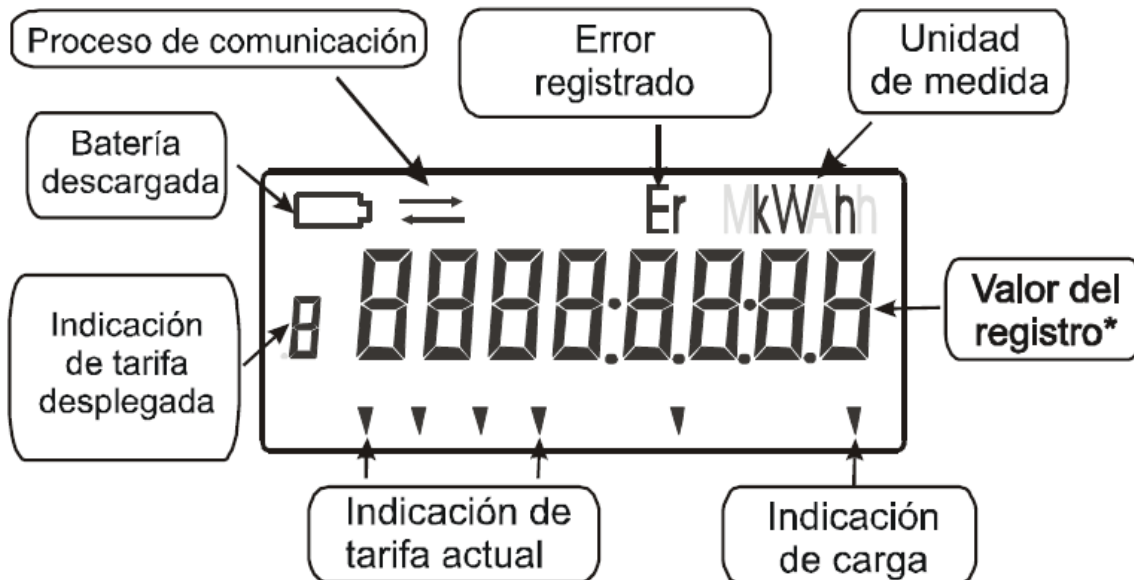
- Reloj interno: el microcontrolador del contador cuenta con un reloj interno de tiempo real estabilizado por un resonador de cuarzo. El reloj mide el tiempo (horas, minutos, segundos), fecha (año, mes, día), discrimina los días laborales y fines de semana así controla el modulo de tarifas del contador. Al desconectar la tensión el reloj se alimenta de la batería de litio.

El reloj del contador puede realizar el cambio automático de horario de invierno al horario de verano y viceversa. La fecha y la hora del cambio se programan en el contador al parametrizarlo. Las posibles variantes de cambio de horario invierno/verano son las siguientes:

- Cuando al programar el contador se especifican el mes, el día y la hora del cambio, entonces a la hora, día y mes especificados el reloj realiza el cambio del horario.
  - Cuando al programar el contador se especifica solamente el mes del cambio, entonces el horario de invierno entra en vigencia el último domingo del mes indicado adelantando el reloj por una hora a las 2 horas de la madrugada y el horario de verano entrará en vigencia el último domingo del mes seleccionado a las 3 horas de la madrugada retrasando el reloj por una hora.
  - Cuando la fecha y hora del cambio no se especifica entonces el cambio de horario está desactivado y no se realiza.
- Pantalla de cristal líquido (LCD): en el contador hay una pantalla de cristal líquido con 144 segmentos manejables. La pantalla de cristal líquido del contador permite desplegar todos los datos acumulados por el contador y las constantes de la parametrización programadas. La colocación de los segmentos manejables y sus funciones están presentadas en la figura 1. Los esquemas detallados de la presentación de información en la pantalla LCD los pueden encontrar en la sección 6 del este manual.
  - El esquema de alimentación de la pantalla asegura su correcto funcionamiento en el rango de temperaturas entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $+65^{\circ}\text{C}$ .



Figura 1. Descripción de los segmentos de la pantalla LCD



Fuente: [http://www.elgama.eu/templates/files/tiny\\_mce/User%20manuals/GEM\\_SP\\_3.1.pdf](http://www.elgama.eu/templates/files/tiny_mce/User%20manuals/GEM_SP_3.1.pdf).

Consulta: 1 de mayo de 2013.

#### 1.4.1. Salidas adicionales

- Salida óptica de impulsos (LED rojo): en el centro de la tapa del contador hay un diodo rojo que emite los impulsos luminosos con frecuencia proporcionales a la energía consumida y generada. La constante del contador (2000 imp/kWh) y la duración del impulso (30 ms) se programan en la fábrica.
- Salida de impulsos optoelectrónica S0: el contador tiene una salida optoelectrónica para la transmisión de las señales de impulsos sobre la energía consumida a los equipos externos. En la salida opto-electrónica hay un transistor p-n-p con un colector abierto que por medio de

galvanización está separado del esquema del contador por el par óptico. En el momento del impulso el transistor se abre. La constante de impulsos y su duración corresponde con la constante y duración de los impulsos de LCD. La máxima tensión suministrada a la salida opto-electrónica es de 24 V, la máxima corriente conmutada es de 100 mA.

- Salida por relé: la salida por relé puede conmutar corriente de 120 mA y tensión hasta 250 V. Se puede programar la activación del relé en dos regímenes:
  - Los contactos que normalmente están desconectados se conectan durante el período de vigencia de la zona de tarifas correspondiente.
  - Los contactos que normalmente están desconectados se conectan durante dos intervalos del día programables (con el discrimen de 15 minutos).

#### **1.4.2. Fuentes de alimentación**

La fuente de alimentación asegura el trabajo del contador cuando la tensión de la red cabe en los límites de 100 a 280 V. Cuando la tensión de la red se desconecta, el microcontrolador del contador empieza a trabajar en el régimen de ahorro de energía soportado por la batería de litio. En el régimen de ahorro de energía, el reloj interno del contador mide el tiempo real y la pantalla LCD indica los datos acumulados en el régimen cíclico. Cuando la tensión de la red se conecta, la corriente de la batería de litio no se utiliza.

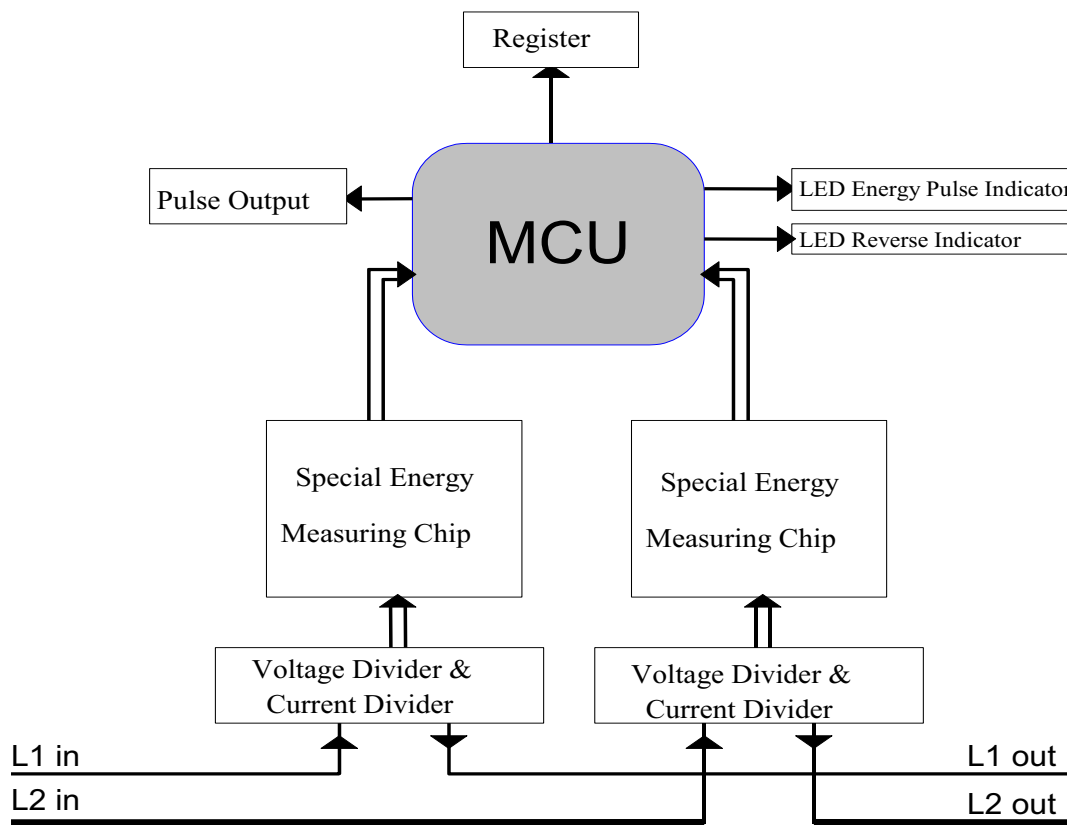
En las condiciones normales con una batería de litio y sin la tensión de la red el contador puede seguir funcionando como mínimo 5 años. Cuando los

recursos de la batería llegan a los límites críticos, en la parte derecha del LCD aparece el símbolo. Esto significa que hay que cambiar la batería.

### 1.5. Funcionamiento de un medidor

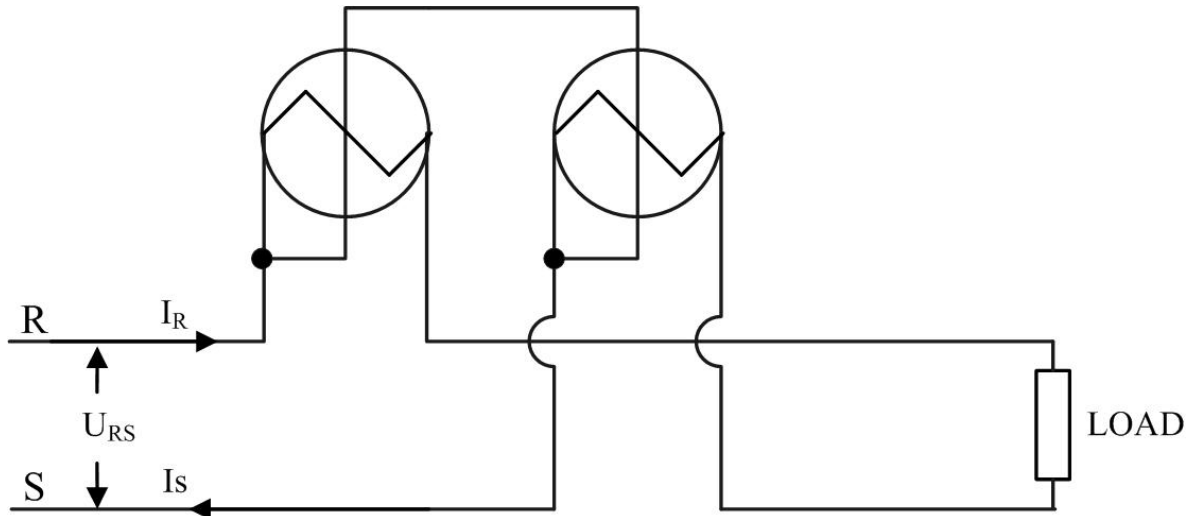
El funcionamiento de estos medidores esta principalmente basado en el circuito integrado que estos poseen, existen diferentes tipos de circuitos integrados, algunos de ellos permiten la programación para adecuarlo a las necesidades del usuario. La presentación de las mediciones se realiza en un *display* de cristal líquido (LCD), o contador ciclométrico.

Figura 2. Diagrama de funcionamiento de un medidor



Fuente: SOLÍS FARFÁN, Roberto. Mediciones Eléctricas. p. 14.

Figura 3. Diagrama unifilar de la conexión de un medidor electrónico



Fuente: SOLÍS FARFÁN, Roberto. Mediciones Eléctricas. p. 15.

La energía activa será entonces:

$$p = \frac{(V_{RS} I_R \cos \varphi)}{2} + \frac{(V_{RS} I_S \cos \varphi)}{2}$$

Como el medidor mide también la potencia en conexión inversa, es decir que la medición es unidireccional, se tiene:

$$p = \left| \frac{(V_{RS} I_R \cos \varphi)}{2} \right| + \left| \frac{(V_{RS} I_S \cos \varphi)}{2} \right|$$

El principal componente del medidor es el Microprocesador (MCU) el cual es un circuito integrado, usado para el procesamiento de datos:

La señal es recibida por el chip de medición, el cual realiza la integración de las señales de tensión y de corriente.

### 1.5.1. Características del chip de medición

- Alta exactitud con un error menor de 0.1% sobre un rango de 500 a 1
- Indicado potencia inversa

Figura 4. Pulso de salida para interfase directa del motor contador de pasos



Fuente: <http://www.ebay.es/itm/MODULO-CONTADOR-DIGITAL-PULSOS-CUENTA-ATRAS-PROGRAMABLE-AJUSTABLE-BD2158-/360638677547>. Consulta: 25 de abril de 2013.

### 1.6. Registro de medidas

Dependiendo de las características y de la calidad de los contadores realizarán una serie de medidas. Las medidas más usuales que realizan los contadores son las siguientes:

- 2 Medidas de energía activa (AE, AS)
- 4 Medidas de energía reactiva
- 2 Medidas de energía aparente (WE, WS)
- Intensidad y tensión
- Factor de potencia

Para aclarar los sentidos de energía en los puntos de medida y asegurar la homogeneidad de las medidas recibidas en el Concentrador Principal, la REE establece los sentidos en los intercambios están vistos siempre desde Alta Tensión (circulación real de energía), de modo que cada propietario de equipos de medida pueda elegir: el modo de conectar sus contadores a los transformadores de medida y las magnitudes que visualiza como entrada, salida y cada cuadrante de reactiva.

Las siglas que aparecen en los siguientes apartados corresponden a las denominaciones en el concentrador principal y son congruentes con las denominaciones en las ITC's y en el protocolo de comunicaciones entre concentradores y registradores.

Cada fabricante tiene en su haber una serie de modelos distintos que se adaptan a las distintas necesidades del mercado. Se procede a detallar una lista con algunos de los contadores trifásicos de los fabricantes más importantes con autorización de uso en España.

En ella se pueden ver algunas características, tales como el número de hilos, la precisión de la medida tanto activa como reactiva y la intensidad nominal y máxima para las que están preparados.

Tabla II. Características de los medidores disponibles en el mercado

EMPRESA					
FABRICANTES	MODELO	RED TRIFÁSICA	PRECISIÓN		In(lmax)
			Activa	Reactiva	
<b>ABB, SISTEMAS INDUSTRIALES, S.A.</b>					
ABB	AMC 1320	A 3 Y 4 HILOS	1	2	1A (6A)
ABB	AMC 1400	A 3 Y 4 HILOS	0,5 S	2	1A - 5A (2A - 5A)
ABB	PB3 A A B	A 4 HILOS	1	2	10A (100A)
ABB	PB3 F A A	A 3 Y 4 HILOS	0,5	2	5A (6A)
ABB	PM3	4 HILOS	1	2	5A (6),5 (10), 20 (100)
<b>CIRCUTOR, S.A.</b>					
CIRWATT	X05 - XT	3 Y 4 HILOS	0,5 S	2	5A (6) / 1A (1,2)
<b>ELIOP, S.A.</b>					
ELICONTAX 3	C15	4 HILOS	1	2	5A (10A)
ELICONTAX 3	C11	4 HILOS	1	2	1A (2A)
ELICONTAX 2	C25	3 Y 4 HILOS	0,5 S	2	5A (10A)
ELICONTAX 2	C21	3 Y 4 HILOS	0,5 S	2	1A (2A)
<b>LE ELECTROMATIC, S.L.</b>					
INDRA TARCON	RC 6000	4 HILOS	1	2	5A (20A)
ORBIS	ORBITAX	4 HILOS	1	2	10A (80A)
<b>SAGEM SAT IBERICA</b>					
SAGEM	CX 1000	3 HILOS	2		10A (80A)
<b>SCHLUMBERGER INDUSSES, S.A.</b>					
SCHLUMBERGER	SL761 DXXX	3 Y 4 HILOS	1	2	10A (80A)
SCHLUMBERGER	SL761 EXXX	3 Y 4 HILOS	1	2	5A (120A)
SCHLUMBERGER	SL761 BXXX	3 Y 4 HILOS	0,5 S	2	X/5A (X/1A)
SCHLUMBERGER	SL761 CXXX	3 Y 4 HILOS	1	2	X/5A (X/1A)

Fuente: Junta de Castilla-La Mancha. Contadores estáticos de energía eléctrica con autorización de uso. p. 30.

En la placa de características de un medidor de energía se indica:

- Corriente nominal ( $I_n$ ): corriente para la cual el medidor es diseñado y que sirve de referencia para la realización de ensayos y verificaciones. También se la conoce como corriente básica.
- Corriente máxima ( $I_{m\acute{a}x}$ ): es la intensidad límite, es decir, el máximo amperaje que puede ser conducido en régimen permanente por la corriente del medidor, sin que su error porcentual y temperatura admisible sean superados. Este valor de la corriente límite se indica entre paréntesis detrás de la corriente nominal  $I_n(I_{m\acute{a}x})$ ; por ejemplo: 10 (20) A, 10(40) A, 15(60) A, 15 (100)A., etc.
- Tensión nominal: tensión para la cual el medidor es diseñado y sirve de referencia para la realización de pruebas. Se debe indicar que los medidores electrónicos se diseñan con un rango de tensión sin que se vea afectado su precisión.
- Constante del disco ( $K_h$ ): expresada en Wh/revolución, es el número de vatioshora correspondientes a una revolución o vuelta completa del disco. Expresada en revolución/Kwh, es el número de revoluciones correspondiente a un KWh que debe dar el disco. En medidores electrónicos, esta constante viene expresada en Wh/pulso.
- Clase de precisión: es el valor máximo del error de medición expresado en porcentaje para el cual fue diseñado el medidor dentro del rango 10% de corriente nominal y su corriente máxima.



## 1.7. Unidades de medidas eléctricas

Voltaje: es la energía necesaria para poner en movimiento los electrones

Símbolo V

Unidad voltio (V)

Instrumento de medida voltímetro

Intensidad: es la cantidad de electrones que circulan por segundo en un circuito eléctrico

Símbolo I

Unidad amperio (A)

Instrumento de medida amperímetro

Potencia activa: trabajo que realizan los electrones en un circuito eléctrico

Símbolo P

Unidad vatio (W)

Instrumento de medida vatímetro

Fórmula  $P = V \times I \times \cos\phi$

Energía: es la capacidad para realizar un trabajo

Símbolo kWh

Unidad kilovatio-hora (kWh)

Instrumento de medida medidor o contador

Fórmula  $E = P \times T$

## 1.8. Medidor electrónico

Regularmente las pantalla solo pueden desplegar un parámetro a la vez, por lo tanto estos son mostrados en forma rotativa, definiendo el tiempo de

exposición. Los parámetros presentados en la pantalla pueden ser hasta 48, entre los principales están:

- Energía: kwh, kvarh, kvas, actual y de 1 a 3 meses anteriores
- Demanda: kw, kvar,kva, actual y de 1 a 3 meses anteriores
- Fechas de última comunicación, de programación, ultimo reseteo de la demanda y muchos más que dependerán del fabricante.

### **1.8.1. Modos de operación**

El medidor electrónico de energía puede operar en cuatro modos: modo normal, modo alternativo, modo prueba y modo error; el modo por defecto es el modo normal; a los modos alternativo y prueba se ingresa utilizando un imán y colocándolo en la parte inferior derecha del medidor.

#### **1.8.1.1. Modo normal**

Es el modo que estará mostrando las lecturas en forma regular, generalmente solo se presentan los parámetros de facturación, consumo kwh, demanda kw. Energía reactiva kvarh, factor de potencia, tiempo, registro del medidor número de serie del medidor.

#### **1.8.1.2. Modo alterno**

Es el modo que se presenta con el accionamiento de un dispositivo y presentará temporalmente los datos que se han especificado en la programación, regularmente son datos que son de utilidad para un supervisor o auditor, como: lectura del mes anterior, última vez que se programó, número de veces que se ha cortado la energía eléctrica apagones, etc.

### **1.8.1.3. Modo de prueba**

Este modo permite hacer pruebas instalando el contador en una mesa de calibración o en ello mismo servicio y hacer pruebas no calibración del contador, sin alterar los registros de lectura que existieran. A continuación se presenta un modelo de una caratula de contadores electrónicos y un diseño de pantalla correspondiente.

### **1.8.1.4. Modo error**

El modo error aparece en la pantalla cuando existe alguna falla en el medidor, en la programación o el sistema de comunicación; en la pantalla se muestra la palabra error seguido de un número, tema que será abarcado en el siguiente capítulo de este trabajo.

## **1.9. Despliegue de información en medidores electrónicos**

Modos de Despliegue

- Modo Normal
- Modo Alternativo
- Alertas

Despliegue normal de Medidores GE:

- Medidor Forma 2s:
  - Energía activa en kWh
  - Demanda máxima en kWh

- Número de medidor
- Medidor Forma 12s:
  - Energía activa en kWh
  - Demanda máxima en kWh
  - Número de medidor
- Medidores Forma 16s:
  - Energía activa en kWh
  - Demanda máxima en kWh
  - Energía reactiva en KVarh
  - Número de medidor

Despliegue normal de Medidores Elster, ABB:

- Medidor Forma 2s:
  - Energía activa en kWh
  - Demanda máxima en kWh
  - Número de medidor
- Medidor Forma 12s:
  - Energía activa en kWh
  - Demanda máxima en kWh
  - Número de medidor

- Medidores Forma 16s:
  - Energía activa en kWh
  - Demanda máxima en kWh
  - Energía reactiva en KVarh
  - Número de medidor

Despliegue de Modo Alternativo Medidores GE:

El despliegue del modo alternativo se obtiene colocando un imán al lado derecho del medidor por 3 s.

Figura 5. **Medidor electrónico marca General Electric**



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/ge-digital-energy/contadores-electronicos-de-energia-electrica-trifasicos-50469-584528.html>. Consulta: 5 de mayo de 2013.

Datos de Despliegue: el despliegue lleva la siguiente información y orden:

- Número de desconexiones
- Número de intentos erróneos de ingresar al medidor
- Número de Resets de la demanda
- Fecha aproximada del montaje (tiene que ser un poco anterior y nunca posterior a la fecha de montaje).
- Corriente en la fase A
- Corriente en la fase B
- Corriente en la fase C

Despliegue modo alterno medidores Elster y ABB

El despliegue del modo alterno se obtiene colocando un imán al lado derecho del medidor por 3 s.

Datos de Despliegue: el despliegue lleva la siguiente información y orden:

- Complete LCD test
- Número de desconexiones
- Número de resets de demanda
- Corriente en la fase A
- Corriente en la fase B
- Corriente en la fase C
- Primeros 4 dígitos del número de serie del medidor
- Segundos 4 dígitos del número de serie del medido



## 2. DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS

### 2.1. ¿Qué es una falla?

Defecto en el aislamiento o conductividad de cualquier componente o mecanismo de un circuito eléctrico, que provoca la interrupción de la corriente. También llamada fuga de corriente, pérdida de corriente.

- Fuga de corriente: defecto en el aislamiento o conductividad de cualquier componente o mecanismo de un circuito eléctrico, que provoca la interrupción de la corriente. También llamada falla, pérdida de corriente.
- Pérdida de corriente: defecto en el aislamiento o conductividad de cualquier componente o mecanismo de un circuito eléctrico, que provoca la interrupción de la corriente. También llamada falla, fuga de corriente.

### 2.2. Tipos de falla

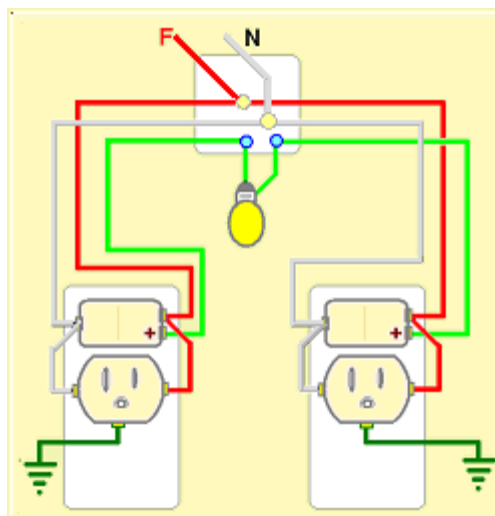
- Falla de suministro de energía eléctrica: cuando no hay suministro de energía por parte del suministrador falla por sobrecarga. Este tipo de falla se produce por aparatos eléctricos de carga mayor a la que aguanta el *breaker* correspondiente, se producirá una sobrecorriente mayor a la corriente, de este haciendo que el *breaker* se abra o bote.
- Por cortocircuito de fase a neutro: esta falla ocurre por un corto circuito entre el conductor de fase y el conductor neutro en cualquier parte de la



instalación eléctrica. Esto puede ocurrir dentro de una caja de conexiones, en una extensión eléctrica, en el tablero, en algún aparato eléctrico etc.

En la figura se mostrará donde aparece el corto circuito entre fase y neutro dentro de una chalupa. Cuando sucede ese tipo de fallas la corriente que circula por los dos conductores será muy alta, lo cual hará que el *breaker* o fusible abrirá el circuito.

Figura 6. **Falla de corto circuito de fase a neutro**



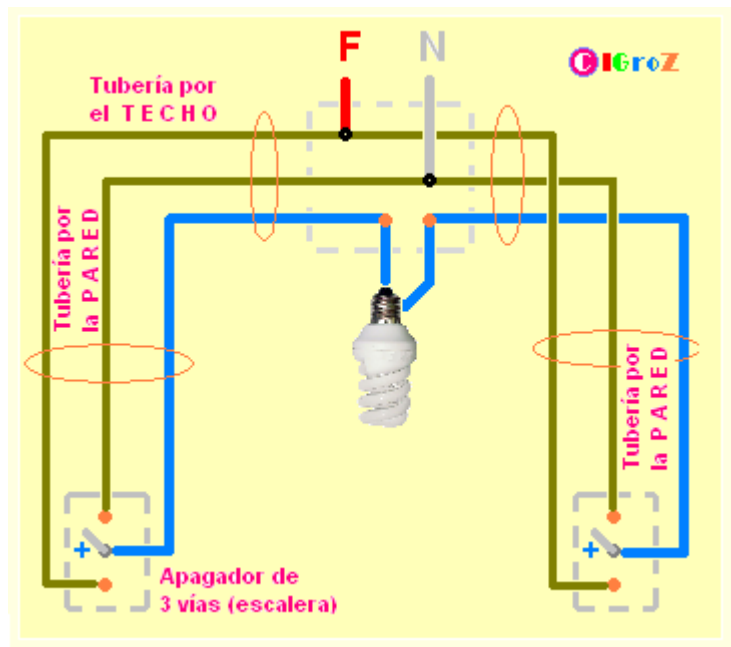
Fuente: <http://cursosdeelectricidad.blogspot.com/2008/06/tema-23-conexin-de-una-lmpara.html>.

Consulta: 30 de abril de 2013.

- Por cortocircuito de fase a tierra: esta falla ocurre por un corto circuito entre el conductor de fase y el conductor de puesta a tierra en cualquier parte de la instalación eléctrica. Esto puede ocurrir dentro de una caja de conexiones, en una extensión eléctrica, en el tablero, en algún aparato eléctrico etc.

En la figura se mostrará donde aparece el corto circuito entre fase y conductor de puesta a tierra dentro de una chalupa. Cuando sucede ese tipo de fallas la corriente que circula por los dos conductores será muy alta, lo cual hará que el *breaker* o fusible abrirá el circuito.

Figura 7. **Falla de corto circuito de fase a tierra**



Fuente: <http://iguerrero.wordpress.com/2008/04/15/topicos-de-instalaciones-electricas-5/>.

Consulta: 30 de abril de 2013.

### 2.3. **Códigos de error y de alerta**

El medidor ALPHA Power + muestra códigos de error y de alerta como indicación de que un problema puede estar afectando la operación del medidor. Cuando un medidor muestra un código de error o alerta, este continuará

funcionado de la manera más normal. A continuación se indica la clasificación de los códigos de error y alerta.

- Códigos de error
- Códigos de alerta
- Códigos de errores de comunicación

Los códigos de error, generalmente indican una condición que podría afectar los datos que se están midiendo y almacenando en el medidor generalmente indican una condición que todavía no afecta los datos de medición. No es recomendable que un medidor ALPHA Power + opere por largo tiempo bajo una condición que muestre un código de error o alerta.

Los códigos de errores de comunicación generalmente indican una condición que está afectando las comunicaciones con el computador a través del puerto óptico o del modem de comunicación remota. No todos los códigos de error de comunicación indican un problema con el medidor. Algunos códigos de error de comunicación proporcionan una indicación del proceso de comunicación que se está realizando.

### **2.3.1. Códigos de alerta**

Los códigos de alerta se indican en la pantalla LCD por F y un código numérico de alerta, e indican un potencial problema que aun no está afectando la operación y almacenamiento de los datos en el medidor ALPHA Power+. Los códigos de alerta son insertados automáticamente como la primera cantidad a mostrar en la secuencia de la pantalla. Tal y como se ve en la siguiente tabla:

Tabla III. **Códigos de alerta del medidor ALPHA Power+**

Pantalla	Definición
F 000000	Sin alerta
F 000001	Alerta de batería Baja
F 000010	Operación impropia del IC
F 000100	Flujo de energía en sentido inverso
F 001000	Error de suma de datos en la configuración del modem
F 010000	Indicador de falta de potencial o error de PQM
F 100000	Sobrecarga de la demanda contratada

Fuente: ABB information Systems (TM42-2182BS) p. 72.

### **2.3.1.1. Despliegue de alertas**

Los indicadores de potencial y alertas del IC del medidor se borran automáticamente cuando se ha corregido la condición que originó la alerta. Una alerta del monitoreo de calidad de energía PQM, se borra únicamente si se pasan las pruebas de PQM. La alerta de batería baja se eliminará luego de que la batería ha sido reemplaza y el medidor a realizado su autochequeo.

Las alertas de flujo de energía inversa y de sobrecarga de la demanda se borrarán únicamente si se realiza una reposición de la demanda manualmente o mediante el software de soporte ABB.

- Código de alerta F 00000 (sin alerta): este código se muestra únicamente cuando se ha programado el medidor para que muestre este código dentro de las cantidades a mostrar en la secuencia de pantalla normal o

alternativa, por medio del software de soporte ABB. Este código indica que no hay condición de alarma.

- Código de alerta F 000001 (alerta de batería baja): este código de alerta indica un voltaje bajo en la batería de litio o falta de batería. El medidor ALPHA Power+ con funcionalidad TOU, requiere de una batería de respaldo para mantener la hora y la fecha durante un corte prolongado de energía. Para configuraciones TOU, el medidor debe ser desenergizado antes de reemplazar la batería. Una vez que se ha instalado la nueva batería, se requiere realizar una reposición manual de la demanda o mediante el software de soporte de ABB para eliminar este código.
- Código de alerta F 000010 (operación inadecuada del IC del medidor): este código de alerta indica que el programa de IC en el medidor puede estar dañado o ejecutando incorrectamente. Esta condición de alerta se activa comúnmente cuando las señales del circuito IC ordena al microcontrolador reiniciarse. Un ambiente (ruido) eléctrico inestable en la instalación del medidor puede interferir con esta operación.

Si el IC del medidor reinicializa sucesivamente, entonces el código de alerta se elimina automáticamente de la pantalla LCD. Si persiste un ambiente eléctrico inestable puede ser necesario relocalizar la instalación del medidor. Si se continúa mostrando esta condición de alarma en la pantalla, el medidor deber ser regresado a la fábrica para su reparación.

- Código de alerta F 000100 (flujo de energía inversa): este código de alerta indica que se ha detectado un flujo de energía en sentido inverso equivalente a dos veces o más el valor de P/R durante un solo intervalo

de demanda. Esto puede ser una indicación de trampa en la instalación del medidor.

Si el servicio que está siendo medido debe retornar energía al sistema (o a la empresa) entonces se puede deshabilitar esta alerta mediante el software de soporte. En este caso, la alerta no indica necesariamente un problema con la instalación del medidor. Si se espera que el servicio medido no retorne energía, se debe realizar una inspección adicional. En algunos casos puede ser necesario regresar el medidor a la fábrica para su reparación.

- Código de alerta F 001000 (error de suma de datos en la configuración de MODEM): este código de alerta indica que la configuración remota está mala, debido a pérdidas de memoria o programación incompleta. No se pueden intentar comunicaciones a través del modem mientras exista esta condición en el medidor. Reprograme el medidor mediante el software de soporte a través del puerto óptico para cambiar su definición remota.
- Código de alerta F 010000 (indicadores de potencial o error de PQM): este código de alerta indica que uno o más de los potenciales de las fases se han perdido o si se determina que uno de los voltajes está apagado, el problema permitirá la eliminación de la condición de alerta en la pantalla LCD. Este código de alerta puede indicar también que la prueba de Monitoreo de Calidad de Energía PQM correspondiente al voltaje de servicio ha detectado un parámetro del circuito que está fuera de los umbrales programados. El código de alerta se borrará automáticamente una vez se haya eliminado las condiciones que ocasionan el mismo.

- Código de alerta F 100000 (sobrecarga de la demanda): este código de alerta indica que se ha excedido el valor de la demanda máxima programada. Esto intenta generalmente informar a la empresa eléctrica, cuando la instalación está requiriendo más energía que la puede proveer el equipo que fue originalmente designado para este servicio. Si el valor de sobrecarga de la demanda ha sido fijado por debajo del valor apropiado para la instalación, el medidor puede ser reprogramado con un umbral más alto mediante un software de soporte. Realizando una reposición de la demanda o utilizando el software para reposicionar el estatus.
  
- Medidores General Electric
  - Códigos de precaución
  - Códigos de error
  - Diagnósticos
  
- Medidores ABB y Elster
  - Errores de servicio
  - Errores del medidor
  - Códigos de alerta

### **2.3.2. Códigos de precaución**

Controlar individualmente activar y los parámetros *display* (excepto CA 000010). Tal y como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla IV. **Descripción de los códigos de precaución**

No programable	CA 000010
Batería baja	CA 000001
Potencial bajo	CA 000400
kWh recibidos	CA 400000
Liderando kVarh	CA 040000

Fuente: ABB information Systems (TM42-2182BS) p. 14.

### 2.3.3. **Códigos de error (Er)**

Los códigos de error que se muestran en las pantallas LCD del medidor por ER y un numero de código del error, e indican que está ocurriendo una seria condición que afecta ya sea los datos almacenados o la operación del medidor ALPHA Power +. Ver la tabla V por los códigos de error que se pueden mostrar.

Tabla V. **Códigos de error del medidor ALPHA Power+**

Pantalla	Definición
ER 000000	Pantalla inhibida por una condición de alerta.
ER 000001	Error de suma ( <i>carryover</i> ) (para configuraciones TOU)
ER 000010	Error de cristal oscilador o de personalidad
ER 000100	Error de acumulación en memoria o serio error interno de comunicación

Fuente: ABB information Systems (TM42-2182BS) p. 70.



Los códigos de error pueden ser mostrados como una combinación (ER y 000101 por ejemplo), indicando que se ha detectado más de una condición de error. Para todos los códigos de error (excepto el código 0), la condición de error debe ser corregida y el medidor reprogramado antes de volverlo a poner en servicio. En algunos casos esto puede requerir el retorno del medidor a la fábrica para su reparación o su remplazo.

El error 000000: puede ser mostrado continuamente en la pantalla normal del medidor ALPHA Power+ que ha sido programado para bloqueo de los códigos de error. En este caso, existe una condición de alertas y el código de alerta puede ser visto utilizando la secuencia de pantalla de modo alternativo.

Nota: el código de error también puede ser elegido como una cantidad mostrada cuando se programa el medidor mediante el software de soporte de ABB. Si no existe una condición de error, se mostrará en la secuencia de pantalla. ER y 000000. Si existe una condición de error, este será mostrado aquí y en modo de error.

- Código de error Er 000000 (pantalla inhibida por condición de alerta): se muestra este código de error en la pantalla LCD cuando hay presente una condición de alerta en el medidor ALPHA Power+ que ha sido programado para bloquear un código de alerta, mediante el software de soporte de ABB. Este también puede aparecer en la secuencia de pantalla del modo normal, si la cantidad corresponde al código de error ha sido seleccionada para ser mostrada.

Cuando se bloquea este código en la pantalla del medidor, existe una condición de alerta presente. El código de alerta puede ser visto en la

secuencia de pantalla para el modo alternativo, o utilizando el software de soporte de ABB.

- Código de error Er 000001 (error de suma(*carryover*) para configuraciones TOU): este código de error indica, ya sea una falla de prueba de suma de los datos almacenados en la memoria volátil RAM del medidor, una pérdida de la hora durante un corte de energía. Cuando ocurre una pérdida de voltaje en la línea, el medidor recibe la energía de respaldo de un supercapacitor o batería de litio opcional. Si ambos fallan, se perderá la hora en el medidor y los datos almacenados en la memoria RAM se abran perdido o serán dudosos.

Las características TOU no se pueden desarrollar cuando se ha perdido la hora en el medidor. Los datos de facturación previamente acumulados permanecen disponibles y los pulsadores y puerta óptica funcionarán normalmente. Cuando se pierde la energía, todos los datos de facturación están almacenados en la memoria no volátil que puede ser recuperada.

Nota: si se muestra el código Er 000001 en la pantalla LCD del medidor, luego de que a retornado la energía, los datos adicionales de facturación se seguirán acumulando en la tarifa inicial. La tarifa inicial se puede definir utilizando el software de soporte de ABB.

Nota: debido a que el embarque de los medidores, en un tiempo es posible encontrar este error en medidores que han sido despachados sin batería o con su batería desconectada.

Todas las cantidades mostradas deben ser registradas manualmente para preservar la información existente antes de desconectar un medidor ALPHA

Power+. Puede ser necesario reemplazar la batería del medidor en ese momento, y el estatus del error debe ser eliminado mediante el software de soporte de ABB. Si continúa apareciendo el código de error, el medidor deber ser regresado a la fábrica para su reparación.

- Código de error Er 000010 (error del cristal oscilador o de personalidad): este código de error indica un problema con el cristal oscilador o funcionalidad designada para el medidor. Todas las cantidades mostradas deben ser registradas manualmente para preservar la información existente antes de desconectar el medidor ALPHA Power+. El medidor deber ser regresado a la fábrica para su reparación.
- Código de error Er 000100 (error de acumulación en memoria o serio error interno de comunicación): este código de error indica un posible error en la programación de un medidor ALPHA Power+. Los datos de facturación no se pueden acumular adecuadamente mientras existe esta condición de error, debido a que el medidor no determina si las constantes de la tarifa están correctas. Los pulsadores y el puerto óptico continuarán funcionando correctamente.

Una interrupción de la comunicación mientras se esta programando el medidor puede ocasionar que aparezca este error. Esto puede ocurrir con las comunicaciones internas en el microprocesador y la memoria del medido, o con comunicaciones externas entre el medidor y el computador.

Se puede corregir el problema, programando el medidor mediante el software de soporte de ABB. Si continúa apareciendo el código de error, el medidor deber ser regresado a la fábrica para su reparación.

Nota: los medidores que no han sido programados siempre mostraran ese código de error.

#### **2.3.4. Diagnósticos (Diag)**

Los diagnósticos son descripciones que el medidor proporciona referentes a un problema el cual puede ser provocado por un indicio interno debido a una falla, o a un indicio externo debido a un problema en el sistema eléctrico.

Tabla VI. **Descripción de los diferentes diagnósticos existentes**

Diagnostico 1	Polaridad, Fase cruz, Flujo energético inversa
Diagnostico 2	Desequilibrio de tensión
Diagnostico 3	Actual fase inactiva
Diagnostico 4	Alerta ángulo de fase
Diagnostico 5	Distorsión factor de potencia
Diagnostico 6	Bajo voltaje, fase A
Diagnostico 7	Sobre el voltaje, la fase A
Diagnostico 8	Alta corriente en el neutral

Fuente: ABB information Systems (TM42-2182BS) p. 18.

- Habilitado de diagnóstico se ponen a prueba cada vez que el tipo de servicio es válido.
- 3 fallos consecutivos establece el contador de diagnóstico y los incrementos.

- 2 pases consecutivos despeja el diagnóstico.

Alertas Medidores ABB y Elster.

- Errores de servicio (Ser):

Tabla VII. **Errores en servicio eléctrico**

Condiciones de error del voltaje						
Voltaje o ángulo desconocido del servicio	5	5	5	0	0	0

Condiciones de error en las corrientes						
--	--	--	--	--	--	--

Potencia inversa en la fase A	0	0	0	5	0	0
	0	0	0	7	0	0
	0	0	0	d	0	0

Potencia inversa en la fase B	0	0	0	0	5	0
	0	0	0	0	7	0
	0	0	0	0	d	0

Potencia inversa en la fase C	0	0	0	0	0	5
	0	0	0	0	0	7
	0	0	0	0	0	d

Fuente: ABB information Systems (TM42-2182BS) p. 44.

## **2.4. Causas de una falla**

Las causas que pueden provocar que un medidor llegue a tener fallas en su funcionamiento son muchas pero solo se mencionarán las que son más frecuentes y más importantes para su análisis en este trabajo.

Existen diferentes tipos de fallas, descritas con anterioridad.

## **2.5. Consecuencias de una falla**

La consecuencia que puede ocasionar una falla de estas es: que el registro del consumo de energía que un usuario está utilizando no sea el adecuado lo que vendría a ocasionar que el sistema nacional de energía se vea afectado por no cobrar lo que realmente está generando día con día, afectando con eso a la eficiencia del sistema, que influiría a que aumenten más los porcentajes de pérdidas de las distribuidas correspondientes.

## **2.6. Métodos de detección de fallas**

Los métodos de detección de fallas son variados, con el fin de encontrar las causas que en cierta medida estén y causan problemas en un medidor electrónico de energía, siendo estas la tensión de servicio, la corriente del sistema de alimentación y la calidad de servicio.

### **2.6.1. Verificación de tensión de servicio**

Al conectarse un medidor a la red, este verifica si el servicio eléctrico es aceptable o no, ya que lo mide y lo compara con servicios y valores de referencia (válidos), que tiene almacenados en memoria. Es decir, verifica el

tipo de servicio (por ej. 4 hilos estrella), las magnitudes de las tensiones (por ej. 220 V +/- 10%) y los ángulos de fase (por ej. 120° +/- 15°).

### **2.6.2. Verificación de corriente**

El medidor puede también ser programado para realizar el control de las corrientes de fase. En el *display* del medidor se expondrá una señal de advertencia, cuando la corriente en cualquier fase, sea menor que la especificada en el programa del medidor para esa fase, o cuando sea negativa o si el factor de potencia en cualquier fase es menor que el especificado para esa fase.

Si la verificación da como resultado un servicio válido, el medidor lo expondrá en el *display* detallando las características del servicio. Si por el contrario no identifica a lo medido, expondrá en el *display* el código de error Ser 555000, que significa: servicio no reconocido.

### **2.6.3. Monitoreo de calidad de servicio**

El medidor electrónico puede ser solicitado con la opción calidad de servicio activa. En general se entiende por calidad de servicio, a todo lo asociado con: baja tensión, alta tensión, caída de tensión instantánea, distorsión armónica, cortes de tensión, etc. El medidor electrónico permite monitorear la calidad de servicio de la red, como así también las condiciones de carga. Para eso dispone de 10 monitores asociados a 10 diferentes tipos de eventos.

Se considera un evento a: la caída de tensión con respecto a un porcentaje de la tensión nominal, durante un tiempo determinado. Al monitor

asociado al evento mencionado se lo denomina baja tensión y tanto el porcentaje como el tiempo son valores programables. Otros monitores son: alta tensión, chequeo de tensión de servicio, distorsión armónica total de corriente, distorsión armónica de tensión, factor de potencia, caída de tensión instantánea, etc.

Todos los monitores disponen de un contador que registra la cantidad de veces que ha ocurrido el evento y de un timer que registra el tiempo total acumulado del mismo. En el caso del monitor de caída de tensión instantánea, el evento consiste en una caída de tensión con respecto a un porcentaje de la tensión nominal, durante un tiempo especificado entre 31 y 10,000 milisegundos.

Si el medidor posee la opción de perfil de carga activa, es posible registrar en memoria circular (hasta 255 registros), la fecha y la hora en que comienzan y terminan diferentes tipos de eventos.

Estos eventos son los mismos asociados a los monitores de calidad de servicio más algunos adicionales, tales como: cortes de tensión, *resets* de demanda, y cambios de hora. La caída de la tensión instantánea no posee registro de fecha y hora.

Los instrumentos, que serán necesarios utilizar para determinar dichas fallas en el sistema que estén provocando que los medidores electrónicos domiciliarios presenten las alertas son los siguientes:

Analizador de calidad de energía monofásico FLUKE 43 B el cual posee las siguientes descripciones referentes a mediciones monofásicas:



- Mide tensión, corriente, HZ, potencia, armónicos, fluctuaciones, transitorios, corriente de arranque, Ohms, continuidad, capacitancia.
- Osciloscopio de 20 MHZ

Tabla VIII. **Características del analizador de calidad de energía monofásico**

Tensión	de 5 hasta 1250 Volts
Amperios	depende la pinza de corriente utilizable
Frecuencia	40- 70 Hz
Factor de cresta	1.0-10.0
Potencia	Vatios, VAR, VA,PF, DPF, Cos $\varphi$
Armónicos	hasta el 51°
Factor K	1.0 a 30.0
Fluctuaciones	Tensión y corriente desde 4 min hasta 16 días
Captura de transitorios	Ancho de pulso 40 ns hasta 40 transitorios
Corriente de arranque	1 seg a 5 min
Osciloscopio	20 MHZ velocidad de muestreo 25 MS/seg
Registro	Tensión, Corriente, Potencia, Armónicos, Temperatura, Osciloscopio desde 4 min hasta 16 días

Fuente: <http://www.smedicion.com/ver.php?modelo=42>. Consulta: el 5 de mayo de 2013.

## Analizador de calidad de energía trifásico FLUKE 430-II

- Eficiencia de inversores de potencia: permite medir simultáneamente la potencia de salida CA y la potencia de entrada CC para sistemas electrónicos de potencia usando la pinza CC opcional.
- Captura de datos PowerWave: captura rápidamente datos RMS, muestra medios ciclos y formas de onda para caracterizar las dinámicas de los sistemas eléctricos (arranques de generadores, conmutación de SAI, etc.).
- Calculadora de pérdida de energía: las mediciones clásicas de potencia activa y reactiva, desequilibrios y armónicos se cuantifican para poner de manifiesto el coste fiscal de las pérdidas de energía.
- Solución de problemas en tiempo real: analizar las tendencias con los cursores y las herramientas de ampliación.
- La clasificación de seguridad más alta de la industria: clasificación de CAT IV a 600 V y CAT III a 1000 V para su uso en la entrada de servicio.
- Permite medir las tres fases y el neutro: con cuatro puntas de prueba de corriente flexibles incluidas y un mejorado diseño delgado para adaptarse a los lugares más estrechos.
- Tendencia automática: todas las mediciones se registran siempre automáticamente, sin necesidad de configuración alguna.

- Monitor del sistema: diez parámetros de calidad de potencia en una sola pantalla, de acuerdo con la norma de calidad de potencia eléctrica EN50160.
- Función de registrador: configurado para cualquier condición de prueba con memoria de hasta 600 parámetros a intervalos definidos por el usuario.
- Visualización de gráficos y generación de informes: con el software de análisis incluido.
- Vida útil de la pila: siete horas de tiempo de funcionamiento por carga en un *pack* de baterías de ión litio.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LAS CORRECCIONES DE FALLAS**

#### **3.1. Instrumentos para corrección de fallas**

Las mediciones eléctricas se realizan con aparatos especialmente diseñados según la naturaleza de la corriente, es decir, si es alterna, continua o pulsante. Los instrumentos se clasifican por los parámetros de voltaje, tensión e intensidad.

##### **3.1.1. Equipos y materiales**

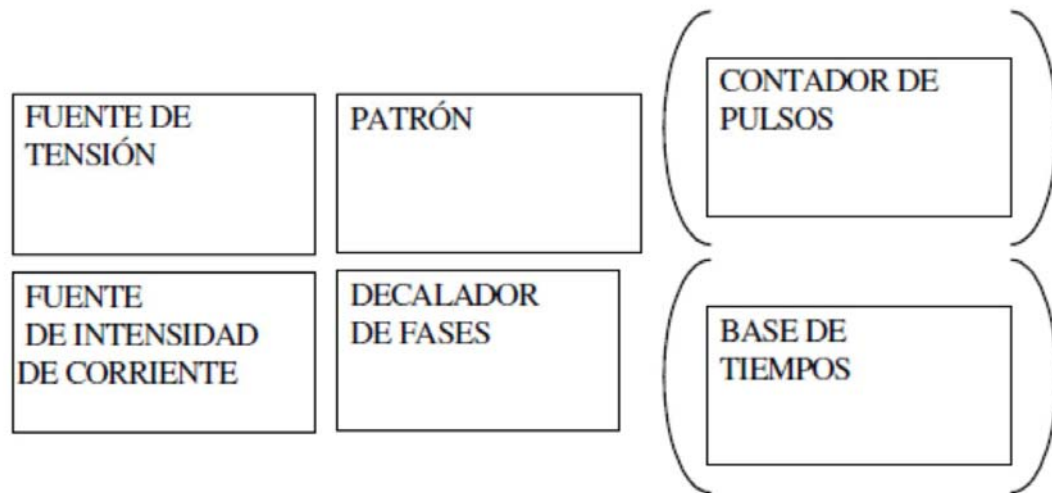
Para realizar la calibración descrita en este procedimiento es necesario, disponer de un sistema de medida compuesto por los siguientes equipos y características:

- Un medidor de energía eléctrica, que actuará como patrón en la calibración, cuya exactitud debiera ser mejor que la del medidor a calibrar (siempre se aconseja que sea al menos cuatro veces mejor). Este patrón de referencia del laboratorio debe poseer un certificado de calibración en vigor, el cual habrá sido extendido por un laboratorio acreditado en el ámbito de su acreditación o un laboratorio nacional, esto asegura la trazabilidad de las medidas.
- Un sistema que suministre la energía que ha de ser medida. Estará formado por una fuente de tensión y otra de intensidad de corriente, que serán independientes la una de la otra. Cuando se trate de corriente alterna se tendrá la precaución de que ambas fuentes tengan una

alimentación común para asegurar que la frecuencia sea la misma, y como será necesario conseguir cargas con distinto ángulo de fase, para conseguirlo, el sistema incorporará un decalador de fase, que es un dispositivo que permite retrasar o adelantar la onda de tensión con respecto a la de intensidad con el fin de corregir el ángulo de fase entre ellas. A este tipo de carga generada por dos fuentes que se regulan de forma independiente se le llama carga fantasma o ficticia, y es la empleada en la calibración de medidores de energía. La distorsión de la onda de tensión y de la onda de intensidad será inferior a la que admita el patrón y el medidor a calibrar, y vendrá indicada en su manual, y en caso contrario se tendrá en cuenta su influencia.

- Contador de pulsos patrón, en el caso de que exista una salida de pulsos en el medidor de energía.
- Sistema de sincronización. Cuando no se esté utilizando un contador de pulsos, y el patrón no disponga de un sistema propio de sincronización (a menudo, los patrones están provistos de un sistema de este tipo, pudiendo utilizar una base de tiempos propia o externa, para controlar a otros instrumentos), pero el instrumento a calibrar y el patrón tienen una entrada de sincronización, se puede utilizar una base con tiempos externa provista de un interruptor de arranque/parada, para que empiecen la medida y la terminen al mismo tiempo. Un sistema de medida constará de todos estos elementos (el contador de pulsos y la base de tiempo sólo si procede), véase figura siguiente:

Figura 8. Sistema de medida



Fuente: Centro Español de Metrología. Procedimiento EL-005 para la calibración de medidores de energía eléctrica. p. 13.

- El patrón puede ser un sistema de medida integrado, es decir, compuesto por todos los equipos mencionados hasta ahora. Así que, únicamente hay que conectar el medidor a calibrar a los bornes de salida del sistema.

Además serán necesarios:

- Cables adecuados. la fuente de intensidad suele tener una tensión muy baja, por ello la sección del cable ha de ser de diámetro grande o de su longitud pequeña para que se obtenga el valor deseado. En el caso de la fuente de tensión hay que decir lo mismo, la sección y la longitud han de ser tales que no se produzca una caída de tensión. Y en su caso adaptadores según la compatibilidad de los medidores.

- **Cronómetro:** cuando los instrumentos no se pueden sincronizar como se ha supuesto en el párrafo anterior, porque carecen de sistema de sincronización se utilizará un cronómetro para tomar lecturas de los visualizadores a intervalos regulares de tiempo, el período de medición debe ser lo suficientemente grande como para eliminar las diferencias entre las dos medidas debido a la falta de sincronía.
- **Nivel:** para asegurar la posición en que se coloca el medidor, en caso de que sea necesario.
- **Termómetro:** con él se tomarán los valores de la temperatura a la que se realiza la calibración.
- **Fasímetro o cofímetro:** con él se mide el ángulo de fase entre la tensión y la intensidad de corriente.

Nota: generalmente va incorporado en el sistema de suministro de energía.

### **3.1.2. Operaciones previas**

Antes de iniciar la calibración se comprobará que:

- El medidor ha de estar identificado de forma permanente y unívoca con su marca, modelo y número de serie; si no lo estuviera se le asignará una identificación unívoca (por ejemplo, la del usuario) que se fijará sobre el instrumento para poder asociarle los resultados de esta calibración y de las que se le hagan en el futuro.

- Los bornes están marcados de forma que puedan ser identificados sin ambigüedad, y si el instrumento es trifásico debe acompañarle un esquema de conexionado (a ser posible fijado a la caja).
- Se dispondrá del manual del medidor a calibrar, para que se conecte correctamente el medidor y se conozcan exactamente sus límites de medida y los pasos a seguir para su utilización. E incluso, en caso de que sea necesario y exista la opción, el ajuste del medidor.

Asimismo, se dispondrá del manual del patrón

- Antes de iniciar las medidas, el patrón deberá permanecer en el laboratorio donde se van a realizar las medidas un mínimo de 24 horas para alcanzar su equilibrio térmico. También es aconsejable que los instrumentos estén alimentados por la red un tiempo mínimo aconsejado por el fabricante, que variará de unos medidores a otros por sus características constructivas. Una vez alimentados los circuitos de medida se esperará un tiempo prudencial para tomar datos, hasta que la señal a medir se haya estabilizado.
- Deberán mantenerse unas condiciones de referencia (ambientales, tensión, etc.) adecuadas, para el medidor patrón y para el medidor de energía a calibrar. Estas condiciones de referencia serán las que indique el fabricante en el manual del aparato.
- Si se trata de un medidor que tenga una posición de funcionamiento determinada será importante asegurarse de que se encuentra en esa posición con el nivel.



- Algunos medidores de energía vienen equipados con el llamado puente de tensión, que es un puente que une los bornes positivos (o *high*) de tensión e intensidad de corriente (de una misma fase, si se trata de un sistema polifásico), estos medidores toman por el mismo borne la tensión, para su circuito de tensión, y la intensidad de corriente para su circuito de intensidad. Cuando hay que verificarlos en el lugar donde están instalados, hay que usar carga real. La carga real, no permite la regulación independiente de la tensión y la intensidad de corriente, la verificación es de menor precisión y supone un elevado gasto de energía. Hoy día existen equipos de medida (son equipos de precisión media y alta, y coste elevado) que permiten realizar una calibración reproduciendo las condiciones de carga real (con el puente de tensión puesto), aunque, por supuesto, siguen siendo equipos de carga ficticia o fantasma, por lo que sí se pueden regular la tensión y la intensidad de forma independiente. Cuando se les haga una calibración con carga fantasma, sin simular condiciones reales, habrá que quitar el puente de tensión para que el medidor reciba separadamente la alimentación de sus circuitos.
- Cuando se disponga un patrón con buenas características de transportabilidad se podrán realizar las calibraciones *in situ*, tomando las precauciones necesarias para su transporte, pero, en general, los patrones no deben moverse de su emplazamiento habitual, ya que al trasladarlo de un lugar a otro podrían variar sus características metrológicas. Por lo tanto, las calibraciones deben realizarse en el laboratorio o sala de calibración donde se encuentra el patrón.

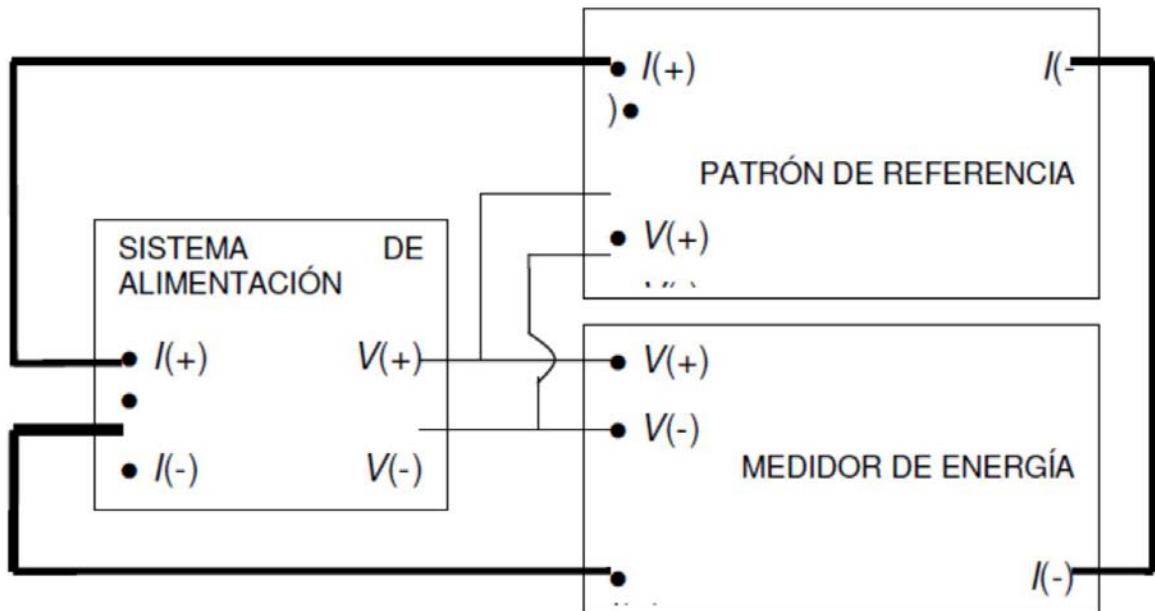
### 3.2. Ventajas de la corrección de fallas

Las ventajas de las correcciones de las fallas incurren en que se tenga un mejor registro de los consumos de energía que las empresas distribuidoras de energía proporcionan a todas las personas y con eso tener un control.

### 3.3. Metodología para corrección de fallas. Proceso de calibración

Se conectarán el medidor y el patrón, o los patrones, a la fuente con la tensión en paralelo, la intensidad de corriente en serie tal y como se indica en la figura 8, y en el caso de que sea necesario la señal de sincronización. Si hay contador de pulsos, también se conectarán a éste las salidas de pulsos.

Figura 9. Diagrama de conexiones



Fuente: Centro Español de Metrología. Procedimiento EL-005 para la calibración de medidores de energía eléctrica. p. 16.

Puesto que la energía es una magnitud que, a su vez, depende de otras magnitudes, como se ha visto anteriormente, sus puntos de medida no se expresan en unidades de energía sino en los valores de tensión e intensidad de corriente, y cuando se trate de corriente alterna también de fase,  $j$ . Por ejemplo, un punto de medida sería: 120 V, 5 A,  $\cos(j) = 1$ , entonces se ajustan las fuentes a estos valores.

Existen infinidad de combinaciones posibles de tensión e intensidad de corriente: se deben elegir los puntos de medida que tengan una importancia particular en la práctica (por ejemplo, en función del uso que vaya a hacer el propietario del medidor a calibrar), según las necesidades del laboratorio, o con las que se manifiesten con más efecto ciertas causas de error.

Los medidores de energía se calibrarán en varios puntos, de manera que cubra todos sus valores de tensión e intensidad nominal y con distintos factores de potencia. En el anexo I se ponen algunos ejemplos. La duración de la medida será la recomendada por el fabricante, o en su defecto la necesaria para minimizar los errores debidos a la sincronización y a la posible distorsión de la señal de la fuente; para ello la cantidad de energía medida será de un valor significativo para la capacidad de medida del aparato. Por ejemplo, si un medidor tiene una resolución de 0,1 Wh, para los rangos de 5 A y 120 V con factor de potencia entre 1 y 0,5 inductivo o capacitivo, la duración será tal que se obtengan al menos 100 Wh.

Los manuales de los medidores, suelen incluir el número mínimo de pulsos o de revoluciones que deben contarse para cada punto de medida para poder desprestigiar los posibles errores mencionados en el párrafo anterior. En cualquier caso, un posible criterio sería seleccionar el número de pulsos o revoluciones en función de la constante del medidor y del valor de energía a

medir. Por ejemplo, la constante es igual a 60 revoluciones/kWh, por lo tanto, si se desean medir 10 kWh serán necesarias 600 revoluciones.

En muchos casos la recomendación es de tiempo de medida, y entonces el patrón y el medidor de energía a calibrar disponen de señal de sincronización automática que suele ser de 100 s. En caso de que la sincronización sea manual, la incertidumbre en la medida de tiempo (incluida sincronización y parada), deberá aportar una incertidumbre pequeña respecto a la incertidumbre de calibración que se quiera conseguir, para ello si la incertidumbre de medida de tiempo es, por ejemplo, 0,5 s y la incertidumbre de calibración que se pretende obtener es del orden del 0,1 % el tiempo de medida debiera ser de 500 s. Es aconsejable realizar las medidas de cada punto varias veces (por ejemplo 5 veces) y deben repetirse las mediciones en días diferentes.

### 3.3.1. Toma y tratamiento de datos

Si el sistema de calibración no dispone de un contador de pulsos de manera que ofrezca directamente el error entre las medidas lo que hay que hacer es tomar a mano las lecturas de los dos medidores  $L_{\text{Medidor}}$  y  $L_{\text{Patrón}}$ , cada vez que se detenga la medición.

El resultado de la calibración será el error en cada punto de medida:

$$E = L_{\text{Medidor}} - L_{\text{Patrón}}$$

Pero en electricidad lo usual es expresar el error de la medición en error relativo de la forma:

$$E_r \% = \frac{L_{\text{Medidor}} - L_{\text{Patrón}}}{L_{\text{Patrón}}} \times 100$$

Si la calibración se hace con un contador de pulsos (o un sistema integrado de medida), el resultado será expresado de esta misma forma directamente por el sistema de medida.

La calibración se realizará, en las condiciones de referencia y se rechazarán aquellos datos de los que se sospeche que no se obtuvieron en ellas. En el caso de que no sea posible, habrá que tener en cuenta su influencia. En cualquier caso, nunca se sobrepasarán los márgenes de funcionamiento del medidor, ni del patrón durante la calibración. Los datos se tomarán de forma que quede reflejado el lugar, fecha y hora a la que se obtuvieron, así como los valores de las magnitudes involucradas, con una tabla, como por ejemplo:

Tabla IX. **Modelo para toma de datos**

N°	$U$ (V)	$I$ (A)	$\cos \varphi$	Temp. (°C)	$L_{Medidor}$	$L_{Patrón}$	$E$ (qk)	$E_r\%$	$\overline{q}$	$s(q)$

Fuente: Centro Español de Metrología. Procedimiento EL-005 para la calibración de medidores de energía eléctrica p. 19.

O una como la siguiente tabla, cuando por las características del sistema de medida empleado sólo se tengan como datos los errores relativos:

Tabla X. **Modelo para toma de datos sin lecturas L**

N°	$U$ (V)	$I$ (A)	$\cos\varphi$	Temp. (°C)	$E_r\%$ ( $q_k$ )	$\bar{q}$	$s(q)$

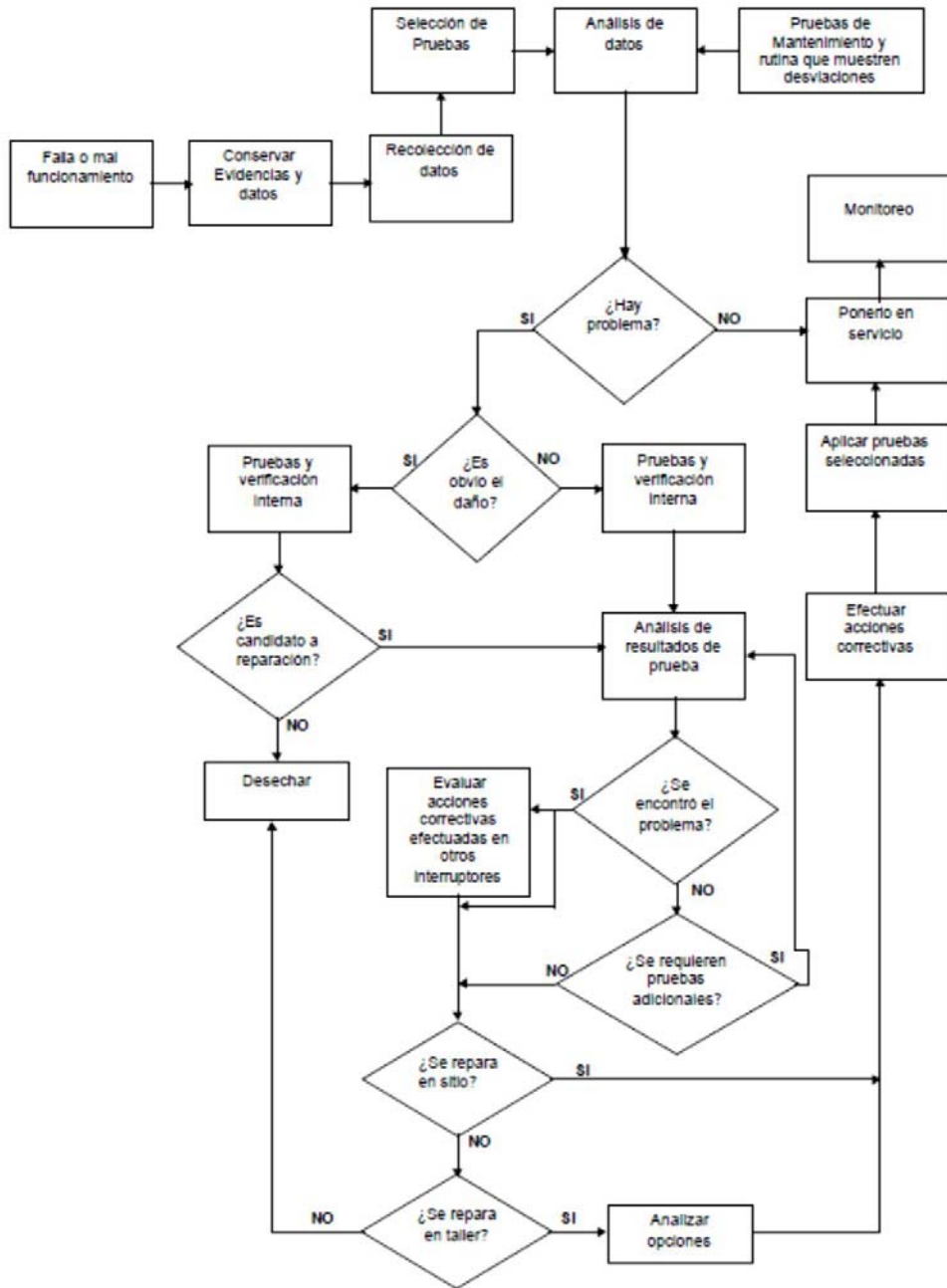
Fuente: Centro Español de Metrología. Procedimiento EL-005 para la calibración de medidores de energía eléctrica. p. 19.

donde,  $\bar{q}$ , es la media de las  $E_r\%$  que se hayan tomado; a partir de ahora a cada  $E_r\%$  se llamará  $q_k$  :

$$\bar{q} = \frac{\sum_{k=1}^n q_k}{n}$$

Una forma más fácil de identificar el proceso de detección de fallas y el camino a seguir para su corrección se muestra a través del siguiente diagrama de flujo:

Figura 10. Diagrama de flujo sobre la metodología en la detección de fallas



Fuente: CABRERA RUEDA, Carlos L. RUIZ RODRÍGUEZ, Genaro. Diagnóstico e Investigación de Fallas en Interruptores de Potencia. p. 10.

## CONCLUSIONES

1. El medidor de energía electrónico debe tener la posibilidad de conexión a una computadora por medio de cables o interfaz óptica, los cuales servirán para obtener la información sin retirar el medidor de su base.
2. Las causas que ocasionan las fallas en los medidores electrónicos se derivan de tres aspectos importantes tales como:
  - Falla de suministro de energía eléctrica
  - Falla por corto circuito de fase a tierra
  - Falla por corto circuito de fase a neutro
3. El proceso necesario para la corrección de fallas en los medidores electrónicos empieza desde que se detecta una falla, recopilación de información de la falla, realizar pruebas internas al medidor, analizar los resultados de la prueba, efectuar las acciones correctivas y poner en servicio nuevamente el medidor de energía.





## RECOMENDACIONES

1. Es importante para la detección de fallas el uso de manuales gráficos, con metodologías sencillas sin perder la tecnicidad que se necesita sobre las detecciones de las distintas fallas, así como tener el equipo adecuado de medida a la hora de efectuar alguna instalación nueva de un servicio domiciliar o industrial según sea el caso.
2. Una secuencia de monitoreos constantes permitirá localizar fallas de manera más rápidas, haciendo al personal más eficiente y eficaz en la detección de las mismas.
3. Y correcciones de las fallas localizadas, estos con normativos ya establecidos previamente darán como resultados procesos más rápidos en menor tiempo disminuyendo pérdidas para la empresa distribuidora así como para el consumidor.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Centro Español de Metrología. *Procedimiento el 00-5 para la calibración de medidores de energía eléctrica*. [en línea]. España. [http://www.cem.es/sites/default/files/el-005\\_digital.pdf](http://www.cem.es/sites/default/files/el-005_digital.pdf) [Consulta: 10 mayo 2013].
2. KARCZ, Andrés M. *Fundamentos de metrología eléctrica*. España: Marcombo, 1977. 261 p. tom I, II, III.
3. MYEEL. Medidores y Equipos Eléctricos S.A. *Medidor Electrónico ALPHA II*. [en línea]. Buenos Aires, Argentina. [http://www.myeel.com.ar/producto.php?producto=ALPHA\\_II](http://www.myeel.com.ar/producto.php?producto=ALPHA_II) [Consulta: 3 mayo 2013].
4. NELSON P., Víctor. *Análisis y Diseño de Circuitos Lógicos Digitales*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1996. 842 p. ISBN: 9688807060.
5. SIEMENS. *Medidor de estado sólido S4*. USA: SIEMENS, 1997. 85 p. Boletín 987.



## ANEXOS

ANEXO I. Ejemplos de definición de puntos de calibración.

### EJEMPLO 1

Se tiene un medidor de energía eléctrica activa, monofásico, en corriente alterna clase 2 y se desea hacer una verificación de su exactitud. Se sabe que:  $I_b = 10$  A,  $I_{max} = 40$  A,  $I_{min} = 0,5$  A, así que los puntos de medida serán a su tensión y frecuencia de referencia y para las siguientes intensidades:

Tabla A. **Puntos de medida, intensidades**

Nº	$I$ (A)	$\cos\varphi$
1	0,5	1
2	1	1
3	1	0,5 inductivo
4	2	1
5	2	0,5 inductivo
6	5	1
7	5	0,5 inductivo
8	10	1
9	10	0,5 inductivo
10	20	1
11	20	0,5 inductivo
12	30	1
13	30	0,5 inductivo
14	40	1
15	40	0,5 inductivo

Fuente: Centro Español de Metrología. Procedimiento EL-005 para la calibración de medidores de energía eléctrica. p. 35.

Como se puede observar en la tabla, se han tomado valores proporcionales a la  $I_b$  desde su  $I_{\text{mín}}$  hasta su  $I_{\text{máx}}$ .

## EJEMPLO 2

Se desea calibrar un medidor de energía eléctrica activa en corriente alterna que posee los siguientes rangos de medida:

Tensión: 60 V, 120 V, 240 V

Intensidad: 1 A, 5 A

Tabla B. **Puntos de medida, intensidades y ángulo**

Nº	$U$ (V)	$I$ (A)	$\cos \varphi$
1	240	5	1
2	240	5	0,5 inductivo
3	240	1	1
4	120	5	1
5	120	5	0,5 inductivo
6	120	5	0,5 capacitivo
7	120	1	1
8	120	1	0,5 inductivo
9	120	1	0,5 capacitivo
10	60	5	1
11	60	1	1
12	60	1	0,5 inductivo

Fuente: Centro Español de Metrología. Procedimiento EL-005 para la calibración de medidores de energía eléctrica. p. 36.