

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA



PROYECTO DE GRADO

**“VERIFICACIÓN E INCERTIDUMBRE POSTERIOR DE MEDIDORES
ESTÁTICOS MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN
LABORATORIO”**

POSTULANTE : UNIV. DANIEL DESIDERIO MAMANI LAZARTE
ASESOR : ING. LUCIO MAMANI CHOQUE

La Paz – Bolivia

2020



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

A mis padres Desiderio Mamani, Felipa Lazarte y hermanos Sarah Mamani, Luis Llanos por el apoyo y estímulo constante para la culminación de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios, por darme su bendición y fuerzas todos estos años.

Al Ingeniero Lucio Mamani Choque por todo el apoyo, colaboración y conocimiento que fue fundamental para el desenvolvimiento de este proyecto.

A mis tribunales: Ing. Marcelo Jesús Harriague Álvarez, Ing. Luis Aguilar Aruquipa, Jaime Ricardo Peña Montaña por el intercambio y sugerencias para la culminación de este trabajo.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, por el intercambio de experiencias e ideas que contribuyeron a mi perfeccionamiento intelectual y profesional.

A mi familia, padres, hermanos y amigos por el apoyo incondicional y su comprensión en todo momento desde el principio de la carrera y hasta este momento.

VERIFICACIÓN E INCERTIDUMBRE POSTERIOR DE MEDIDORES ESTÁTICOS MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LABORATORIO

RESUMEN

La verificación posterior de medidores estáticos monofásicos de energía eléctrica es un procedimiento que se lo debe realizar cuando el medidor tiene ya un recorrido el cual puede presentar errores en el momento de la lectura de datos, para esto se debe verificar que trabaje en sus valores de referencia para evitar una errónea lectura que conllevaría a una mala interpretación de la incertidumbre.

Es por ello que se elabora el presente procedimiento como una guía base adecuada a los laboratorios de metrología en el sector eléctrico para garantizar un funcionamiento óptimo y confiable. Para ello la propuesta del procedimiento consta de seis capítulos donde los primeros tres están enfocados a conocer los conceptos fundamentales de la metrología eléctrica, normativas con las que se está trabajando y las condiciones técnicas que debe cumplir el laboratorio para realizar la verificación posterior como ser el sistema de calidad, la trazabilidad, manipulación de los ítems de ensayo, evaluación del desempeño, auditoría interna y componentes de verificación.

Posteriormente ingresando al cuarto capítulo se observa la propuesta de la norma técnica haciendo énfasis a la verificación posterior de los medidores estáticos de energía eléctrica priorizando los ensayos, la toma y tratamiento de datos. En el quinto capítulo entramos al análisis de los resultados tomando en cuenta la incertidumbre, su validación, las consideraciones prácticas para el respectivo cálculo y el protocolo de los datos obtenidos en los ensayos. Finalmente en el sexto capítulo se observará la importancia de la climatización y el tiempo de climatización del medido eléctrico bajo prueba y las observaciones de los laboratorios que realizan verificaciones.

VERIFICACIÓN E INCERTIDUMBRE POSTERIOR DE MEDIDORES ESTÁTICOS MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LABORATORIO

INDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Objetivos.....	1
1.3.1. Objetivo General.....	1
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación	2
2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1. Metrología Eléctrica.....	2
2.1.1. Metrología.....	2
2.1.2. Exactitud y Precisión.....	3
2.1.2.1. Exactitud.....	3
2.1.2.2. Precisión.....	3
2.1.3. Error.....	3
2.1.3.1. Errores Gruesos.....	4
2.1.3.2. Errores Sistemáticos.....	4
2.1.3.3. Errores Aleatorios.....	4
2.1.4. Incertidumbre.....	4
2.1.4.1. Calibración.....	4
2.1.4.2. Deriva.....	5
2.1.4.3. Evaluación (de incertidumbre) Tipo A.....	5
2.1.4.4. Evaluación (de incertidumbre) Tipo B.....	5
2.1.4.5. Factor de cobertura.....	5
2.1.4.6. Incertidumbre estándar.....	5
2.1.4.7. Incertidumbre estándar combinada.....	5
2.1.4.8. Incertidumbre expandida.....	6
2.1.4.9. Magnitud de Salida.....	6

2.1.4.10. Magnitud de entrada.....	6
2.1.4.11. Magnitud de influencia	6
2.1.4.12. Mensurado.....	6
2.1.4.13. Tolerancia.....	6
2.1.4.14. Trazabilidad.....	7
2.1.5. Sistema Internacional de Unidades.....	7
2.1.5.1. El Ohmio.....	8
2.1.5.2. El Voltio.....	8
2.1.5.3. El Amperio.....	8
2.1.6. Patrón	8
2.1.6.1. Patrón Nacional	9
2.1.6.2. Patrón Internacional.....	9
2.1.6.3. Patrón Primario	9
2.1.6.4. Patrón Secundario.....	9
2.1.6.5. Patrón de Trabajo.....	9
2.1.6.6. Patrón Viajero.....	9
2.1.6.7. Patrón de Referencia	10
2.1.6.8. Patrón de Transferencia	10
2.1.6.9. Repetibilidad.....	10
2.1.7. Reciprocidad.....	11
2.1.8. Medidor Electromagnético.....	12
2.1.9. Medidor Estático.....	12
2.2. Medidor de acuerdo a su Exactitud.....	12
2.2.1. Medidores clase 2.....	13
2.2.2. Medidores clase 1.	13
2.2.3. Medidores clase 0.5.....	13
2.2.4. Medidores clase 0.2.....	13
2.3. Normas de Referencia.....	13

2.3.1. IEC 62053-11 Equipos De Medida De La Energía Eléctrica (C.A.)	
Requisitos Particulares Parte11: Contador Electromecánico de Energía Activa	
Clases 0.5, 1.0 Y 2.0.	14
2.3.2. IEC 62053-21. Equipos De Medida De La Energía Eléctrica (C.A.).	
Requisitos Particulares. Parte 21: Contadores Estáticos de Energía Activa	
(Clases 1.0 Y 2.0)	14
2.3.2.1. Material:	14
2.3.2.2. Propiedades generales:	14
2.3.2.3. Propiedades eléctricas:	15
2.3.2.4. Resistencia a la intemperie de la base, cubierta o tapa principal, tapa cubre	
bornes y tambores del sistema ciclo métrico:.....	15
2.3.2.5. Registrador:	16
2.3.2.6. Certificaciones.....	16
2.3.3. IEC 62053-22. Equipos De Medida De La Energía Eléctrica (C.A.).	
Requisitos Particulares. Parte 22: Contadores Estáticos de Energía Activa	
(Clases 0.2s Y 0.5s)	16
2.3.4. ANSI C12.1-2008. Instituto Nacional De Normalización Estadounidense Para	
Contadores De Energía Eléctrica.....	16
2.3.5. ANSI C12.20-2002. Instituto Nacional de Normalización Estadounidense para	
Contadores de Energía Eléctrica Clase 0.5 Y 0.2.....	17
2.3.5.1. Material:	17
2.3.5.2. Propiedades generales:	17
2.3.5.3. Propiedades eléctricas:	17
2.3.5.4. Resistencia a la intemperie de la base, cubierta o tapa principal, tapa cubre	
bornes:	18
2.3.5.5. Detalles constructivos:	18
2.3.5.6. Certificaciones:	18
2.3.6. Norma Boliviana NN-ISO-IEC 17025.....	18
2.3.7. IEC 62052-11 Electricity metering equipment (AC) – General requerements,	
tests and test conditions.	19

2.3.8. INACAL PNMP 021 Equipos De Medición De La Energía Eléctrica (C.A.) Inspección De Aceptación	19
2.3.9. NTC 2288 “Equipos de medición de energía eléctrica -C.A.-. Requisitos particulares. Medidores electromecánicos de energía activa -clases 0,5, 1 y 2-.”, basada en la norma IEC 62053-11.....	19
2.3.10. NTC 2147 “Medidores Estáticos de Energía Activa. Especificaciones Metrológicas para clase 0.2S y 0.5S”, basada en la norma IEC 62053-22.....	20
2.3.11. NTC 4052 “Medidores Estáticos de Energía Activa para corriente alterna clase 1 y 2”, basada en la norma IEC 62053-21.....	21
2.3.12. NTC 4569 “Equipos de medición de energía eléctrica –C.A.-. Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía reactiva (Clases 2 y 3)”, basada en la norma IEC 62053-23.	22
2.4. Característica de los Medidores estáticos de energía eléctrica	22
2.4.1. Principio de Funcionamiento	22
2.4.1.1. Medición de energía eléctrica activa	23
2.4.1.2. Adquisición de Variables de Entrada Analógicas.....	24
2.4.1.3. Muestreo de las Variables de Entrada Analógicas.....	25
2.4.1.4. Conversión análoga digital.....	27
2.4.1.5. Funciones.....	27
2.4.1.6. Tipos de conversores.....	28
2.4.1.7. Requerimientos de un conversor	30
2.4.1.8. Fuente de alimentación	31
2.4.1.9. Procesamiento de los registros	31
2.4.1.10. Despliegue de la Información	31
2.4.1.11. Comunicación, control y monitoreo	32
2.4.2. Compatibilidad electromagnética	32
2.4.2.1. Inmunidad a las perturbaciones electromagnéticas	33
2.4.2.2. Supresión de las perturbaciones radioeléctricas (radio interferencias)	33
2.4.3. Confiabilidad de los elementos semiconductores	33
2.4.3.1. Etapas de la curva de fiabilidad	35

2.4.3.2. Fallas típicas.....	37
3. CAPITULO III. CONDICIONES TÉCNICAS	38
3.1. Condiciones que debe cumplir un Laboratorio.....	38
3.1.1. Temperatura y humedad.....	38
3.1.2. Fuentes de alimentación del laboratorio.....	39
3.1.3. Patrones del laboratorio.....	39
3.1.4. Patrones básicos de referencia.....	39
3.1.5. Verificación periódica de patrones de referencia.....	39
3.1.6. Historial de rendimiento.....	39
3.1.7. Requisitos de funcionamiento para los medidores patrón	40
3.1.7.1. Respecto al voltaje	40
3.1.7.2. Respecto a la corriente	40
3.1.7.3. Respecto al ángulo de fase	40
3.1.7.4. Respecto a la frecuencia.....	40
3.1.7.5. Distorsión de forma de onda.....	40
3.1.7.6. Temperatura ambiente.....	40
3.1.7.7. Campos magnéticos externos.....	40
3.1.8. Pruebas de exactitud para los patrones portátiles y de referencia.....	41
3.1.8.1. Aislamiento.....	41
3.1.8.2. Condiciones de referencia	41
3.1.8.3. Requisitos de funcionamiento.....	41
3.2. Sistema de calidad.....	42
3.2.1. El Control de Calidad Total.	43
3.2.2. Aseguramiento de la Calidad.....	44
3.2.3. No conformidad del sistema de calidad.....	44
3.3. Trazabilidad	46
3.3.1. Elementos de la Trazabilidad.....	46
3.3.1.1. Una cadena ininterrumpida de comparaciones	46
3.3.1.2. Incertidumbre de la medición	46
3.3.1.3. Documentación	47

3.3.1.4. Competencia.....	47
3.3.1.5. Referencia al Sistema Internacional de Unidades (SI)	47
3.3.1.6. Re-calibraciones	47
3.3.2. Esquema de Trazabilidad.....	48
3.3.3. Carta de Trazabilidad.....	48
3.3.4. Confirmación Metrológica.....	49
3.4. Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración.....	50
3.5. Evaluación del desempeño.....	52
3.5.1. Organización.....	52
3.5.2. Satisfacción del cliente	52
3.5.3. Análisis y evaluación.....	52
3.6. Auditoria interna	53
3.6.1. Organización.....	53
3.7. Componentes de verificación.....	54
3.7.1. Examen metrológico	54
3.7.2. Examen técnico	55
3.7.3. Examen administrativo	55
4. CAPITULO IV. PROPUESTA DE LA NORMA TÉCNICA DE VERIFICACIÓN POSTERIOR DE MEDIDORES ESTÁTICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA....	56
4.1. Procedimiento para la Verificación Posterior	57
4.1.1. Verificación Visual de estado de los sellos.....	57
4.1.1.1. Sello Roto o Abierto.....	57
4.1.1.2. Sello deformado	57
4.1.1.3. Sello deteriorado	57
4.1.1.4. Sello con elemento extraño.....	57
4.1.1.5. Sello no existente.....	57
4.1.1.6. Otro.....	57
4.1.2. Verificación de las condiciones técnicas del medidor.....	58
4.1.3. Condiciones de ensayo para medidores bajo prueba.....	59
4.1.3.1. Condiciones de referencia	59

4.1.3.2. Equilibrio de tensión y corriente	60
4.2. Diagrama de conexión	60
4.3. Proceso de Verificación	61
4.3.1. Equipos y materiales	61
4.3.2. Contador de energía eléctrica activa	61
4.3.3. Fuente de potencia constante	62
4.3.4. Contador de señal de salida	62
4.3.5. Sistema de sincronización	63
4.3.6. Calidad del equipo	63
4.3.7. Equipos de ensayos.....	64
4.3.8. Ensayo de tensión.....	64
4.3.9. Materiales y/o Equipos auxiliares.....	64
4.3.10. Ensayos preliminares	65
4.4. Ensayos	65
4.4.1. Ensayo de tensión en c.a.	66
4.4.2. Ensayo en condición de vacío	67
4.4.2.1. Método de conteo de pulsos	67
4.4.2.2. Método indicador de ausencia de carga	68
4.4.3. Ensayo de Arranque	68
4.4.4. Ensayos de exactitud.....	69
4.4.5. Comprobación de la constante del medidor.....	70
4.5. Toma y tratamiento de datos.....	70
4.5.1. Comparación de Energía.....	72
5. CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
5.1. Incertidumbre	75
5.1.1. Evaluación de la incertidumbre Tipo A.....	77
5.1.2. Evaluación de la incertidumbre Tipo B	78
5.2. Validación de la incertidumbre.....	80
5.2.1. Procedimiento de cálculo.....	81
5.2.1.1. Incertidumbre tipo A (μ_A)	81

5.2.1.2. Incertidumbre tipo B (μ_B)	81
5.2.1.2.1. Incertidumbre debida al equipo de prueba de medidores utilizado (μ_{BE})	82
5.2.1.2.2. Contribución debida a la calibración del patrón (μ_{PC})	84
5.2.1.2.3. Propagación de la Incertidumbre	84
5.2.1.2.4. Incertidumbre compuesta (μ_C)	85
5.2.1.2.5. Incertidumbre expandida (μ_E)	85
5.3. Consideraciones prácticas sobre el cálculo de incertidumbre	86
5.3.1. Para patrones, equipos de prueba de medidores y medidores fabricados bajo las Normas Técnicas NTC 2147 (Medidores de energía activa estáticos clase 0,2s y 0,5s)	86
5.3.2. Para medidores fabricados bajo las Normas Técnicas NTC 2288 (Medidores de energía activa clases 0,5; 1,0 y 2,0), NTC 4052 (medidores de energía activa clases 1,0 y 2,0), NTC 4569 (medidores de energía reactiva estáticos clase 2 y 3)	86
5.3.2.1. Consideraciones para la verificación posterior y inicial	86
5.4. Protocolo	88
6. CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
6.1. CONCLUSIONES	90
6.2. RECOMENDACIONES	90
7. BIBLIOGRAFÍA	92
8. ANEXOS	96
ANEXO A: Condiciones Técnicas de los componentes del Medidor	97
ANEXO B: Sellos	102
ANEXO C: Verificación inicial y posterior de instrumentos de medición	106
ANEXO D: Ejemplo de Cálculo de la Incertidumbre	117
ANEXO E: Ejemplo de Comparación de Energía	122
ANEXO F: OIML D 20	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de tecnologías -----	27
Tabla 2. Parámetros de la teoría de fiabilidad-----	34
Tabla 3. Condiciones de referencia-----	41
Tabla 4. Requisitos de funcionamiento -----	42
Tabla 5. Condiciones de referencia Fuente: IEC 62053 -----	59
Tabla 6. Equilibrio de tensión y corriente Fuente: IEC 62053-23 -----	60
Tabla 7. Incertidumbre de medición medidores estáticos Fuente: IEC 62058-31 -----	64
Tabla 8. Ensayo de tensión en c.a. Fuente: NTC 2147-----	66
Tabla 9. Distancias de seguridad y distancias de fuga para medidores de caja aislada clase de protección I Fuente: NTC 5226 apartado 5.6 [32].-----	67
Tabla 10. Distancias de seguridad y distancias de fuga para medidores de caja aislada clase de protección II Fuente: NTC 5226 apartado 5.6 [32].-----	67
Tabla 11. Ensayo de arranque Fuente: IEC 62053-21 y IRAM 2420 -----	69
Tabla 12. Puntos de ensayo de exactitud y límite de error en porcentaje para medidores estáticos Fuente: IEC 62052-11 -----	69

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1. Modulador Sigma-Delta-----	29
Figura 2. Conversor análogo- digital y su aplicación industrial-----	30
Figura 3. Representación gráfica de los parámetros de fiabilidad de fallas -----	33
Figura 4. Curva de fiabilidad de elementos electrónicos-----	34
Figura 5. Sistema de Calidad Fuente: Elaboración propia-----	43
Figura 6. Esquema de Trazabilidad Fuente: International Laboratory Accreditation Cooperation ILAC, Title: ILAC Policy on Traceability of Measurement Results--	48
Figura 7. Confirmación Metrológica Fuente: Elaboración propia -----	49
Figura 8. Diagrama de conexión Fuente: Elaboración propia en base a la IEC 62058-21 ---	60

Verificación e Incertidumbre Posterior de Medidores Estáticos Monofásicos de Energía Eléctrica en Laboratorio

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

El consumo de la Energía Eléctrica se ha basado en el medidor electromecánico y electrodinámico. Pero en la actualidad las distribuidoras están reemplazándolos por medidores estáticos (electrónicos) que ofrecen mayor eficiencia y flexibilidad en la medición de diferentes parámetros eléctricos que caracteriza a la red.

De lo cual para poder expresar los resultados de una manera coherente es necesario conocer el procedimiento posterior que se realiza a los medidores estáticos usados para así poder conocer su incertidumbre para garantizar su calidad.

1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad los medidores de energía eléctrica analógicos están quedando en el pasado por tener un menor grado de exactitud en comparación a los medidores estáticos los cuales dejan atrás las lecturas estimadas para dar paso a las lecturas reales con una menor incertidumbre la que es corroborada en una “Verificación Inicial” por el fabricante y el laboratorio de la empresa que da el servicio de la distribución de energía eléctrica, la cual también está encargada de la “Verificación Posterior” que es referida a los medidores con recorrido de los cuales no existe una Normativa Aprobada en el país y es muy escasa la información en Normas Internacionales para lo cual se plantea elaborar una propuesta técnica teórica .

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo General*

Elaborar una propuesta de procedimiento para la Verificación Posterior de Medidores Estáticos Monofásicos de Energía Eléctrica y se pueda hallar la incertidumbre para transparentar las condiciones de funcionamiento de un medidor estático de energía eléctrica bajo normativas.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- ✓ Especificar las condiciones técnicas que debe presentar el equipo de contrastación.
- ✓ Conocer las características de funcionamiento de los medidores estáticos de energía eléctrica.
- ✓ Conocer los ensayos que se usará en la propuesta del procedimiento

1.4. Justificación

Al no existir un Procedimiento para la Verificación posterior de los medidores estáticos aprobada en el país. Se desea realizar una propuesta de procedimiento para realizar la verificación en laboratorios nacionales.

En la actualidad no existen normas que se encarguen de evaluar estos medidores en estas condiciones, las únicas normas que existen son las de medidores de inducción monofásicos que más se enfocan en la verificación inicial como ser NB 499 (Condiciones generales de aceptación) [34], NB500 (Recepción de medidores) [35].

2. CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Metrología Eléctrica

La metrología eléctrica se ocupa de lo relativo a las mediciones de fenómenos electromagnéticos que tienen una gran importancia en casi todos los demás sectores de la industria moderna, como el de las telecomunicaciones, la informática, la industria automotriz, la robótica, la aviónica, la instrumentación, la medicina, el transporte, los cuales están sujetos a la metrología, exactitud, precisión, error, incertidumbre, patrones que estaremos estudiando.

2.1.1. *Metrología*

La metrología es la ciencia de las mediciones, toma en cuenta los métodos y los medios usados en todas las actividades de la vida para garantizar la uniformidad y exactitud requeridas en las mediciones realizadas en continuo desarrollo como consecuencias del desarrollo general de la ciencia y tecnología, permitiendo así realizar:

- Promover el desarrollo de un sistema armonizado de medidas, análisis ensayos exactos, necesarios para que la industria sea competitiva.
- Facilitar la industria las herramientas de medida necesarias para la investigación y desarrollo de campos determinados y para definir y controlar mejor la calidad de los productos.
- Perfeccionar los métodos y medios de medición.
- Facilitará el intercambio de información científica y técnica.

Posibilita una mayor normalización internacional de productos en general, maquinaria, equipos y medios de medición.

2.1.2. Exactitud y Precisión

2.1.2.1. Exactitud

La exactitud es la proximidad entre el valor medido y el valor verdadero de una magnitud a medir. La “exactitud en la medida” no es una magnitud y no se expresa numéricamente. Se dice que una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de la medición.

2.1.2.2. Precisión

La precisión es la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, bajo condiciones especificadas. La precisión se puede expresar numéricamente mediante medidas de dispersión tales como desviación típica, varianza o el coeficiente de variación bajo las condiciones especificadas. La precisión, se utiliza para definir a la repetibilidad de medida.

2.1.3. Error

El error es la diferencia entre el resultado de la medición y un valor verdadero de la magnitud medida.

Ninguna medición se puede realizar con una exactitud perfecta, pero es importante descubrir cuál es la exactitud real, y como se generan los diferentes errores en las mediciones.

2.1.3.1. Errores Gruesos

Se deben principalmente a fallas de origen humano, como mala lectura de los instrumentos, ajuste incorrecto y aplicación inapropiada, así como equivocaciones en el registro y los cálculos de los resultados.

2.1.3.2. Errores Sistemáticos

Se deben a fallas en los instrumentos, como partes defectuosas o gastadas, y efectos ambientales sobre el equipo.

2.1.3.3. Errores Aleatorios

Ocurren por causas que no se pueden establecer directamente debido a variaciones aleatorias en los parámetros o en los sistemas de medición.

2.1.4. Incertidumbre

Es el parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores, que en forma razonable se le podría atribuir a una magnitud por medir. Sin embargo, esta no es inconsistente con otros conceptos de incertidumbre de medición, tales como:

- ✓ Una medida del posible error en el valor estimado del mensurado proporcionado por el resultado de una medición
- ✓ Una estimación que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se halla el valor verdadero de un mensurado.

También se utilizarán otros términos relacionados con la incertidumbre, [5] entre los que se destacan:

2.1.4.1. Calibración

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de las magnitudes que indique un instrumento de medición o un sistema de medición, o valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes determinados por medio de los patrones.

2.1.4.2. Deriva

Cambio lento de una característica metrológica de un instrumento de medición.

2.1.4.3. Evaluación (de incertidumbre) Tipo A

Método para evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones repetidas. [7]

2.1.4.4. Evaluación (de incertidumbre) Tipo B

Método para evaluar la incertidumbre por otro medio que no sea el análisis estadístico de una serie de observaciones [7] como ser en base a:

- ✓ Datos de mediciones anteriores,
- ✓ Experiencia en el conocimiento general de las características, comportamiento y propiedades de los instrumentos,
- ✓ Especificaciones de los fabricantes,
- ✓ Datos obtenidos de los certificados de calibración o de otro tipo de certificados,
- ✓ Incertidumbres asociadas a datos de referencia tomados de manuales.

2.1.4.5. Factor de cobertura

Factor numérico usado como multiplicador de la incertidumbre estándar combinada con el propósito de obtener una incertidumbre expandida.

2.1.4.6. Incertidumbre estándar

Incertidumbre del resultado de una medición expresada como una desviación estándar.

2.1.4.7. Incertidumbre estándar combinada

Incertidumbre estándar del resultado de una combinación cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de algunas otras magnitudes, igual a la raíz cuadrada positiva de una suma de términos, siendo estos términos las varianzas y covarianzas de

estas otras magnitudes ponderadas de acuerdo como el resultado de la medición varía con respecto a cambios en estas magnitudes.

2.1.4.8. Incertidumbre expandida

Cantidad que define un intervalo alrededor de una medición del que se puede esperar que abarque una fracción grande de la distribución de valores que razonablemente pudieran ser atribuidos al mensurado.

2.1.4.9. Magnitud de Salida

Es el resultado cuya incertidumbre se desea determinar.

2.1.4.10. Magnitud de entrada

Son las variables de las cuales depende la magnitud de salida.

2.1.4.11. Magnitud de influencia

Magnitud que no es el mensurado pero que afecta el resultado de una medición, como ser:

- ✓ Temperatura de un micrómetro usado para medir longitud
- ✓ Frecuencia de una medición de la amplitud de una diferencia de potencial eléctrica alterna
- ✓ Concentración de bilirrubina en la medición de la concentración de hemoglobina en una muestra de plasma sanguíneo humano.

2.1.4.12. Mensurado

Magnitud particular sujeta a medición

2.1.4.13. Tolerancia

La tolerancia es un parámetro que no está asociado a la medida, sino que está dado por uno o más de los siguientes aspectos:

- ✓ Normas técnicas.

- ✓ Especificaciones del fabricante de los equipos objeto de prueba,
- ✓ Especificaciones del cliente.
- ✓ Especificaciones propias: establecidas con base en la experiencia y en las necesidades de cada laboratorio en particular.

Es necesario definir la tolerancia puesto que no existe una medida sin error, lo cual quiere decir, que no es posible determinar el valor verdadero de una magnitud, sino que se determina el intervalo dentro del cual se encontraría el valor verdadero con un nivel de confianza establecido.

2.1.4.14. Trazabilidad

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, en virtud de la cual ese resultado se puede relacionar con referencias estipuladas, generalmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones que tengan todas las incertidumbres determinadas.

2.1.5. Sistema Internacional de Unidades

El sistema Internacional de Unidades (SI), es el sistema coherente unidades adoptado y recomendado por la Conferencia General de Pesas y Medidas. Hasta antes de octubre de 1955 el SI estaba integrado por tres clases de unidades:

- ✓ Unidades SI de base
- ✓ Unidades SI suplementarias
- ✓ Unidades SI derivadas

Son siete unidades sobre las que se fundamenta el SI y de cuya combinación se obtiene todas las unidades derivadas: unidades de longitud (metro), unidad de masa (kilogramo), unidad de tiempo (segundo), unidad de corriente eléctrica (amperio), unidad de temperatura termodinámica (kelvin), unidad de intensidad luminosa (candela) y unidad de cantidad de sustancias (mol) [1].

2.1.5.1. El Ohmio

Es la resistencia eléctrica de un elemento pasivo de un circuito recorrido por una corriente invariable de un amperio, sometido a una tensión constante de un voltio entre sus terminales. [2]

2.1.5.2. El Voltio

Es la tensión eléctrica existente entre las terminales de un elemento pasivo de un circuito, que disipa una potencia de un watt, cuando es recorrido por una corriente invariable de un amperio.

Si se consume energía sobre una cantidad de carga, la relación entre el trabajo y la carga recibe el nombre de voltaje. Por ejemplo, en una batería se efectúan procesos químicos para realizar trabajo sobre partículas cargadas, de manera que aparece un voltaje a través de sus terminales. La sigla del voltaje es [V]. [2]

2.1.5.3. El Amperio

Es la intensidad de una corriente constante que manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a $2 \cdot 10^{-7}$ newton por metro de longitud.

Cuando se transfieren partículas de carga a través de cualquier superficie de dos dimensiones. La tasa de transferencia neta de carga con respecto al tiempo se denomina flujo de corriente.

2.1.6. Patrón

Es una cantidad estandarizada de una determinada magnitud física, definida y adoptada por convención o por ley. El cual puede ser un instrumento de medida, una medida materializada, un material de referencia o un sistema de medida destinado a definir, realizar o reproducir una unidad o varios valores de magnitud para que sirvan de referencia [3]. Existen varios tipos de patrones los cuales son:

2.1.6.1. Patrón Nacional

Reconocido por la legislación nacional para servir de base, en un país, en la asignación de valores a otros patrones de la magnitud afectada.

2.1.6.2. Patrón Internacional

Son aquellos que se definen por patrones internacionales. Representan ciertas unidades de medida con la mayor exactitud que permite la tecnología de producción y medición. Los patrones internacionales se evalúan y modifican periódicamente con mediciones absolutas en términos de las unidades fundamentales.

2.1.6.3. Patrón Primario

Patrón que es designado o ampliamente reconocido como poseedor de las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor se acepta sin referirse a otros patrones de la misma magnitud son aquellos patrones que se encuentran en los laboratorios de patrones nacionales en diferentes partes del mundo.

2.1.6.4. Patrón Secundario

Patrón cuyo valor se establece por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

2.1.6.5. Patrón de Trabajo

Patrón que se utiliza generalmente para calibrar o controlar medidas materializadas, instrumentos de medida o materiales de referencia.

2.1.6.6. Patrón Viajero

Patrón, algunas veces de construcción especial, diseñada para el transporte entre distintos emplazamientos utilizado para la interoperación de patrones. Un patrón de frecuencia de cesio accionado por acumulador portátil puede utilizarse como patrón de fuerza viajero.

2.1.6.7. Patrón de Referencia

El Patrón en general, de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, de la cual se deriva las mediciones efectuadas en dicho lugar. Los laboratorios de calibración mantienen los patrones de referencia para calibrar sus patrones de trabajo.

2.1.6.8. Patrón de Transferencia

Patrón utilizado como intermediario para comparar patrones. Las resistencias se utilizan como patrones de transferencia para comparar patrones de voltaje. Las pesas se utilizan para comparar balanzas.

2.1.6.9. Repetibilidad

Al repetir una medición, cuando esta es realizada bajo las mismas condiciones que la medición previa, se dice que posee condiciones de repetibilidad.

Al cumplir condiciones de repetibilidad se dice que no se alterará en la medición siguiente ningún factor que intervino en la medición actual, es decir que no se cambiará ninguno de los parámetros actuales.

Los resultados obtenidos como producto de las mediciones es quien caracteriza el acuerdo más cercano entre los resultados de mediciones sucesivas llevadas a cabo en condiciones de repetibilidad, la que puede ser expresada de forma cuantitativa si se da en términos y caracteriza la dispersión del resultado.

Las mediciones se mantienen sin cambio ante las presentes condiciones:

- ✓ El objeto de medición (mensurado)
- ✓ El observador
- ✓ El lugar y ambiente donde se realizó la medición
- ✓ El instrumento utilizado en la medición
- ✓ La repetición de la medición fue hecha en un tiempo muy corto entre ambas.

2.1.7. *Reciprocidad*

Al repetir una medición y cuando esta no es realizada bajo las mismas condiciones que la medición previa se dice que posee condiciones de reproducibilidad, es decir que se variaran algunas de las condiciones de la medición anterior.

Para que una expresión de reproducibilidad sea válida es necesario que se especifiquen las condiciones que variaron entre las mediciones realizadas, dichas condiciones pueden incluir:

- ✓ El observador de la medición
- ✓ El instrumento utilizado en la medición
- ✓ El patrón de referencia tomado

Los Medidores de Energía Eléctrica son dispositivo que miden el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo éste su objetivo específico. Normalmente están calibrados en unidades de facturación, siendo la más común el kilovatio-hora [kWh].

Existen contadores electromecánicos y electrónicos siendo este el ocupado actualmente. Los electromecánicos utilizan bobinados de corriente y de tensión para crear corrientes parásitas en un disco que, bajo la influencia de los campos magnéticos, produce un giro que mueve las agujas del cuadrante. Los contadores electrónicos utilizan convertidores analógico-digitales para hacer la conversión.

En los contadores sin telegestión, se lleva a cabo la lectura del contador una vez por período de facturación. Los medidores inteligentes (contadores de telegestión) aprovechan que están instalados en una red eléctrica inteligente (*Smart grid*) para enviar a la compañía distribuidora los datos de consumo con una frecuencia mayor. Conforme progresa la implantación de las *smart grids*, esto permitirá una generación más ajustada a la demanda real de cada momento del día. Se clasifican de acuerdo a su construcción en:

2.1.8. Medidor Electromagnético

También llamado medidor de inducción, en los cuales las corrientes en las bobinas fijas reaccionan con las inducidas en un elemento móvil, generalmente un disco, haciéndolo mover.

El principio de funcionamiento es muy similar al de los motores de inducción y se basa en la teoría de la relación de corriente eléctrica con los campos magnéticos. [6]

2.1.9. Medidor Estático

También llamados medidores electrónicos, en los cuales la corriente y la tensión actúan sobre elementos de estado sólido (electrónicos) para producir pulsos de salida y cuya frecuencia es proporcional a los Vatios-hora ó Var-hora.

Están contruidos con dispositivos electrónicos, generalmente son de mayor precisión que los electromagnéticos y por ello se utilizan para medir en centros de energía, donde se justifique su mayor costo.

2.2. Medidor de acuerdo a su Exactitud

El índice de clase es el número que expresa el límite de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre 0,1 veces la corriente básica y la corriente máxima o entre 0,05 veces la corriente nominal y la corriente máxima con un factor de potencia unitario (y en caso de medidores polifásicos con cargas balanceadas).

De acuerdo al punto de instalación, carga a medir, nivel de tensión, tipo de cliente y otros parámetros, debe utilizarse un medidor de una clase determinada.

De acuerdo a la Norma NTC 2288 y 2148, los medidores se dividen en las siguientes clases: 2, 1,0.5 y 0.2 [4]. Estos valores significan los límites de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre el 10% nominal y la corriente máxima con un factor de potencia igual a 1

Como ser:

- ✓ Clase 2: garantiza que el error se encuentra entre más o menos el 2%.

- ✓ Clase 1: garantiza que el error se encuentra entre más o menos el 1%.
- ✓ Clase 0,5: garantiza que el error se encuentra entre más o menos el 0,5%.
- ✓ Clase 0,2: garantiza que el error se encuentra entre más o menos el 0,2%.

2.2.1. Medidores clase 2

Se incluye medidores monofásicos, bifásicos para medir energía activa en casas oficinas, locales comerciales y pequeñas industrias con cargas inferiores a 45 kVA.

2.2.2. Medidores clase 1.

Incluye los medidores trifásicos para medir energía activa y reactiva de grandes consumidores. Para cargas mayores a 45 kVA Se exige que sean medidores electrónicos.

2.2.3. Medidores clase 0.5

Se utilizan para medir a grandes consumidores. Cuando el usuario es no regulado o la tarifa es horaria, el medidor debe tener un puerto de comunicación o módem para enviar la información a través de la línea telefónica.

2.2.4. Medidores clase 0.2

Se utilizan para medir la energía activa suministrada en bloque en punto de frontera con otras empresas electrificadoras o grandes consumidores alimentados a 115 kV. Los medidores electrónicos de energía activa, deben cumplir con la Norma NTC 2147 “Medidores Estáticos de Energía Activa. Especificaciones Metrológicas para clase 0.2S y 0.5S” y NTC 4052 “Medidores Estáticos de Energía Activa para corriente alterna clase 1”.

El índice de clase es el número que expresa el límite de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre 0.1 veces la corriente básica y la corriente máxima ó entre 0.05 veces la corriente nominal y la corriente máxima con un $\text{Cos}\Phi=1$.

2.3. Normas de Referencia

Estas son algunas de las normas que usamos:

2.3.1. IEC 62053-11 Equipos De Medida De La Energía Eléctrica (C.A.) Requisitos Particulares Parte11: Contador Electromecánico de Energía Activa Clases 0.5, 1.0 Y 2.0.

Esta norma es aplicable a los contadores electromecánicos nuevos que registran energía activa, la norma hace referencia en forma puntual a los valores eléctricos normales, requisitos mecánicos, condiciones climáticas, requisitos eléctricos, requisitos metrologicos y ajuste.

La mayoría de las empresas distribuidoras del país dejaron de utilizar los contadores electromecánicos clase de precisión 2, cabe indicar que para los clientes industriales o comerciales con consumos importantes la medición con contadores electrónicos con LCD

2.3.2. IEC 62053-21. Equipos De Medida De La Energía Eléctrica (C.A.). Requisitos Particulares. Parte 21: Contadores Estáticos de Energía Activa (Clases 1.0 Y 2.0)

Esta norma es aplicable a los contadores estáticos nuevos que registran energía activa, se hace referencia en forma particular a los valores eléctricos normales, requisitos mecánicos, condiciones climáticas, requisitos eléctricos y requisitos metrologicos.

Entre los requisitos generales para contadores electrónicos de energía eléctrica con registrador ciclo métrico clase 1.0 que solicitan las diferentes distribuidoras se tiene:

2.3.2.1. Material:

- ✓ Base y tapa cubre bornes de policarbonato.
- ✓ Tapa Principal o cubierta de policarbonato transparente.
- ✓ Tambor del registrador ciclo métrico de policarbonato negro con eje metálico.
- ✓ Placa de datos aleación de aluminio.

2.3.2.2. Propiedades generales:

- ✓ Marca, modelo.
- ✓ Año de fabricación no menor a 1 año de la compra.
- ✓ Procedencia.

- ✓ Número de fases (de acuerdo a requerimiento).
- ✓ Número de hilos (de acuerdo a requerimiento).
- ✓ Número de elementos de medición (de acuerdo a requerimiento).
- ✓ Ensamblaje tipo bornera o socket.
- ✓ Tarifa simple.

2.3.2.3. *Propiedades eléctricas:*

- ✓ Tensión nominal (de acuerdo a requerimiento).
- ✓ Frecuencia nominal 60 Hz.
- ✓ Corriente nominal 10 A o menor.
- ✓ Corriente máxima 60 A o 100 A.
- ✓ Corriente de arranque 40 mA o menor.
- ✓ Magnitud a medir energía activa (kWh).
- ✓ Indicador de lectura registrador tipo ciclométrico.
- ✓ Conexión directa.
- ✓ Consumo propio por cada elemento de tensión Máximo 1.0 W.
- ✓ Consumo propio por cada elemento de corriente incluido motor del registrador
- ✓ Máximo 0.5 VA.

2.3.2.4. *Resistencia a la intemperie de la base, cubierta o tapa principal, tapa cubre bornes y tambores del sistema ciclo métrico:*

- ✓ Grado de protección \geq IP 54.
- ✓ Resistencia rayos UV720 h (ASTM G 53).
- ✓ **Detalles constructivos:**
- ✓ Tapa principal y cubre bornes con dispositivos independientes para colocar sellos de seguridad.
- ✓ Indicador de ausencia de fase.
- ✓ LED emulador de generación de impulsos que permitirá su calibración.
- ✓ Diagrama de conexión impresa en placa de datos.
- ✓ Bornes con doble tornillo de sujeción para conductor.
- ✓ Número de medidor visual y en código de barras.

2.3.2.5. Registrador:

- ✓ Tipo ciclo métrico.
- ✓ Número de dígitos 5 enteros + 1 decimal.

2.3.2.6. Certificaciones

- ✓ Certificado de cumplimiento de normas de fabricación.
- ✓ Vida útil garantizada por el proveedor mínima 15 años.
- ✓ Tiempo de garantía técnica mínima 2 años.

2.3.3. IEC 62053-22. Equipos De Medida De La Energía Eléctrica (C.A.). Requisitos Particulares. Parte 22: Contadores Estáticos de Energía Activa (Clases 0.2s Y 0.5s)

Esta parte de la norma es aplicable a los contadores estáticos nuevos que registran energía activa clase de precisión 0.2S y 0.5S que tienen conectados transformadores para uso interior dentro de la envolvente, trata en forma particular los siguientes requerimientos: valores eléctricos normales, requisitos mecánicos, condiciones climáticas, requisitos eléctricos y requisitos metrológicos.

Las normas IEC 62053-11, IEC 62053-21, IEC 62053-22 se pueden aplicar a contadores que registren múltiples energías o que incorporen elementos funcionales dentro de la misma envolvente aplicando también sus normas específicas.

2.3.4. ANSI C12.1-2008. Instituto Nacional De Normalización Estadounidense Para Contadores De Energía Eléctrica

En esta norma se establecen los requisitos mínimos para el correcto funcionamiento de los contadores de energía activa de corriente alterna, contadores de demanda, registros de demanda, dispositivos de pulso, dispositivos auxiliares, también incluye información sobre temas relacionados como normas de medición recomendados, requisitos de instalación, métodos de prueba y los planes de ensayo.

2.3.5. ANSI C12.20-2002. Instituto Nacional de Normalización Estadounidense para Contadores de Energía Eléctrica Clase 0.5 Y 0.2

Esta norma establece los aspectos físicos y criterios de desempeño para contadores clase precisión 0.2 y 0.5, estos requerimientos son aplicables a contadores de electricidad desmontables incluye también a los tipo socket, de existir diferencias entre los requisitos de esta norma con C12.1 y C12.10 los requisitos de esta norma prevalecerán.

Entre los requisitos generales para contadores electrónicos de energía eléctrica activa, reactiva, demanda máxima, perfil de carga y calidad de energía tipo socket que solicitan las diferentes distribuidoras se tiene:

2.3.5.1. Material:

- ✓ Base de policarbonato.
- ✓ Tapa principal policarbonato transparente.

2.3.5.2. Propiedades generales:

- ✓ Marca.
- ✓ Modelo.
- ✓ Año de fabricación no menor a 1 año de la compra.
- ✓ Procedencia.

2.3.5.3. Propiedades eléctricas:

- ✓ Tensión nominal (de acuerdo a requerimiento).
- ✓ Frecuencia nominal 60 Hz.
- ✓ Corriente nominal (de acuerdo a requerimiento).
- ✓ Corriente máxima (de acuerdo a requerimiento).
- ✓ Clase de precisión 0,2.
- ✓ Magnitudes a medir Energía activa, energía reactiva, demanda máxima en 4 tarifas pico, no pico, factor de potencia, perfil de carga y medición de características de calidad de energía.
- ✓ Consumo propio por cada elemento de tensión 1 W.

- ✓ Consumo propio por cada elemento de corriente 0,5 VA.
- ✓ Velocidad de transmisión de datos 9600 bps.

2.3.5.4. Resistencia a la intemperie de la base, cubierta o tapa principal, tapa cubre bornes:

- ✓ Grado de protección \geq IP 54.
- ✓ Resistencia rayos UV 720 h (ASTM G 53).

2.3.5.5. Detalles constructivos:

- ✓ Tapa principal con dispositivos independientes para colocar sellos de seguridad.
- ✓ Puerto de comunicación Interfaz de red Ethernet BT 10/100 (IP) que permita el acceso remoto al equipo para configuraciones y lectura de datos.
- ✓ Visualizador de generación de impulsos para calibración LED y/o en Display
- ✓ Sistema de archivo memoria no volátil.
- ✓ Incluir la fuente auxiliar de energía: batería – condensador.
- ✓ Pantalla (display o visualizador) cristal líquido (LCD) de alta resolución.
- ✓ Base o tipo de ensamble tipo socket.
- ✓ Número de medidor visual y en código de barras.

2.3.5.6. Certificaciones:

- ✓ Certificado de cumplimiento de normas de fabricación.
- ✓ Vida útil garantizada por el proveedor mínima 15 años.
- ✓ Tiempo de garantía técnica mínima 2 años.

2.3.6. Norma Boliviana NN-ISO-IEC 17025

Requisitos generales para la competencia del laboratorio de ensayo y de calibración. La cual corresponde a la ISO-IEC 17025:2005 la cual nos indica los requisitos que debe cumplir los laboratorios de ensayo y calibración si desean demostrar que poseen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados

teóricamente validos para que puedan funcionar de acuerdo con un sistema de gestión de calidad para que cumpla NB-ISO 9001 asi como esta norma internacional.

2.3.7. IEC 62052-11 Electricity metering equipment (AC) – General requirements, tests and test conditions.

Esta normativa es una adaptación de la IEC 62052-11 que nos da una referencia acerca de los equipos de medición eléctrica los cuales están sujetos a ensayos y requerimientos de esta norma.

Para pruebas de tipo de cubiertas para equipos de medición de electricidad para aplicaciones en interiores y exteriores y para equipos de nueva fabricación diseñados para medir la energía eléctrica en redes de 50 Hz o 60 Hz, con un voltaje de hasta 600 V. se aplica a medidores electromecánicos o estáticos para aplicaciones en interiores y exteriores que consisten en un elemento de medición y registro (s) encerrados juntos en una caja de medidor. También se aplica a los indicadores de operación y las salidas de prueba.

2.3.8. INACAL PNMP 021 Equipos De Medición De La Energía Eléctrica (C.A.) Inspección De Aceptación

Este proyecto de la norma metrológica Peruana especifica requisitos particulares para la aceptación de medidores estáticos de energía activa de conexión directa o a través de transformador de nueva fábrica (clase 0.2S, 0.5 S, 1 Y 2) entregados en lotes de cantidades superiores a 50.

2.3.9. NTC 2288 “Equipos de medición de energía eléctrica -C.A.-. Requisitos particulares. Medidores electromecánicos de energía activa -clases 0,5, 1 y 2-.”, basada en la norma IEC 62053-11.

Esta norma aplica solamente a medidores electromecánicos nuevos de clase de exactitud 0,5, 1 y 2, destinados a la medición de la energía eléctrica activa de corriente alterna, en circuitos con frecuencia de 50 Hz ó 60 Hz y aplica solamente para sus ensayos tipo.

Aplica sólo a medidores electromecánicos para aplicaciones interiores y exteriores compuestos de uno o más elementos de medida, y uno o más registradores incorporados en la misma caja.

También aplica a indicadores de operación y salidas de prueba. Si el medidor tiene un elemento de medida para más de un tipo de energía (medidores multi-energía) o cuando otros elementos funcionales, como indicadores de demanda máxima, registradores tarifarios electrónicos, interruptores horarios, receptores de control de rizado, interfaces de comunicación de datos, etc. Las cuales están incluidas en la caja del medidor, entonces las normas pertinentes para esos elementos también aplican.

Esta norma no aplica a:

- ✓ Medidores de energía activa cuya tensión en los bornes exceda 600 V (Tensión entre fases para sistemas polifásicos).
- ✓ Medidores portátiles.
- ✓ Interfaces de datos al registrador del medidor.
- ✓ Medidores de referencia.

2.3.10. NTC 2147 “Medidores Estáticos de Energía Activa. Especificaciones Metrológicas para clase 0.2S y 0.5S”, basada en la norma IEC 62053-22.

Esta norma aplica solamente a medidores estáticos nuevos de clase de exactitud 0,2 S y 0,5 S, destinados a la medición de la energía eléctrica activa de corriente alterna, en circuitos con frecuencia de 60 Hz y aplica solamente para sus ensayos tipo.

Aplica sólo a medidores estáticos que operan a través de un transformador para aplicaciones interiores, compuestos de uno o más elementos de medición, y uno o más registradores incorporados en la misma caja. También aplica a indicadores de operación y salidas de prueba.

Si el medidor tiene un elemento de medida para más de un tipo de energía (medidores multi-energía) o cuando otros elementos funcionales, como indicadores de demanda máxima, registradores tarifarios electrónicos, interruptores horarios, receptores de control

de rizado, interfaces de comunicación de datos, etc. están incluidos en la caja del medidor, entonces las normas pertinentes para esos elementos también aplican.

Esta norma no aplica a:

- ✓ Medidores de energía activa cuya tensión en los bornes exceda 600 V (Tensión entre fases para sistemas polifásicos).
- ✓ Medidores portátiles y medidores para uso exterior.
- ✓ Interfaces de datos al registrador del medidor.
- ✓ Medidores de referencia

2.3.11. NTC 4052 “Medidores Estáticos de Energía Activa para corriente alterna clase 1 y 2”, basada en la norma IEC 62053-21.

Esta es una norma para los ensayos tipo de medidores de energía eléctrica. Cubre los requisitos particulares para medidores que están siendo utilizados para aplicaciones interiores y exteriores en grandes cantidades alrededor del mundo. La Norma no aplica a implementaciones especiales (tales como partes de medición y/o registrador en cajas separadas). Esta norma debe ser utilizada en conjunto con la NTC 5226 (IEC 62052-11). Cuando algún requerimiento de esta norma corresponda a un ítem ya especificado en la NTC 5226 (IEC62052-11), los requerimientos de esta norma toman precedencia sobre los requerimientos de la NTC 5226 (IEC 62052-11). Esta norma hace diferencia entre: -Medidores clase de exactitud 1 y medidores clase de exactitud 2. -Medidores clase de protección I y clase de Protección II. -Medidores para usar en circuitos equipados con o sin neutralizadores de falla a tierra. Los niveles de ensayos requeridos son considerados como los valores mínimos para garantizar el funcionamiento apropiado del medidor bajo condiciones normales de trabajo. Para aplicaciones especiales, otros niveles de ensayos y condiciones de referencia pueden ser necesarios y deberían ser acordados entre el usuario y el fabricante.

2.3.12. NTC 4569 “Equipos de medición de energía eléctrica –C.A.-. Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía reactiva (Clases 2 y 3)”, basada en la norma IEC 62053-23.

Esta norma debe ser utilizada en conjunto con la NTC 5226 (IEC 62052-11). Cuando algún requerimiento de esta norma corresponda a un ítem ya especificado en la NTC 5226 (IEC 62052-11), los requerimientos de esta norma toman precedencia sobre los requerimientos de la NTC 5226 (IEC 62052-11).

Esta norma hace diferencia entre:

- ✓ Medidores clase de exactitud 2 y medidores clase de exactitud 3;
- ✓ Medidores clase de protección I y clase de Protección II;
- ✓ Medidores para usar en circuitos equipados con o sin neutralizadores de falla a tierra.

2.4. Característica de los Medidores estáticos de energía eléctrica

2.4.1. Principio de Funcionamiento

El funcionamiento de un medidor estático será descrito a partir de sus componentes y de acuerdo al siguiente diagrama de bloque:

- ✓ Medición de energía y variables eléctricas
- ✓ Adquisición de variables de entrada analógicas
- ✓ Fuente de alimentación
- ✓ Despliegue de la información
- ✓ Gestión de la información
- ✓ Comunicaciones, control y monitoreo

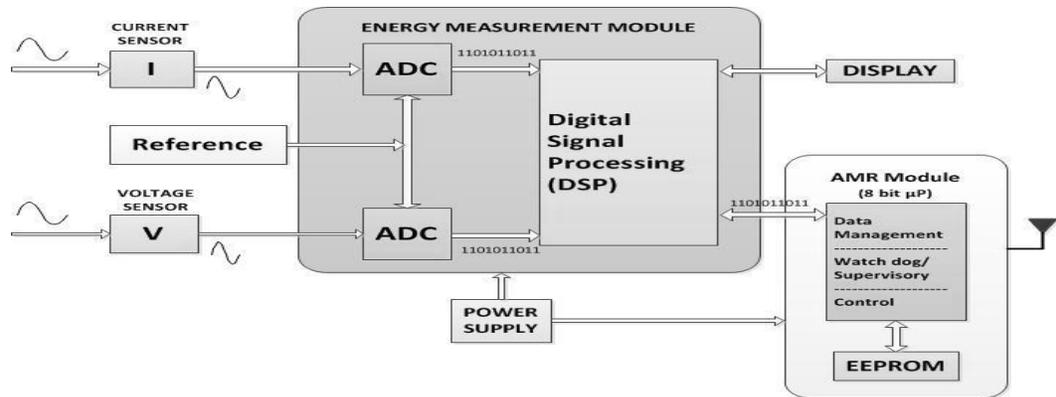


Figura 1 Diagrama funcional de un medidor electrónico de energía eléctrica

Fuente: Medidores Estáticos Osinergmin

2.4.1.1. Medición de energía eléctrica activa

Un medidor mide por medio de cálculos internos, la energía y variables eléctricas a partir de la digitalización o muestreo de la señal efectuada en la etapa de conversión analógica digital.

Esta dada la potencia del flujo de energía desde la fuente a la carga por el producto instantáneo de las señales de tensión y corriente eléctrica. Dicha señal resultante se denomina “potencia instantánea” y es la velocidad del flujo de energía en cualquier instante de tiempo. Sus unidades son watt o joule/segundo, dada por:

$$v_{(t)} = \sqrt{2} * V * \text{sen}(\omega t) \quad (1)$$

$$i_{(t)} = \sqrt{2} * I * \text{sen}(\omega t) \quad (2)$$

Dónde:

V: la tensión eléctrica eficaz

I: corriente eléctrica eficaz

La potencia está dada por:

$$p_{(t)} = v_{(t)} * i_{(t)} = V * I - V * I * \cos(2\omega t) \quad (3)$$

La potencia promedio sobre un numero entero de ciclos está dada por:

$$P = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} p_{(t)} dt = V * I \quad (4)$$

Dónde:

T: es el periodo del ciclo

P: potencia activa o real

Observamos que la potencia activa es igual a la componente continua de la potencia instantánea $p_{(t)}$ o sea $V * I$. Como se indicó anteriormente la potencia es la velocidad del flujo de energía:

$$P = \frac{dE}{dT} \quad (5)$$

Dónde:

E: energía activa

T: periodo del ciclo

La integración de la potencia activa por la acumulación continua, está dado por:

$$E = \int p_{(t)} dt = \lim_{T \rightarrow 0} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} p(nT)T \right\} \quad (6)$$

Dónde:

n: número de muestras discretas de tiempo

T: periodo de muestreo

2.4.1.2. Adquisición de Variables de Entrada Analógicas

Para que un medidor electrónico registre el consumo de energía eléctrica, necesita medir las tensiones y corrientes del circuito en módulo y ángulo, a estas señales se las denomina variables de entrada analógicas. Por lo tanto, es necesario que los elementos sensores de potencial del medidor estén conectados en paralelo con la diferencia de potencial del circuito a medir. A su vez, también es necesario que por los elementos sensores de corriente circule la corriente total del circuito. Cuando la diferencia de potencial y/o corriente del circuito sobrepasan los valores nominales o permitidos por el medidor, se utilizan transformadores de medida (CT`S – PT`S).

2.4.1.3. Muestreo de las Variables de Entrada Analógicas

Las variables de entrada analógicas captadas en los bornes del medidor, son digitalizadas en un módulo denominado conversor analógico digital, el cual controla todas las funciones metrológicas de un medidor, a esto se denomina muestreo de la señal de entrada . Es por ello que la correcta operación de este módulo es fundamental para asegurar la clase de precisión de un medidor electrónico y asegurará la transformación de las variables análogas de entrada a sus correspondientes valores digitales, con el error dentro de la precisión especificada.

Los medidores electrónicos de energía activa contienen elementos sensores de tensión y de corriente eléctrica. El muestreo de tensión se consigue típicamente al dividir la tensión de la línea por medio de un divisor con resistencias o un transformador de potencial cuando se requiere aislamiento de la línea. Sin embargo, la lectura de la corriente es más compleja debido a que el sensor de corriente exige un rango mayor de medición, requiere operar en un rango más amplio de frecuencias, por el contenido de armónicos en la onda de corriente.

Las tecnologías de muestreo de la corriente eléctrica son:

- ✓ **El "shunt" de corriente de baja resistencia**, es la solución de más bajo costo y disponible actualmente, ofrece una lectura sencilla con excelente precisión, un modelo de este aparato es una resistencia.

Cuando se estén realizando mediciones de corriente de alta precisión, se debe tener en cuenta que ésta afecta la magnitud de la inductancia parásita del "shunt" impedancia a

frecuencias relativamente altas, su efecto sobre la fase a la frecuencia de la línea es suficiente para causar un error notable a bajo factor de potencia. Un desfase de $0,1^\circ$ llevará a un error de aproximadamente 0,3% a un factor de potencia de 0,5.

El bajo costo y la alta confiabilidad hacen del "shunt" de corriente de baja resistencia una solución popular para la medición de corriente, sin embargo, dado que el shunt es fundamentalmente un elemento resistivo, la pérdida de potencia es proporcional al cuadrado de la corriente que pasa por la resistencia y consecuentemente es inusual entre los medidores de energía de alta corriente.

- ✓ **El transformador de corriente**, usa el principio del transformador para convertir la alta corriente primaria a una corriente secundaria reducida, es un elemento pasivo que no necesita circuitos adicionales de control.

El transformador de corriente puede medir corrientes muy altas y consumir poca potencia, sin embargo, el material ferrítico usado en el núcleo se puede saturar cuando la corriente primaria es muy alta o cuando hay un componente importante de DC en la corriente- una vez magnetizado, el núcleo contendrá histéresis y su precisión se degradará a menos que éste se desmagnetice de nuevo.

- ✓ **El sensor de Efecto Hall**, existen dos tipos principales de sensores de Efecto Hall, el de anillo abierto (open-loop) y anillo cerrado (close-loop). El segundo ofrece mejor precisión y rangos dinámicos más amplios pero a un mayor costo. La mayoría de los sensores de Efecto Hall que se encuentran en los medidores usa el diseño de anillo abierto para lograr costos más bajos

El sensor de Efecto Hall tiene una excelente respuesta a la frecuencia y está capacitado para medir corrientes muy altas. Sin embargo, las desventajas incluyen un resultado con alta deriva por temperatura y la necesidad de circuitos externos de control.

- ✓ **Bobina de Rogowski**, se basa en medir los cambios del campo magnético que se produce alrededor de un hilo portador de corriente para producir una señal de tensión, es proporcional a la derivada de la corriente (di/dt), y se utiliza un integrador para convertir esta señal a la apropiada.

Tecnología del sensor	Shunt de Corriente	Transformador de corriente	Sensor de Efecto Hall	Bobina de Rogowski
Costo	Muy bajo	Medio	Alto	Bajo
Linealidad en el rango de la medición	Muy buena	Bueno	Pobre	Muy buena
Capacidad de medición de medición	Muy pobre	Bueno	Buena	Muy buena
Consumo de potencia	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Problema de saturación de corriente DC	No	Si	Si	No
Variación de la salida con respecto a la temperatura	Medio	Bajo	Alto	Muy bajo
Problema Offset de DC	Si	No	Si	No
Problema de saturación e histéresis	No	Si	Si	No

Tabla 1. Comparación de tecnologías

Fuente: Etienne Moulin, “Measuring harmonic energy with a solid-state energy meter”[33]

2.4.1.4. Conversión análoga digital

La salida de los sensores de medición permite al módulo electrónico interactuar con el entorno, generan una señal analógica proporcional a la potencia con base en la tensión eléctrica aplicada y la corriente eléctrica circulante y continua en el tiempo. En consecuencia, esta información debe convertirse a binaria (cada dato analógico codificado a una palabra formada por unos y ceros) con el fin de adaptarla a los circuitos procesadores y de presentación. La conversión análoga a digital se realiza en dos fases:

Cuantificación y codificación. Durante la primera fase se hace un muestreo a la entrada y a cada valor analógico obtenido se asigna un valor o estado, que depende del número de bits del convertidor. El valor cuantificado se codifica en binario en una palabra digital, cuyo número de bits depende de las líneas de salida del convertidor. Estos dos procesos determinan el diseño del circuito integrado.

2.4.1.5. Funciones

Las principales funciones del módulo convertidor análogo-digital son:

- ✓ Realizar el muestreo de las formas de onda de tensión y corriente de entrada para cada una de las fases, en general, en cada fase se "hace un muestreo" a una tasa aproximada de 200 a 1000 veces por segundo, el valor exacto dependerá del modelo del medidor. A mayor clase de precisión, mayor cantidad de muestras por ciclo.
- ✓ Sincronización de la transferencia de datos hacia los restantes módulos del medidor, en general, en la mayoría de los medidores se realiza en el módulo conversor análogo digital la tarea de la sincronización de los datos obtenidos y calculados que son transferidos a los restantes módulos.

En la práctica, el proceso de conversión está sujeto a numerosas limitaciones resultado de los procesos de fabricación. Los más relevantes son el tiempo de conversión y la finitud del número de estados de salida. La conversión involucra un tiempo y en consecuencia, supone una incertidumbre que limita la velocidad máxima de la entrada.

Los valores discretos del proceso de cuantificación llevan consigo un error y una limitación de resolución del circuito.

2.4.1.6. Tipos de conversores

Las arquitecturas principales para la conversión análoga a digital son las siguientes:

- ✓ **De aproximaciones sucesivas**, es una tecnología utilizada ampliamente. La técnica de conversión consiste en comparar continuamente la señal de entrada de tensión eléctrica hecho en muestreo, para convertirla a una palabra binaria. Se puede conseguir hasta un millón de conversiones por segundo, el consumo de potencia es relativamente bajo comparado con otras arquitecturas, el costo es relativamente bajo cuando la resolución requerida es baja, menor a doce bits.
- ✓ **Comparadores en paralelo (Flash)**, reciben este nombre debido a su capacidad de realizar una rápida conversión. Esta se realiza mediante la comparación de la entrada con cada nivel de cuantificación. Por consiguiente un conversor flash den bits de resolución requiere $2^n - 1$ comparadores, todas estas comparaciones se realiza simultáneamente lo cual provoca que se alcancen velocidades de conversión de 1 GHz. Típicamente pueden tener de cuatro a doce bits de resolución.

- ✓ **De simple y doble rampa**, esta técnica de gran simplicidad se obtiene una salida digital comparando la señal analógica desconocida de entrada, con una rampa de tensión que empieza en 0V y acaba cuando se llega al valor de la señal de entrada. El valor digital se obtiene contando el número de pulsos de un reloj necesarios para que la rampa alcance el valor de entrada. Los requerimientos para una buena conversión son una tensión de referencia, un generador de rampa y un reloj estable. Un inconveniente importante es que trabaja con tiempos de conversión grandes.
- ✓ **Tensión-frecuencia**, el convertidor realiza una conversión indirecta, primero convirtiendo la señal de entrada a una frecuencia y enseguida convierte la señal de la frecuencia a una palabra digital. La resolución en teoría es aumentada casi indefinidamente en función del tiempo para resolver la salida al grado deseado. Este convertidor es utilizado en aplicaciones de bajo costo, donde no se requiere una alta velocidad ni una excesiva precisión.
- ✓ **Convertor tipo Sigma-Delta**, es la operación básica de un convertidor Sigma-Delta es intercambiar la tasa de muestreo por resolución. Las señales son hechas en muestreo a una tasa mucho mayor que la de Nyquist, pero con un solo bit de resolución en amplitud. Según el teorema de Nyquist, la frecuencia de muestreo del convertidor debe ser al menos dos veces la frecuencia máxima de la señal de entrada. Un típico modulador es el mostrado en la siguiente figura:

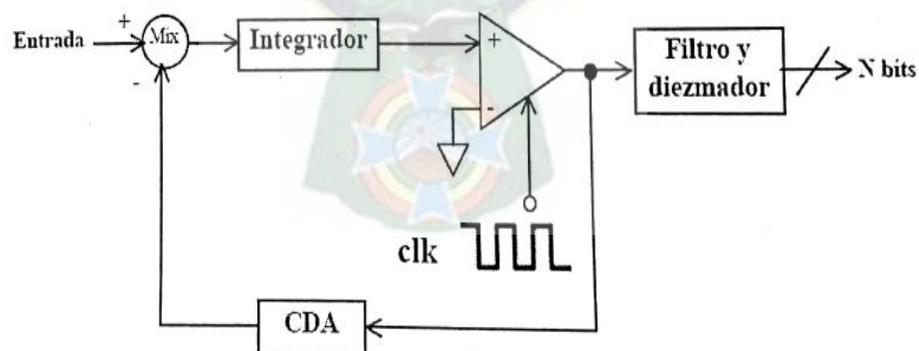


Figura 1. Modulador Sigma-Delta

Fuente: PROYECTO FINAL DE CARRERA Implementación FPGA de un Transmisor de Pulsos Nyquist. Universidad Politecnica de Catalunya

La señal analógica de entrada y el flujo de bits (bistream) cuya densidad de un bit es una representación de la magnitud de la señal analógica, son sumadas. Luego son integradas y entran a un comparador el cual tiene como salida "cero" o "uno" dependiendo si la salida del integrador es mayor o menor que el voltaje de referencia del comparador.

2.4.1.7. *Requerimientos de un conversor*

Los requerimientos de un Conversor Análogo Digital, para medidores electrónicos de energía eléctrica son:

- ✓ Alta resolución, por ejemplo de 16 bits, debido al rango dinámico de uso (4% de I_b a 400% de I_b) y una exactitud de 0,5%.
- ✓ La tasa de muestreo, por lo menos de 2 a 4 kSPS (kilosampler per second). Las especificaciones indicadas en las normas ANSI y la IEC es la medición en frecuencia del contenido de armónicos hasta la 20^a orden, dependiendo de la frecuencia de la línea.
- ✓ La solución adoptada debe ser de bajo costo porque el uso final es, en medidores para uso en mediciones domiciliarias.
- ✓ El conversor no debe consumir energía excesiva, ésta repercute en el diseño de la fuente de alimentación y debe tener una confiabilidad de quince a veinte años de vida útil. Las fuentes de tipo capacitor son los más típicos en estas aplicaciones.

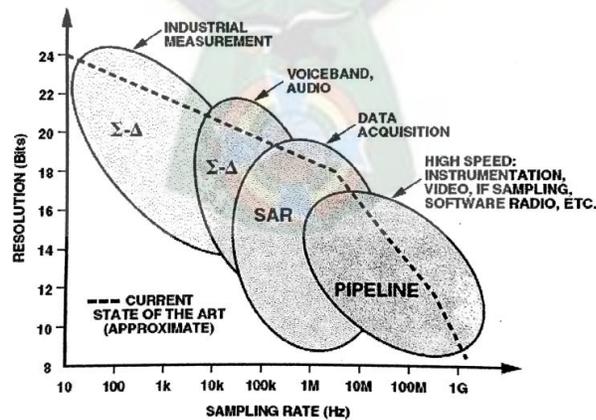


Figura 2. Conversor análogo- digital y su aplicación industrial

Fuente: PROYECTO FINAL DE CARRERA Implementación FPGA de un Transmisor de Pulsos Nyquist. Universidad Politecnica de Catalunya

2.4.1.8. Fuente de alimentación

La fuente de energía para los medidores electrónicos es obtenida de los circuitos de tensión con respaldos basados en fuentes capacitivas. Un circuito de monitoreo de tensión garantiza una eficiente operación y almacenamiento de los datos en eventos de falla de energía, así como la reconexión adecuada cuando hay retorno de energía.

2.4.1.9. Procesamiento de los registros

El microcontrolador suma las señales digitales de las fases y forma pulsos de energía fija, los pulsos se separan de acuerdo a la dirección del flujo de energía en positivo y negativo, ésta se procesa en función de la constante del medidor y alimenta el respectivo registrador, de acuerdo con la tarifa determinada en el controlador. Por otro lado el microcontrolador controla la comunicación de los datos con la pantalla y la interface óptica, garantiza una operación segura aún en el evento de falta de energía.

Los medidores electrónicos están basados en procesos, denominados "procesamiento digital de la señal" (DSP-Digital signal processing), permiten un cálculo estable y exacto por encima de las variaciones de tiempo y temperatura, los mismos son de dos tipos: programables o de función fija . Los más utilizados son los de tipo función fija que en conjunción con un microprocesador o microcontrolador de ancho de banda baja, opera el sistema de comunicaciones y la pantalla electrónica.

2.4.1.10. Despliegue de la Información

Los medidores electrónicos permiten su lectura de manera visual desplegando la información en una pantalla (display). Esta pantalla es configurable de acuerdo a las variables que es capaz de desplegar y la información es mostrada de forma secuencial.

Existen medidores electrónicos que permiten la extracción de la información vía comunicación local y/o remota.

2.4.1.11. Comunicación, control y monitoreo

Con la innovación tecnológica en avance, la implementación de medidores electrónicos, de acuerdo al entorno en que se prevea su instalación, deberá considerar las siguientes prestaciones:

- ✓ **Interoperabilidad**, esto es, que medidores de distintas marcas puedan funcionar en forma conjunta, comunicándose a través de protocolos abiertos.
- ✓ **Multifuncionalidad**, es la Capacidad para medir desde un solo equipo, múltiples variables eléctricas y contar con elementos que faciliten la lectura automática y remota de las mismas.
- ✓ **Capacidad de almacenamiento**, confiable y masivo de valores medidos, instantáneos, acumulados o con algún tipo de reprocesamiento local.
- ✓ **Interconectividad**, es el acceso abierto a redes de telecomunicaciones a través de enlaces bidireccionales con concentradores de datos o con centros de control, utilizando protocolos normalizados del tipo ICCP/ MMS/TCP-IP y protocolos DLMS/COSEM.
- ✓ **Capacidad de procesamiento**, es el procesamiento de datos e "inteligencia" local para propósitos de autodiagnóstico, autoajuste, auto calibración y administración remota vía red.

2.4.2. Compatibilidad electromagnética

Los medidores electrónicos deben diseñarse de manera tal que los fenómenos electromagnéticos, así como las descargas electrostáticas no lo deterioren ni influyan sustancialmente en su funcionamiento. A los fenómenos electromagnéticos continuos o de larga duración se las consideran como magnitudes de influencia y los fenómenos electromagnéticos de corta duración se le reconocen como una perturbación [14].

Se distinguen dos aspectos importantes en los medidores electrónicos y son los siguientes:

2.4.2.1. Inmunidad a las perturbaciones electromagnéticas

El medidor debe ser construido de tal manera que las perturbaciones electromagnéticas conducidas o radiadas y las descargas electrostáticas no dañen ni afecten sustancialmente su funcionamiento. Las perturbaciones a considerar son los siguientes:

- ✓ Descargas electrostáticas
- ✓ Los campos electromagnéticos HF
- ✓ Los transitorios eléctricos rápidos en salvas (Impulsos repetitivos)

2.4.2.2. Supresión de las perturbaciones radioeléctricas (radio interferencias)

El medidor no debe producir ruido conducido ni radiado que pudiera interferir con equipos.

2.4.3. Confiabilidad de los elementos semiconductores

De la teoría tradicional de fiabilidad se han extraído los conceptos para el análisis de la supervivencia de componentes electrónicos.

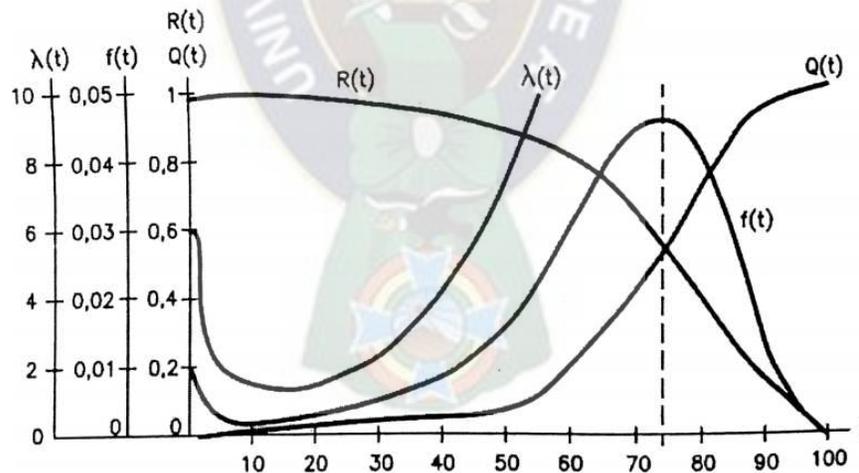


Figura 3. Representación gráfica de los parámetros de fiabilidad de fallas

Fuente NTP 316: Fiabilidad de componentes

En la Tabla 2, se resumen los parámetros fundamentales para el cálculo de la fiabilidad o supervivencia $R(t)$ y en la figura 3, se muestran las representaciones gráficas de estos parámetros para un caso general

Número inicial de componentes ensayados	N_0			
Número de componentes que sobreviven	$N_s(t)$			
Número de componentes que fallan	$N_f(t)$			
Fiabilidad o Supervivencia	$R(t) = N_s(t)/N_0$ $0 \leq R(t) \leq 1$ $R(0)=1 \quad R(\infty)=0$			$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) \cdot dt\right)$
Infiabilidad o Mortalidad	$Q(t) = N_f(t)/N_0$ $0 \leq Q(t) \leq 1$ $Q(0)=0 \quad Q(\infty)=1$	$Q(t) = 1-R(t)$	$Q(t) = \int_0^t f(t) \cdot dt$	
Densidad de probabilidad de fallos	$f(t) = dQ(t)/dt$	$f(t) = -R(t)/dt$	$R(t) = \int_t^\infty f(t) \cdot dt$	$f(t) = \lambda(t) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) \cdot dt\right)$
Tasa instantánea de fallos	$\lambda(t) = f(t)/R(t)$			
Vida media (hasta fallar)	$T = \int_0^\infty t \cdot f(t) \cdot dt$	$T = \int_0^\infty R(t) \cdot dt$		

Tabla 2. Parámetros de la teoría de fiabilidad

Fuente NTP 316: Fiabilidad de componentes



Figura 4. Curva de fiabilidad de elementos electrónicos

Fuente NTP 316: Fiabilidad de componentes: la distribución exponencial

En la figura 4, se ha representado la curva de la tasa instantánea de fallas de un componente cualquiera a fin de describir su comportamiento. La curva se encuentra convenientemente dividida en tres partes.

2.4.3.1. Etapas de la curva de fiabilidad

- ✓ ***La primera etapa se denomina de fallas iniciales,*** corresponde generalmente a la existencia de dispositivos defectuosos con una tasa de falla superior a la normal que está incluido entre los dispositivos normales. Esta tasa de fallas elevada (Número de partes o componentes que han fallado en un incremento de tiempo dividido por el número de partes que sobreviven) va disminuyendo con el tiempo hasta alcanzar un valor constante.

Las causas posibles son errores de índole muy diversa y la presencia de equipos defectuosos puede deberse a un diseño incorrecto, un deficiente control de calidad por toma de muestras no representativas del lote, siendo en general los elementos más débiles. En los componentes electrónicos las dos causas que más contribuyen a la falla son la temperatura y la tensión excesiva y otras causas normales son la humedad, ciclos de temperatura, vibración, choque térmico o mecánica. La modelación matemática de la curva de fallas iniciales, corresponde generalmente a una distribución de tipo logarítmico.

- ✓ ***La segunda etapa se denomina de operación normal,*** o de fallas constantes, también llamado de fallas aleatorias, es debido usualmente a operaciones con solicitaciones superiores a los proyectados. También se conoce este periodo con el nombre de vida útil por el hecho de que el dispositivo tiene una tasa de fallas aceptable. Durante esta etapa la tasa de fallas se estabiliza a un valor casi constante, se los denomina aleatorios o catastróficos, ya que ocurren de forma totalmente aleatoria e inesperada. La modelación matemática de la operación de fallas aleatorias es la distribución de tipo exponencial.
- ✓ ***La tercera etapa se denomina fallas de desgaste,*** o de envejecimiento es debida a la superación de la vida prevista del componente cuando empiezan a aparecer fallas de degradación como consecuencia del desgaste. Se caracteriza por un aumento en la tasa de fallas, es tanto más elevado cuanto mayor sea el tiempo transcurrido desde el

final de la segunda etapa. La modelación matemática de esta etapa tiende a una distribución de tipo normal o campana de Gauss.

El proceso de degradación de los componentes electrónicos puede representarse por varios modelos matemáticos: Arrhenius, Eyring y otros. La mayoría de los modelos se basan en la idea de que los procesos de degradación son esencialmente reacciones de conversión química, presentes en los materiales que integran los dispositivos. Estas clases de pruebas a menudo se llaman "pruebas aceleradas de la vida" porque aumentando la temperatura de funcionamiento de los dispositivos se simula las condiciones normales bajo operación en periodos largos. El modelo presentado está basado en la ecuación de Arrhenius que relaciona la velocidad de una reacción química con la temperatura

$$v = \frac{\Delta_{concentracion}}{\Delta_{tiempo}} = A * e^{-\frac{E}{k*T}} \quad (7)$$

Como cada reacción química tiene su propia energía de activación E y si se admite la hipótesis de que los fallos son debidos a reacciones químicas, la tasa de falla corresponde con la velocidad de reacción, puede ser modelado mediante la ecuación:

$$\lambda_b = A * e^{-\frac{E}{kT}} \quad (8)$$

Dónde:

λ_b = tasa de fallas

E = energía de activación del proceso químico causante del fallo en eV, depende del mecanismo de falla y de los materiales. Su valor oscila típicamente entre 0,3 y 0,4 hasta 1,5 valores.

K=Constante de Boltzmann ($1,38*10^{-23}$ J/K o $8,62 *10^{-5}$ eV/K)

T=Temperatura absoluta del proceso en grados Kelvin

A= constante propia del componente.

2.4.3.2. *Fallas típicas*

Los sistemas electrónicos por su constitución, se degradan con el tiempo de funcionamiento. Las fallas típicas en los componentes electrónicos, generalmente se deben a sobre sollicitaciones eléctricas que conducen al dispositivo electrónico a operar mas allá de su campo normal de tensión, de corriente o de potencia. En los circuitos integrados el mecanismo de falla es usualmente electrotérmico, de tal modo que la disipación de la potencia eléctrica da lugar a un calentamiento local que llega al punto de fusión o de aleación de un componente en el circuito.

Otras fallas típicas que ocurren en los dispositivos electrónicos son:

- ✓ **La electromigración**, consiste en un intercambio entre los electrones que fluyen con la corriente y la red cristalina de metal. Los iones de aluminio pueden circular en la dirección de la corriente electrónica y ante la presencia de centros de divergencia de flujo se van creando huecos que llegan al bloquear el flujo de la corriente en el aluminio.
De este modo, la corriente se ve forzada a circular a través de capas de soporte y de la superior, lo que conduce a un aumento de la resistencia hasta llegar a la falla. Por otro lado la acumulación de los iones del aluminio transportado incrementa los esfuerzos mecánicos en el dieléctrico de soporte y puede dar lugar a fracturas y cortocircuitos.
- ✓ **La corrosión**, se presenta principalmente en los dispositivos ULSI de aluminio o aleaciones de aluminio con pequeños porcentajes de metalización de cobre o de silicio. Un proceso defectuoso en el ensamble de las capas del "chip" favorece a la entrada de humedad y contaminantes en el terminal de unión o directamente en el interior del dispositivo.
- ✓ **La rotura dieléctrica**, dependiente del tiempo (Time dependent dielectric breakdown-TDDB) se presenta en los circuitos ULSI debido a un paso de conducción a través del dieléctrico lo que cortocircuita el ánodo y cátodo.

- ✓ *Los iones móviles*, en particular el sodio y el potasio, pueden contaminar los materiales del semiconductor. Circulan desde el ánodo de polisilicona hasta el cátodo de sustrato de silicio, degradando severamente el óxido de aislamiento
- ✓ *Los esfuerzos mecánicos*, debido a vibraciones que exceden el punto de fluencia de la metalización, desplazan los átomos metálicos causando la formación de huecos que pueden dar lugar a fallos por cortocircuitos internos.
- ✓ *Las fallas por fatiga*, se presentan en los dispositivos ULSI debido a los ciclos de temperatura y al shock térmico. Pueden provocar roturas y separación de los hilos de la unión.
- ✓ *Los componentes pasivos*, también pueden ser sensibles a las sobre sollicitaciones. Entre ellos, se encuentran las bobinas, que son sensibles por su propia naturaleza a transitorios de larga duración y los condensadores susceptibles de perforación en forma análoga a la de los MOS.

3. CAPITULO III. CONDICIONES TÉCNICAS

3.1. Condiciones que debe cumplir un Laboratorio

En un laboratorio de medición, es esencial que las condiciones ambientales se mantengan dentro de los límites para las mediciones realizadas en laboratorio, tales como humedad y temperatura.

Los factores que podrían influir en las mediciones del sistema de calidad para mantenerse en determinados límites, son las perturbaciones mecánicas, contaminación atmosférica, interferencias eléctricas, magnéticas y ruido.

3.1.1. *Temperatura y humedad*

La temperatura ambiente del laboratorio será de 23 grados Celsius [12], con tolerancias que dependen de los efectos de la temperatura en los estándares utilizados y el equipo bajo prueba. Esta temperatura se mantiene constante no sólo durante un procedimiento de prueba o calibración, sino también para un período anterior suficiente para asegurar la

eficaz temperatura de equilibrio en el equipo de prueba y en el dispositivo que está siendo probado. La humedad relativa no deberá ser superior al 80% sin condensación [12].

3.1.2. Fuentes de alimentación del laboratorio

Las fuentes de alimentación de corriente alterna utilizadas en el laboratorio para la calibración de los instrumentos, medidores, o para la medición de corriente, tensión o potencia, deben ser estrechamente reguladas, ya que las fluctuaciones en el valor que se está tenga, pueden afectar a la precisión de la calibración o medición.

Las alimentaciones de corriente alterna deberán estar prácticamente libres de armónicos de la forma de onda, la relación de fase de servicios combinados de corriente y tensión deben ser capaces de tener una regulación final.

3.1.3. Patrones del laboratorio

Los patrones del laboratorio son los medidores convencionales que se utilizan para verificar la exactitud de los patrones de trabajo. Los patrones en el laboratorio son los patrones básicos de referencia y las normas de transporte.

3.1.4. Patrones básicos de referencia

Los patrones básicos de referencia son los estándares con los que se mantiene la exactitud de todos los medidores en el laboratorio. Idealmente, los patrones básicos de referencia de un laboratorio deben mantenerse en grupos de tres o más unidades individuales separadas, que pueden ser fácilmente intercomparados. El mínimo de patrones para que un cambio sea detectado y localizado por intercomparación es de tres.

3.1.5. Verificación periódica de patrones de referencia

Los medidores utilizados como patrones de referencia deben ser intercomparados en intervalos de tiempo apropiados.

3.1.6. Historial de rendimiento

Los registros e historiales deben mantenerse en el desempeño de cada patrón. Cuando el registro muestra una variación excesiva en las pruebas, el patrón debe ser sometido a una

investigación especial para determinar la causa de la variación. Si no puede ser determinada la causa y corregida, ya no se debe usar el patrón.

3.1.7. Requisitos de funcionamiento para los medidores patrón

En el caso de los medidores patrón, estos contarán con las siguientes características

3.1.7.1. Respecto al voltaje

La tensión se mantendrá constante a $\pm 1,0\%$

3.1.7.2. Respecto a la corriente

La corriente se mantendrá constante a $\pm 1,0\%$

3.1.7.3. Respecto al ángulo de fase

El ángulo de fase se mantendrá constante a $\pm 2^\circ$

3.1.7.4. Respecto a la frecuencia

La frecuencia se mantendrá constante a $\pm 0,2\%$

3.1.7.5. Distorsión de forma de onda

La distorsión armónica total de la tensión aplicada y la corriente no deberá exceder de $\pm 2,0\%$

3.1.7.6. Temperatura ambiente

La temperatura ambiente deberá ser de 23 grados Celsius [12], con tolerancias que dependen de los efectos de la temperatura sobre los patrones utilizados en los aparatos bajo prueba.

3.1.7.7. Campos magnéticos externos

Los fuertes campos magnéticos pueden afectar el desempeño de los medidores convencionales. Se debe tener cuidado para evitar poner los medidores de proximidad a los transformadores energizados y bucles de cables de prueba.

3.1.8. Pruebas de exactitud para los patrones portátiles y de referencia

Dentro de las pruebas de exactitud para los patrones, éstos deberán acreditar las siguientes:

3.1.8.1. Aislamiento

El aislamiento entre partes conductoras de corriente de circuitos separados y entre partes conductoras y otras partes metálicas deberán ser capaces de soportar la aplicación de un voltaje sinusoidal de 2,3 kV, 50 Hz durante 1 minuto con la corriente de fuga no excediendo de 0,005 A por circuito según la IEC 62052-11.

3.1.8.2. Condiciones de referencia

Las condiciones de referencia que deben existir en el laboratorio de mediciones y verificación deben ser las siguientes:

Voltaje	220 [V]
Corriente	5 [A]
Frecuencia	50 [Hz]
Factor de Potencia	Unitario y 0,5 en Retraso

Tabla 3. Condiciones de referencia

Fuente: Norma ANSI C12.1-2008.

3.1.8.3. Requisitos de funcionamiento

En estos puntos de referencia, el error, después de la aplicación de los valores de Calibración del equipo portátil y patrones de referencia, no deberá exceder de los valores Indicados a continuación:

Equipo Patrón	Error Porcentual	
	f.p. a 1	f.p. a 0.5
Patrón Portátil	0,10 %	0,20 %
Patrón de Referencia	0,01 %	0,10 %

Tabla 4. Requisitos de funcionamiento

Fuente: Norma ANSI C12.1-2008.

3.2. Sistema de calidad

Cuando se habla del sistema de calidad, la metrología se convierte en una herramienta que garantiza la calidad del producto, de esta manera todos los conceptos de incertidumbre y Trazabilidad se considera en información confiable para laboratorios los cuales deben cumplir los requisitos técnicos y de gestión indicados en la norma ISO-IEC 17025 y la ISO 9001:2015.

Un sistema de calidad abarca la estructura organizacional, incluyendo responsabilidades procedimientos y recursos que permitan asegurar que los productos, procesos y servicios satisfacen los requerimientos de calidad. Ahora bien, el sistema debe comprender a todos los sectores que afectan la calidad, a lo largo de todo su ciclo, que normalmente deberá ser retroalimentado para introducir correcciones que perfeccionen el sistema. Las exigencias que se imponen son principalmente la reducción de plazos, reducción de costos, aumento de la calidad de los productos o servicios.

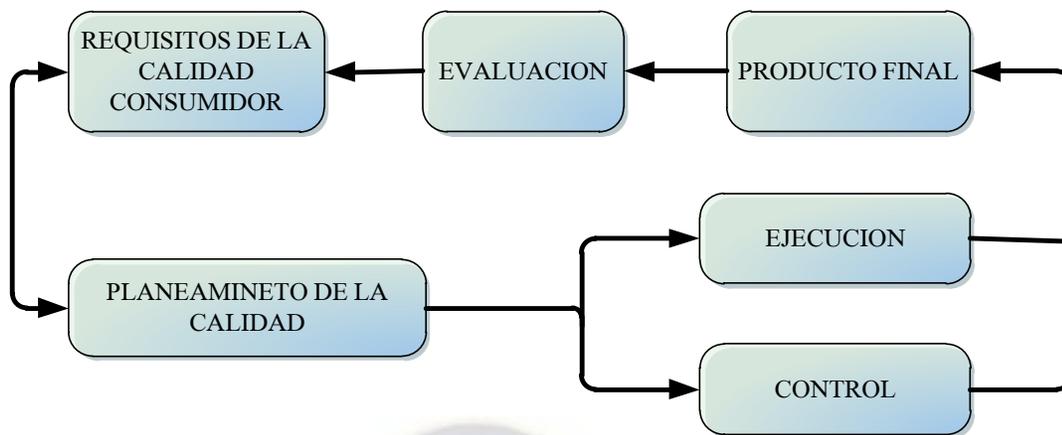


Figura 5. Sistema de Calidad

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. El Control de Calidad Total.

El control de calidad según VIML “Vocabulario Internacional de términos en Metrología Legal” [10] se define como el conjunto de todas las actividades y técnicas operacionales empleadas para *satisfacer* requisitos de Calidad y controlar la misma; se basa solamente en un conjunto de técnicas y actividades de carácter operativo utilizadas para satisfacer los requisitos relativos a la calidad.

El control de calidad total consiste en el desarrollo, diseño, producción, comercialización y prestación de servicios con una eficacia del costo y utilidad óptimos de tal manera que los clientes demuestren satisfacción.

El control de calidad total supone que:

- ✓ Se debe incluir en la política de calidad todas las necesidades del cliente (externo), extendiéndose al interior en relación al cliente (interno). Se busca la ausencia total de defectos.
- ✓ Toda función implicada durante el ciclo de producción o de servicio, sea organizada para mejorar continuamente la calidad.
- ✓ El personal es agente directo en la obtención de la calidad y cada uno debe concebir sus defectos de forma que se puedan medir.

- ✓ Las funciones de la calidad se obtiene realizando el control en todas las áreas que comprende el sistema.

Lo expresado anteriormente, puede alcanzarse empleando el uso masivo de distintas técnicas como métodos estadísticos y técnicos, las normas y reglamentos, los métodos computarizados, el control automático, el control de instalaciones, el control de los sistemas de medida, la investigación operativa, la investigación de mercado.

3.2.2. Aseguramiento de la Calidad.

El aseguramiento de la calidad es el conjunto de acciones sistemáticas y planificadas necesarias para proporcionar confianza al cliente. Debemos asegurar que el producto o servicio satisface los requisitos mínimos establecidos.

El control de calidad implica:

- ✓ Implantar el concepto de prevención.
- ✓ Aumentar el control de calidad con documentación y procedimientos que aseguren la operación correcta en cada una de las etapas del sistema.
- ✓ Diseño del producto o la atención del servicio, de manera que satisfaga las necesidades del cliente.
- ✓ Controlar la calidad del proceso empleando controles estadísticos.

Los defectos pueden ser detectados muy rápidamente con el aseguramiento de la calidad. Por tanto es más fácil y económico eliminarlos.

3.2.3. No conformidad del sistema de calidad

La identificación de problemas en un sistema de calidad puede ser realizada a través de una variedad de actividades dentro las operaciones técnicas y de gestión como ser el control de trabajos no conformes.

Reconocer un trabajo no conforme, como problemas con el sistema de calidad o problemas con, actividades de ensayo y calibración, pueden presentarse en diferentes lugares dentro el sistema de calidad y de las operaciones técnicas. Generalmente se los identifica con:

- ✓ Reclamos de clientes
- ✓ Control de calidad
- ✓ Calibración de instrumentos
- ✓ Observación o supervisión del personal
- ✓ Revisión, aprobación de informes de ensayo, certificados de verificación inicial y certificados de calibración
- ✓ Auditorías internas y externas.

Analizar la causa de un trabajo no conforme, es la clave y la parte más difícil en el procedimiento de una acción correctiva. Frecuentemente la causa verdadera no es obvia, se requiere de un análisis cuidadoso de las potenciales causas de problemas; que pueden incluir requisitos de clientes, métodos y procedimientos, habilidades y entrenamiento del personal, equipo y su calibración. Un sistema es efectivo cuando responde con éxito ante una petición operacional en un tiempo dado, cuando está sometido a condiciones específicas. La efectividad es una función que depende de distintos atributos como ser:

- ✓ Fiabilidad
- ✓ Seguridad
- ✓ Calidad
- ✓ Diseño adecuado
- ✓ Cumplimiento de medidas
- ✓ Productividad
- ✓ Mantenimiento

La fiabilidad es uno de los atributos más importantes que determinan la efectividad de un sistema. Siempre hay que tener en cuenta que la fiabilidad es un parámetro inherente al sistema que es difícil de evaluar y medir.

La identificación de un trabajo no conforme, que puede ser muy cuantitativo o cualitativo, utiliza tres factores principales:

- ✓ Severidad: seriedad de la falla producida.

- ✓ Ocurrencia: frecuencia con la que aparece la falla que puede originar una no conformidad.
- ✓ Detectabilidad: cuan fácil o difícil se hizo detectar la falla.

Las causas que originan una falla potencial pueden estar relacionadas o no entre ellas. Una falla puede ser originada por causas independientes, causas encadenadas, o causas complementarias.

3.3. Trazabilidad

Se define como la propiedad de un resultado de medida el cual puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida. La cual puede ser la definición de una unidad de medida, mediante una realización práctica que incluye la unidad de medida cuando se trate de una magnitud no ordinal, o un patrón.

La Trazabilidad de la medición, hace referencia a un proceso que relaciona la indicación de un instrumento con una referencia determinada, generalmente son patrones nacionales o internacionales. [8]

3.3.1. Elementos de la Trazabilidad

La trazabilidad de los resultados de las mediciones se caracteriza por:

3.3.1.1. Una cadena ininterrumpida de comparaciones

La cadena ininterrumpida de comparaciones debe tener origen en los patrones de medición nacionales o internacionales y termina con el valor del resultado de una medición o con el valor de un patrón. [9]

3.3.1.2. Incertidumbre de la medición

La incertidumbre de la medición para cada paso en la cadena de trazabilidad debe ser calculada o estimada de acuerdo a métodos definidos y debe ser declarada de tal manera que la incertidumbre para la cadena completa se pueda calcular o estimar.

3.3.1.3. Documentación

Cada paso de la cadena debe ser realizado de acuerdo con procedimientos documentados y generalmente reconocidos. Los resultados deben ser registrados.

3.3.1.4. Competencia

Los laboratorios u organismos que realizan uno o más pasos en la cadena, deben proporcionar evidencia de su competencia técnica. (por ejemplo: demostrando que están acreditados).

3.3.1.5. Referencia al Sistema Internacional de Unidades (SI)

La cadena ininterrumpida de comparaciones debe tener como punto único de origen a los patrones de la máxima calidad metrológica, utilizados para la realización de las unidades de medida del Sistema Internacional (SI).

3.3.1.6. Re-calibraciones

Con el objetivo de mantener la trazabilidad de las mediciones, la calibración de los patrones se debe realizar con una frecuencia tal que asegure que la incertidumbre declarada del valor del patrón no se degrada en un tiempo determinado. Esta frecuencia depende de variables tales como: incertidumbre requerida en el siguiente paso de la cadena, frecuencia de uso del patrón, forma de uso y estabilidad del mismo, entre otros factores.

3.3.2. Esquema de Trazabilidad

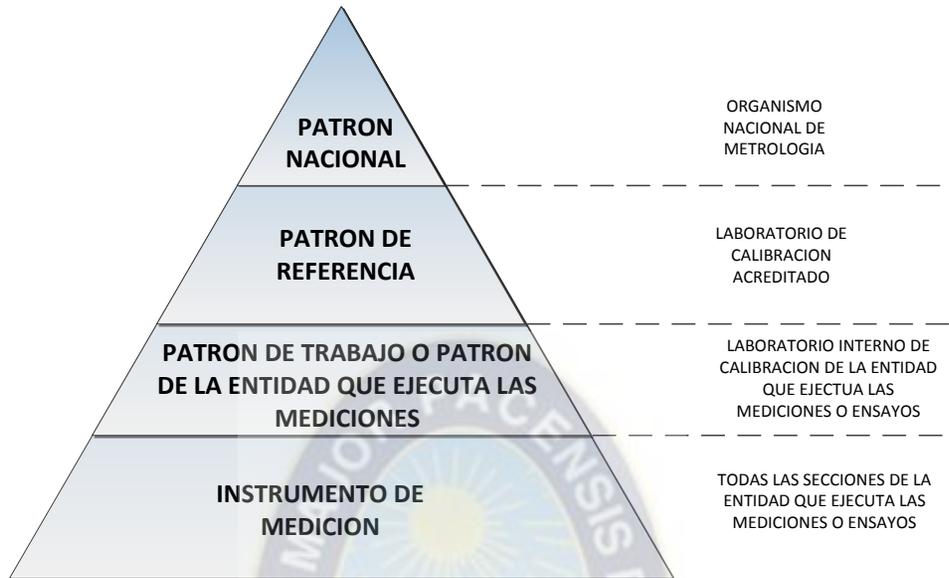


Figura 6. Esquema de Trazabilidad

Fuente: International Laboratory Accreditation Cooperation ILAC, Title: ILAC Policy on Traceability of Measurement Results

3.3.3. Carta de Trazabilidad.

Según el Organismo Internacional de Metrología Legal “OIML”, en una carta de Trazabilidad se debe referenciar la siguiente información, para cada patrón de referencia con los que se cuente:

- ✓ Métodos de referencia y dispositivos de transferencia si los hubiera
- ✓ Alcance y tipo de medición
- ✓ Estabilidad del patrón y reproducibilidad de las mediciones
- ✓ Principio de construcción y ejecución del patrón
- ✓ Incertidumbre, y relación de exactitud entre un nivel y otro.
- ✓ Periodo de re-calibración
- ✓ Mecanismos para la conservación del patrón.

3.3.4. Confirmación Metrológica.



Figura 7. Confirmación Metrológica

Fuente: Elaboración propia

La confirmación Metrológica es un conjunto de operaciones que se requieren para asegurar que una parte del equipo de medición cumple con sus requerimientos de uso.

La asignación y determinación de los períodos de confirmación metrológica forman parte del control que deben tener los responsables de los equipos. Según la norma ISO IEC - 17025 en el punto 5.10.4.4, se establece que un certificado de verificación o cualquier informe de ensayo no debe contener ninguna recomendación del período de calibración excepto cuando existan regulaciones legales. Por tanto el lapso de confirmación metrológica debe ser determinado por los usuarios y responsables de los instrumentos de medición.

El documento de la organización internacional de metrología legal OIML D 10 y OIML D 20 Anexo D, especifican los factores por los que no se podrían aprobar los equipos en la verificación posterior, los cuales pueden ser:

- ✓ Tipo de equipo.
- ✓ Recomendación del fabricante.

- ✓ Tendencia de datos obtenidos de registros de calibración previos.
- ✓ Registros históricos de mantenimiento y servicio.
- ✓ Extensión y severidad de uso.
- ✓ Tendencia al desgaste y deriva.
- ✓ Frecuencia de revisiones cruzadas con otros instrumentos patrones de referencia.
- ✓ Frecuencia y calidad de calibraciones y verificaciones internas.
- ✓ Condiciones ambientales (Temperatura, humedad, vibraciones polución).
- ✓ Exactitud requerida de la medición.

Según la OIML D 20 Edición 1988 la verificación posterior es la verificación de un instrumento de medición que se realiza después de una verificación anterior. Los requisitos para la verificación posterior en general difieren y, a menudo, son menos estrictos que aquellos para la verificación inicial. Estos requisitos pueden, depender de las regulaciones en la jurisdicción que adjunte al patrón o su clase de precisión, la categoría de instrumentos.

3.4. Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración

El laboratorio según la ISO 17025 edición 2005 [10] debe tener procedimientos para el transporte, la recepción, la manipulación, la protección, el almacenamiento, la conservación o la disposición final de los ítems de ensayo o de calibración, incluidas todas las disposiciones necesarias para proteger la integridad del ítem de ensayo o de calibración, así como los intereses del laboratorio y del cliente.

El laboratorio debe tener un sistema para la identificación de los ítems de ensayo.

La identificación debe conservarse durante la permanencia del ítem en el laboratorio. El sistema debe ser diseñado y operado de modo tal que asegure que los ítems no puedan ser confundidos físicamente ni cuando se haga referencia a ellos en registros u otros documentos. Cuando corresponda, el sistema debe prever una subdivisión en grupos de ítems y la transferencia de los ítems dentro y desde el laboratorio.

Al recibir el ítem para ensayo o calibración, se deben registrar las anomalías o los desvíos en relación con las condiciones normales o especificadas, según se describen en el

correspondiente método de ensayo o de calibración. Cuando exista cualquier duda respecto a la adecuación de un ítem para un ensayo o una calibración, o cuando un ítem no cumpla con la descripción provista, o el ensayo o calibración requerido no esté especificado con suficiente detalle, el laboratorio debe solicitar al cliente instrucciones adicionales antes de proceder y debe registrar lo tratado.

El laboratorio debe tener procedimientos e instalaciones apropiadas para evitar el deterioro, la pérdida o el daño del ítem de ensayo o de calibración durante el almacenamiento, la manipulación y la preparación. Se deben seguir las instrucciones para la manipulación provistas con el ítem. Cuando los ítems deban ser almacenados o acondicionados bajo condiciones ambientales especificadas, debe realizarse el mantenimiento, seguimiento y registro de estas condiciones. Cuando un ítem o una parte de un ítem para ensayo o calibración deban mantenerse seguro, el laboratorio debe tener disposiciones para el almacenamiento y la seguridad que protejan la condición e integridad del ítem o de las partes en cuestión.

Debemos tener en cuenta:

- Cuando los ítems de ensayo tengan que ser devueltos al servicio después del ensayo, se debe poner un cuidado especial para asegurarse de que no son dañados ni deteriorados durante los procesos de manipulación, ensayo, almacenamiento o espera.
- Es recomendable proporcionar a todos aquellos responsables de extraer y transportar las muestras, un procedimiento de muestreo, así como información sobre el almacenamiento y el transporte de las muestras, incluida información sobre los factores de muestreo que influyen en el resultado del ensayo o la calibración.
- Los motivos para conservar en forma segura un ítem de ensayo o de calibración pueden ser por razones de registro, protección o valor, o para permitir realizar posteriormente ensayos o calibraciones complementarios.

3.5. Evaluación del desempeño

3.5.1. Organización

La organización debe determinar:

- ✓ Qué necesita seguimiento y medición.
- ✓ Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos.
- ✓ Cuándo se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición.
- ✓ Cuándo se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe conservar la información documentada apropiada como evidencia de los resultados.

3.5.2. Satisfacción del cliente

La organización debe realizar el seguimiento de las percepciones de los clientes del grado en que se cumplen sus necesidades y expectativas. La organización debe determinar los métodos para obtener, realizar el seguimiento y revisar esta información.

3.5.3. Análisis y evaluación

La organización debe analizar y evaluar los datos y la información apropiados que surgen por el seguimiento y la medición.

Los resultados del análisis deben utilizarse para evaluar:

- ✓ La conformidad de los productos y servicios.
- ✓ El grado de satisfacción del cliente.
- ✓ El desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.
- ✓ Si lo planificado se ha implementado de forma eficaz.

- ✓ La eficacia de las acciones tomadas para abordar los riesgos y oportunidades.
- ✓ El desempeño de los proveedores externos.
- ✓ La necesidad de mejoras en el sistema de gestión de la calidad.

Los métodos para analizar los datos pueden incluir técnicas estadísticas.

3.6. Auditoria interna

La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para proporcionar información acerca de si el sistema de gestión de la calidad:

- a) Es conforme con:
 - ✓ Los requisitos propios de la organización para su sistema de gestión-de la calidad.
 - ✓ Los requisitos de esta Norma internacional.
- b) Se implementa y mantiene eficazmente.

3.6.1. Organización

La organización debe:

- a) Planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas.
- b) Definir los criterios de la auditoría y el alcance para cada auditoría.
- c) Seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría.
- d) Asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente.
- e) Realizar las correcciones y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada.

- f) Conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de las auditorías.

3.7. Componentes de verificación

La verificación posterior (Según la OIML D 20 Edición 1988) [11] se divide en tres componentes distintos; metrológico técnico y administrativo. Cada componente se discute a continuación.

3.7.1. Examen metrológico

El examen metrológico durante la verificación inicial es generalmente más completo que durante la verificación posterior del mismo instrumento. En ambos casos metrológica se determinan las características y el rendimiento. Si bien la verificación inicial puede incluir un sistema sistemático verificación de la operatividad de todos los interruptores, controles y diales de un instrumento, una verificación posterior podría verificar esto solo en la medida en que el uso real o simulado del instrumento en una medición que podría permitirse. En ambos casos, el instrumento se prueba generalmente en condiciones de funcionamiento extremas y de puntos medios de su (s) rango (s). Estas pruebas pueden ser para determinar los errores reales de un instrumento o especialmente durante la verificación posterior, simplemente para determinar si el error se encuentra o no límites permitidos [13].

Algunas de las muchas características metrológicas que pueden incluirse en una verificación son:

- ✓ Error de medición o error intrínseco
- ✓ Estabilidad, repetibilidad y deriva
- ✓ Resolución de lectura, ancho de seguimiento del registrador e incertidumbre de lectura
- ✓ Calibración de patrones internos
- ✓ Susceptibilidad a interferencias electromagnéticas

- ✓ Correspondencia entre sí de valores individuales de lecturas y / o impresiones, donde un el instrumento tiene más de uno
- ✓ Fiabilidad de lectura de códigos de las cajas automáticas.

3.7.2. Examen técnico

El examen técnico puede incluir diversos controles, por ejemplo:

- ✓ Estado general del instrumento e indicaciones de daños, suciedad o desgaste
- ✓ Ubicación adecuada del instrumento y visibilidad de la lectura tanto para el vendedor como para el cliente
- ✓ Integridad de las impresiones de balanzas informáticas para incluir peso, precio unitario y precio total
- ✓ Potencial o arreglos para el fraude asociado con un instrumento y prácticas fraudulentas relacionadas a su uso
- ✓ Secuencia y control de enclavamientos.

3.7.3. Examen administrativo

Los exámenes administrativos difieren sustancialmente de una jurisdicción a otra y dependen, de al menos en cierta medida, sobre el instrumento que se verifica [12]. Pueden incluir el examen de algunos de los siguiendo:

- ✓ Etiquetas de identificación, placas de identificación e inscripciones
- ✓ Marcas de aprobación de patrones y marcas y fechas de verificación (anteriores)
- ✓ Integridad de sellos, cerraduras y otros dispositivos de seguridad metrológica
- ✓ Visualización o disponibilidad de certificados sobre el instrumento o su uso
- ✓ Disponibilidad de documentos técnicos necesarios y tablas de calibración
- ✓ Registros de calibración, reparación y mantenimiento.

4. CAPITULO IV. PROPUESTA DE LA NORMA TÉCNICA DE VERIFICACIÓN POSTERIOR DE MEDIDORES ESTÁTICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Esta propuesta de norma técnica se aplica a Medidores de Energía Eléctrica monofásicos de energía activa de corriente alterna que deben estar bajo las normas NTC 2288 [4], NTC 2147 [17], NTC 4052 [26], NMP 021 [16], ISO 9001[13] y sus equivalentes como ser la IEC 62052-11 [19], IEC 62052-31 [20], IEC 62053-21 [21], IEC 62053-22 [22], IEC 62053-23 [23], las cuales se aplican e exigen IBMETRO “Instituto Boliviano de Metrología” y los laboratorios de metrología internaciones como ser INMETRO “Instituto Nacional de Metrología - Brasil”, INTI “Instituto Nacional de Tecnología Industria - Argentina”, INACAL “Instituto Nacional de Calidad Perú”, INEN “Instituto Ecuatoriano de Normalización”, LATU “Laboratorio Tecnológico de Uruguay” y El Instituto Nacional de Metrología – Colombia.

Respecto a los ensayos que usaremos están los de la IEC 62058-21 [24], IEC 62058-31 [25], para medidores estáticos de energía activa, clase 0,2 S, 0,5 S, 1 y 2.

Los ensayos fueron escogidos respecto a los equipos del laboratorio de Electricidad de IBMETRO en el cual realice pasantías. Estando en dicho Instituto pude observar y comparar que las normativas no exigían la climatización de los equipos, la cual es muy importante porque pueden causar error en las mediciones. Esto lo observe al realizar calibraciones en los equipos electrónicos como ser sonómetros, Multímetros y al observar en reiteradas ocasiones que los datos variaban en las verificaciones iniciales al climatizarlos y no los medidores Estáticos de Energía de Eléctrica.

Investigando, encontré que en algunos manuales no en todos de las marcas de equipos electrónicos patrones para laboratorio que utiliza IBMETRO como ser multímetros PCE 322 y medidores patrones “FLUKE 6106” apartado 4.2.15, “TRANSMILLE 3010” apartado 2.1.1.4 y “SCIENTIFIC COLUMBUS 404” recomiendan climatizar los equipos, aunque no se lo efectúa, pero se lo debería hacer, puesto existe una variación aunque no es muy significativa pero incrementa el error.

4.1. Procedimiento para la Verificación Posterior

4.1.1. Verificación Visual de estado de los sellos

Los medidores deben ser inspeccionados y ensayados con la tapa puesta y con una previa verificación de los sellos.

Dentro de esta verificación se puede evidenciar alguno de los siguientes estados de los sellos de seguridad.

4.1.1.1. Sello Roto o Abierto

En el estado de alguno de sus componentes se evidencia que puede permitir el acceso al interior del equipo en el que fue instalado.

4.1.1.2. Sello deformado

El sello no tiene su forma regular, presenta hendiduras, grietas, fisuras, ranuras o rajaduras, le falta alguno de sus componentes o está quebrado.

4.1.1.3. Sello deteriorado

El material del sello ha perdido sus características.

4.1.1.4. Sello con elemento extraño

Es todo aquel elemento, material o sustancia que no hace parte de las características del sello.

4.1.1.5. Sello no existente

Ausencia del sello.

4.1.1.6. Otro

Si el estado del sello que no se encuentra definido en los anteriores.

En el Anexo B se encuentra información adicional sobre los tipos de sellos y sus componentes.

4.1.2. *Verificación de las condiciones técnicas del medidor*

Los criterios para determinar las condiciones técnicas están contenidas en el Anexo A.

Las condiciones técnicas que se encuentren durante la verificación deben ser registradas en el informe de ensayo o en un certificado que se proporcionara para lo cual se tiene que registrar la documentación y características como ser:

- La identificación del tipo o modelo, incluyendo:
 - ✓ Nombre o marca comercial.
 - ✓ Número de Serie.
 - ✓ Modelo.
 - ✓ Versión(es) de hardware y software.
 - ✓ Dibujo de la placa de características.
- Características metrológicas del medidor, incluyendo:
 - ✓ Una descripción de los principios de medición.
 - ✓ Especificaciones metrológicas tales como clase de exactitud y condiciones nominales de operación.
 - ✓ Cualquier paso que deba tomarse antes de probar el medidor.
- La especificación técnica del medidor, incluyendo:
 - ✓ Descripción del sello o precintos u otros medios de protección.
 - ✓ Diagramas e información general del software, explicando la construcción y operación
 - ✓ Cualquier documento u otra evidencia que muestre que el diseño y construcción del medidor
- El manual de operación.
- Manual de instalación.
- Una descripción de los fallos significativos, si aplica.
- La documentación del software debe incluir
 - ✓ Un manual con la lista de comandos e instrucciones de uso.

- ✓ Una descripción de los medios de seguridad del sistema operativo (contraseña, etc., si aplica).
- ✓ Una descripción de los métodos de sellado del software.

4.1.3. Condiciones de ensayo para medidores bajo prueba

El medidor bajo prueba debe estar bajo las siguientes condiciones:

4.1.3.1. Condiciones de referencia

Magnitud de influencia	Valor de referencia	Tolerancias para medidores de clase			
		0,2 S	0,5 S	1	2
Temperatura ambiente	Temperatura de referencia o, en su ausencia, 23 °C	±5 °C			
Tensión	Tensión de referencia	±1,0 %			
Frecuencia	Frecuencia de referencia	±0,3%	±0,3%	±0,3%	±0,5%
Forma de onda	Tensiones y corrientes sinusoidales	Factor de distorsión menor de			
		2,0 %	2,0 %	2,0 %	3,0 %
Inducción magnética de origen externo a la frecuencia de referencia	Inducción magnética igual a cero	Valor de inducción que causa una variación o error no mayor que: ±0,3 %			
		±0,1%	±0,1%	±0,2%	±0,3%
		pero debería ser en cualquier caso menor que 0,05 mT			

Tabla 5. Condiciones de referencia

Fuente: IEC 62053

Si los ensayos son hechos a una temperatura distinta a la temperatura de referencia, incluyendo tolerancias permisibles, los resultados deben ser corregidos mediante la aplicación del coeficiente apropiado de temperatura del medidor.

Es recomendable en cuestión a la inducción magnética determinar los errores, primero con el medidor normalmente conectado a la red de alimentación y después invirtiendo las conexiones a los circuitos de corrientes así como también a los circuitos de tensión. La mitad de la diferencia entre los dos errores es el valor de la variación del error. Debido a la

fase desconocida del campo exterior, el ensayo se debería realizar a $0,1 I_b$ ó $0,05 I_n$ a un factor de potencia unidad y $0,2 I_b$ ó $0,1 I_n$ a un factor de potencia de 0,5.

4.1.3.2. Equilibrio de tensión y corriente

Condición	Medidor estático			
	Clase			
	0,2 S	0,5 S	1	2
Cada tensión entre fase y neutro y entre dos fases cualquiera no deben diferir de la tensión correspondiente media en más de	$\pm 1 \%$			
Todas las corrientes en los conductores no deben diferir de la corriente media en más de	$\pm 1 \%$		$\pm 2 \%$	
El desfase de cada una de estas corrientes con la tensión fase neutro correspondiente no debe diferir entre ellos, independientemente del ángulo de fase, en más de	2°			

Tabla 6. Equilibrio de tensión y corriente

Fuente: IEC 62053-23

4.2. Diagrama de conexión

Para realizar los ensayos se debe seguir el siguiente diagrama:

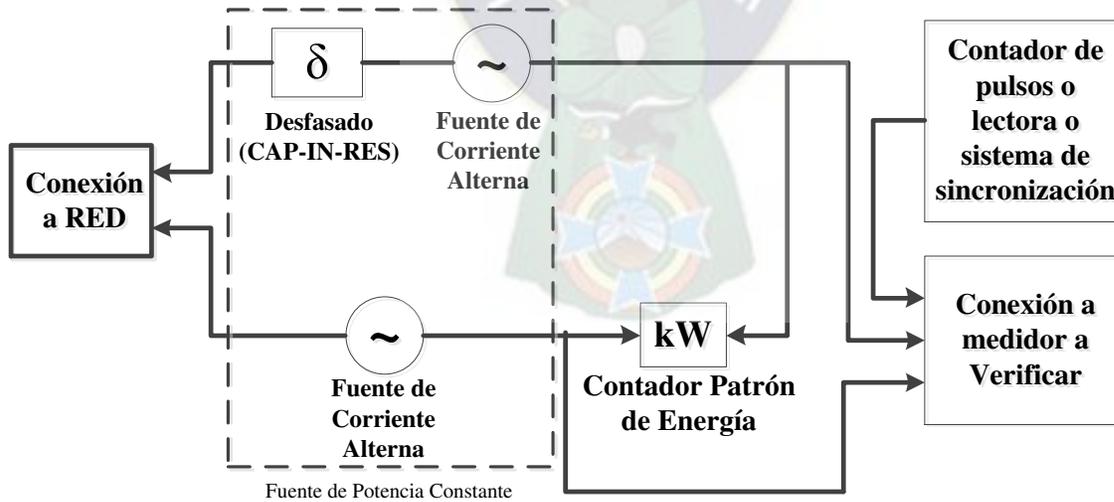


Figura 8. Diagrama de conexión

Fuente: Elaboración propia en base a la IEC 62058-21

4.3. Proceso de Verificación

La verificación posterior se lleva a cabo para verificar si el carácter legal de los instrumentos ha sido mantenido y proporcionar la base para reafirmar o retirar ese estado o para exigir acción correctiva para restaurarlo. Cada instrumento de un patrón o una muestra adecuada de un instrumento de su población pueden ser verificados. La verificación posterior de solo una muestra de la población se lleva a cabo para asegurar un nivel continuo de cumplimiento aceptable con las regulaciones de los instrumentos en uso. Subsecuente la verificación puede ir más allá del instrumento para verificar su uso, entorno o instalación adecuados, para verificar el proceso de medición completo y detectar prácticas fraudulentas.

La verificación posterior, que no sea por causa, se basa en el probable deterioro del instrumento. Pues su rendimiento debido al envejecimiento y al desgaste de componentes, polvo o suciedad, influencias ambientales como vibraciones y desajustes resultantes del uso normal. Algunos instrumentos son especialmente susceptibles debido a su sensibilidad a descargas mecánicas o eléctricas, ajustes sensibles o baja resistencia.

La historia del nivel de cumplimiento o de los problemas asociados con instrumentos específicos, patrones, las aplicaciones, los usuarios o las ubicaciones también puede constituir razones para la verificación posterior o para cambiar el intervalo entre verificaciones. Causa para la verificación posterior incluye reparación, re-calibración y ciertos ajustes, choque conocido o sospechado al instrumento, y observado mal funcionamiento o quejas.

4.3.1. Equipos y materiales

Para realizar los ensayos de condición de vacío, de arranque, de exactitud y la comprobación de la constante del medidor es necesario disponer de un sistema de medición compuesto por los siguientes equipos:

4.3.2. Contador de energía eléctrica activa

El contador de energía eléctrica activa actuará como patrón en la verificación, cuya clase de exactitud será por lo menos 4 veces mejor que la del medidor a calibrar. El

patrón a utilizar debe poseer un certificado de calibración en vigencia, el cual habrá sido emitido por un laboratorio acreditado en el ámbito de su acreditación o por el laboratorio nacional, esto asegura la trazabilidad de las mediciones. Los datos del certificado deben ser tales que permitan concluir que el contador de energía eléctrica cumple con su clase de exactitud.

4.3.3. Fuente de potencia constante

La fuente de potencia constante estará formado por una fuente de tensión y una fuente de corriente alterna las cuales deben tener una alimentación común para asegurar que la frecuencia sea la misma, incluirá también un equipo que permite retrasar o adelantar la onda de tensión con respecto a la corriente con el fin de corregir el ángulo de fase entre ellas. A este tipo de carga generada por dos fuentes que se regula de forma independiente se le llama carga “fantasma” o “ficticia”, y es la empleada en la calibración de medidores de energía eléctrica activa. La distorsión de la onda de tensión y de la onda de corriente será inferior a la que admita el patrón y el medidor a verificar, y vendrá indicada en su manual, y en caso contrario se tendrá en cuenta su influencia según lo indicado en su manual.

4.3.4. Contador de señal de salida

Un contador de señal de salida, que puede ser un contador de pulsos.

Los medidores poseen dos formas de transmitir su información:

- ✓ Directamente, mediante la lectura que aparece en el visualizador o mediante una relación numérica entre cantidad de energía registrada por el medidor.
- ✓ Una señal de salida que puede ser: una salida de pulsos electrónicos (por ejemplo TTL), una salida de pulsos ópticos (un led que emite destellos), o un disco giratorio con una marca (o mancha) que permite contar el número de revoluciones que da ese disco.

Para utilizar esta segunda forma de información depende de la señal de salida que tenga el equipo. El contador de pulsos electrónicos estará conectado a la salida de

pulsos electrónicos del medidor o un contador de pulsos ópticos el cual estará conectado a la salida de pulsos ópticos del medidor.

La cantidad de energía registrada será proporcional al número de pulsos. Esta proporción el fabricante la expresa como una constante, y es la llamada constante del medidor, puede venir expresada en cantidad de energía por pulso o en número de pulsos por unidad de energía (por ejemplo 5000 imp/kWh).

Los contadores de pulsos tienen dos entradas de pulsos, así tienen por una entrada los pulsos del medidor y por la otra los pulsos del patrón. Lo que se hace es comparar la cantidad de energía medida por uno y por otro y dar el error relativo porcentual directamente.

4.3.5. *Sistema de sincronización*

Cuando no se esté utilizando un contador de señal de salida, 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 verificar y el patrón tienen una entrada de sincronización, se puede utilizar una base de tiempos externa provista de un interruptor de arranque/parada, para que empiecen la medida y la terminen al mismo tiempo.

El sistema de medición puede ser integrado, es decir, compuesto por todos los equipos mencionados hasta ahora (por ejemplo un equipo de ensayo). Así que, únicamente hay que conectar el medidor a calibrar a los bornes de salida del sistema o equipo de ensayo.

4.3.6. *Calidad del equipo*

La calidad del equipo de ensayo o del patrón y demás aparatos que conforman el sistema de medición, debe ser tal que la incertidumbre de la medición del porcentaje de error no debería exceder de 1/5 del límite del porcentaje de error para el punto de ensayo dado a las condiciones de referencia. Lo máximo de la incertidumbre de medición debe estar en porcentaje para medidores estáticos clase 0,2 S; 0,5 S; 1 y 2.

Ensayo	Valor de corriente para		f.p.	Límite de error en porcentaje para medidores de clase				Máxima Incertidumbre de medición en porcentaje para medidores de Clase			
	Medidores conectados directamente	Medidores operados a través de transformador		0,2 S	0,5 S	1	2	0,2 S	0,5 S	1	2
1	$0,5 I_b$	$0,01 I_n$	1	$\pm 0,4$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	0,08	0,2	0,3	0,5
2	I_b	I_n	0,5	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$	0,04	0,1	0,2	0,4
3	I_b	I_n	1	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$	0,06	0,12	0,2	0,4
4	$I_{m\acute{a}x}$	$I_{m\acute{a}x}$	1	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$	0,04	0,1	0,2	0,4

Tabla 7. Incertidumbre de medición medidores estáticos

Fuente: IEC 62058-31

4.3.7. Equipos de ensayos

Los equipos de ensayos de medidores de energía deben cumplir lo indicado en la norma UNE 21-378-86 [28] y la IEC 736-82 [30].

4.3.8. Ensayo de tensión

Para realizar el ensayo de tensión en c.a. es necesario un generador de tensión que permita aplicar una señal alterna de forma sinusoidal de por lo menos 2 kV a 50 Hz para medidores estáticos monofásicos y de por lo menos de 3,2 kV a 50 Hz para medidores electromecánicos clase 2. Este generador debe ser capaz de realizar el ensayo de tensión en c.a. de acuerdo con el apartado 5.3 de la IEC 62058-31[29] para medidores estáticos.

4.3.9. Materiales y/o Equipos auxiliares

Como materiales y/o equipos auxiliares se requiere:

Cables adecuados para las conexiones entre el equipo de ensayo de medidores o el sistema de suministro de energía y los medidores a verificar. Cables de sección de diámetro proporcional a la fuente de corriente y longitud corta para las conexiones. Para el caso de la fuente de tensión, de igual manera, la sección y la longitud han de ser tales que no produzcan una caída de tensión.

4.3.10. Ensayos preliminares

Antes de iniciar los ensayos se comprobará que:

- Los medidores tengan homologación vigente, que pertenezcan al mismo modelo, que el marcado en la placa de características y bornes sea correcto, que contengan el número de serie y que ninguno de los medidores muestre señales de daños.
- Los bornes estén marcados de forma que puedan ser identificados sin ambigüedad, y debe acompañarle un esquema de conexionado (usualmente en la tapa de bornes o en placa de características del medidor).
- Antes de iniciar los ensayos, el medidor deberá ser energizado a la tensión de referencia:
 - ✓ Para los medidores estáticos de conexión directa, con el fin de alcanzar la estabilidad térmica, el valor de la corriente debe ser de $0,1 I_b$ a factor de potencia 1 durante un mínimo de 20 minutos según la IEC 62058-31 [29].
 - ✓ También se podrá considerar que se alcanza la estabilidad térmica en el caso de medidores estáticos durante 10 minutos se aplica una corriente con valor $0,5 I_b$ a la tensión de referencia y factor de potencia 1 según la IEC 62058-11 [27].
- Los ensayos se realizarán conectando el medidor de acuerdo a su esquema de conexión. Las conexiones y desconexiones se llevarán a cabo con los circuitos de tensión y de corriente sin energía.
- El orden de los ensayos es el siguiente:
 - ✓ Ensayo de tensión en c.a.
 - ✓ Ensayo en condición de vacío.
 - ✓ Ensayo de arranque.
 - ✓ Ensayos de exactitud.
 - ✓ Verificación del registro.

4.4. Ensayos

Es recomendable que el medidor bajo prueba deba climatizarse por unos 30 minutos para que tenga un buen funcionamiento.

4.4.1. Ensayo de tensión en c.a.

El ensayo de tensión en c.a. se debe llevar en conformidad a la Tabla 8.

La tensión de ensayo debe ser básicamente sinusoidal, teniendo una frecuencia entre 45 Hz y 65 Hz, y siendo aplicada durante 2 segundos según la NTC 2147 [17]. La fuente de alimentación debe ser capaz de suministrar al menos 500 VA.

El tiempo de subida y de caída de la tensión de ensayo debe ser no mayor que 2 segundos. Los circuitos auxiliares con tensión de referencia menor o igual a 40 V se deben conectar a tierra.

Durante este ensayo, no se debe producir ninguna descarga disruptiva o perforación.

Ensayo	Aplicable a	Tensión de ensayo	Puntos de aplicación de la tensión de ensayo
A	Medidores de Clase de protección I	2 kV	a) Entre, de un lado, todos los circuitos de corriente y tensión así como los circuitos auxiliares con tensión de referencia superior a 40 V, conectados entre sí y por el otro lado, la tierra
		2 kV	b) Entre los circuitos que en servicio no estén previstos para ser conectados entre sí.
B	Medidores de Clase de protección II	3,2 kV	a) Entre, de un lado, todos los circuitos de corriente y tensión así como los circuitos auxiliares con tensión de referencia superior a 40 V, conectados entre sí y por el otro lado, la tierra.
		2 kV	b) Entre los circuitos que en servicio no estén previstos para ser conectados entre sí.
		-	c) Una inspección visual para cumplir con las condiciones de la IEC 62052-11 [19].

Tabla 8. Ensayo de tensión en c.a.

Fuente: NTC 2147

La distancia para la protección debe ser segura entre la tapa del bloque de terminales, si ésta es de metal, y la superficie exterior de los tornillos cuando están fijados para sujetar el conductor máximo aplicable, no debe ser inferior a los valores apropiados indicados en las Tablas 9 y Tabla 10.

Tensión fase a tierra derivada de la tensión nominal del sistema [V]	Tensión de impulso nominal [V]	Distancia de seguridad mínima		Distancia de fuga mínima	
		Medidor para uso interior [mm]	Medidor para uso exterior [mm]	Medidor para uso interior [mm]	Medidor para uso exterior [mm]
=100	1500	0,5	1,0	1,4	2,2
=150	2500	1,5	1,5	1,6	2,5
=300	4000	3,0	3,0	3,2	5,0
=600	6000	5,5	5,5	6,3	10,0

Tabla 9. Distancias de seguridad y distancias de fuga para medidores de caja aislada clase de protección I

Fuente: NTC 5226 apartado 5.6 [32].

Tensión fase a tierra derivada de la tensión nominal del sistema [V]	Tensión de impulso nominal [V]	Distancia de seguridad mínima		Distancia de fuga mínima	
		Medidor para uso interior [mm]	Medidor para uso exterior [mm]	Medidor para uso interior [mm]	Medidor para uso exterior [mm]
=100	2500	1,5	1,5	2,0	3,2
=150	4000	3,0	3,0	3,2	5,0
=300	6000	5,5	5,5	6,3	10,0
=600	8000	8,0	8,0	12,5	20,0

Tabla 10. Distancias de seguridad y distancias de fuga para medidores de caja aislada clase de protección II

Fuente: NTC 5226 apartado 5.6 [32].

4.4.2. Ensayo en condición de vacío

Es cuando se aplique la tensión, sin pasar corriente por el circuito de corriente.

4.4.2.1. Método de conteo de pulsos

Para este ensayo, el circuito de corriente debe estar abierto y se debe aplicar una tensión del 115% de la tensión de referencia a los circuitos de tensión, el medidor no debe producir más de un pulso, como nos indica la sección 8.3.2 de la IEC 62053-21 [21], para medidores clase 1 y la sección 8.3.2 de la IEC 62053-22 [22], para medidores clase 0,5.

La duración mínima del ensayo Δt debe ser:

$$\Delta t \geq \frac{900 * 10^6}{k * m * V_n * I_{m\acute{a}x}} [min] \text{ para medidores de clase 0.2 S} \quad (9)$$

$$\Delta t \geq \frac{600 * 10^6}{k * m * V_n * I_{m\acute{a}x}} [min] \text{ para medidores de clase 0.5 S y 1} \quad (10)$$

$$\Delta t \geq \frac{480 * 10^6}{k * m * V_n * I_{m\acute{a}x}} [min] \text{ para medidores de clase 2} \quad (11)$$

Dónde:

k : es el número de impulsos emitidos por el dispositivo de salida por kilowatt-hora (imp/kWh).

m : es el número de elementos de medida.

V_n : es el valor numérico de la tensión de referencia en voltios;

$I_{m\acute{a}x}$: es el valor numérico de la corriente máxima en amperios.

Durante el ensayo, el medidor no deberá emitir más de un pulso.

4.4.2.2. Método indicador de ausencia de carga

Para los medidores estáticos que cuenten con un indicador de ausencia de carga se debe seguir estos pasos durante el ensayo de funcionamiento sin carga:

- ✓ Verificar que el medidor no este energizado.
- ✓ Sin aplicar corrientes en los circuitos de corriente y aplicando una tensión del 115% de la tensión de referencia a los circuitos de tensión el indicador de ausencia de carga debe operar permanentemente como evidencia de esta condición.
- ✓ Observar que el indicador de ausencia de carga permanezca activo durante 10 segundos antes de continuar con el siguiente ensayo.

4.4.3. Ensayo de Arranque

El medidor debe arrancar y continuar registrando cuando es conectando de acuerdo al diagrama de conexiones a la tensión y frecuencia de referencia para los valores de corriente.

Para cuando se energiza el medidor a la tensión de referencia y se conecta según se muestra en el diagrama de conexiones. El medidor debe arrancar y seguir registrando corriente según lo indicado en la Tabla 11.

	Clase del medidor				Factor de potencia
	0.02 S	0.5 S	1	2	
Corriente de Arranque	$0,0005 I_b$	$0,0005 I_b$	$0,004 I_b$	$0,005 I_b$	1

Tabla 11. Ensayo de arranque

Fuente: IEC 62053-21 y IRAM 2420

4.4.4. Ensayos de exactitud

Los ensayos de exactitud para los casos monofásico se deben llevar a cabo en los puntos especificados en la Tabla 12, sin esperar a que se alcance el equilibrio térmico entre las mediciones.

N ^a Ensayo	Valor de corriente para		Factor de potencia	Límite de error en porcentaje para medidores de clase			
	Medidores conectados directamente	Medidores operados a través de transformadores		0,2 S	0,5 S	1	2
1	$0,05 I_b$	$0,01 I_n$ resp. $0,02 I_n^a$	1	$\pm 0,4$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
2	I_b	I_n	1	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
3	I_b	I_n	0.5	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 1,0$	$\pm 3,0$
4	$I_{m\grave{a}x}$	$I_{m\grave{a}x}$	1	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
°	^a $0,01 I_n$ Para medidores de clases 0.2 S y 0.5 S y $0,02 I_n$ para medidores de clase 1 y 2.						

Tabla 12. Puntos de ensayo de exactitud y límite de error en porcentaje para medidores estáticos

Fuente: IEC 62052-11

En los ensayos de exactitud el tiempo de ensayo para cada punto de medida no debe ser menor al indicado en el manual del patrón o, en su defecto, a un intervalo de tiempo para el cual la resolución del medidor a calibrar o del patrón no incremente la incertidumbre de medición.

Para el caso de los medidores monofásicos de tres hilos en los cuales no se pueda independizar el circuito de tensión del de corriente o que por incompatibilidad con los equipos de ensayo o con el sistema de alimentación no puedan ser verificados, se utilizarán transformadores de corriente de clase al menos 5 veces mejor que la del medidor a verificar, ello permitirá independizar los circuitos de corriente del medidor con los del equipos de ensayo o con el sistema de alimentación y de esta manera se podrá realizar la verificación.

Se considerará como aceptable el medidor que presenta errores que no superan los límites de error en porcentaje para su clase.

4.4.5. Comprobación de la constante del medidor

Cuando se mide cierta cantidad de energía, el incremento en el visualizador y la energía calculada a partir del número de impulsos emitidos durante este ensayo desde la salida de control, no deben diferir en más de $\pm 0,2\%$. El ensayo debe efectuarse sobre cada medidor para al menos una tarifa del indicador.

Debemos tomar en cuenta que la cantidad de energía empleada durante este ensayo deberá ser lo suficientemente alta como para que sea posible detectar una diferencia del $\pm 0,2\%$.

4.5. Toma y tratamiento de datos

Luego de haberse realizado las conexiones se selecciona en el sistema de alimentación los valores de tensión, corriente y factor de potencia a los que se realizarán las mediciones. Las conexiones y desconexiones se llevarán a cabo con los circuitos de tensión y de corriente des-energizados.

Para el caso en que el patrón empleado no cuente con un contador de pulsos de manera que ofrezca directamente el error entre las mediciones lo que hay que hacer es tomar las lecturas de los medidores ya sea en watt-hora (Wh) o en número de impulsos (imp). Es decir la lectura correspondiente al número de vueltas del disco o al número de impulsos del medidor (L_M) y la lectura del patrón (L_P), cada vez que se detenga la medición. En éste caso el cálculo del error podrá realizarse de la siguiente manera:

El error en cada punto de medición (E):

$$E = L_M - L_P \quad (12)$$

El error expresado en porcentaje ($E_r\%$), es:

$$E \% = \frac{L_M - L_P}{L_P} * 100 \quad (13)$$

Dónde:

L_M : Lectura del medidor a ensayar.

L_P : Lectura del patrón.

Ambas lecturas deben darse en las mismas unidades.

El valor de la lectura del medidor se puede obtener de las siguientes maneras:

$$L_M = \frac{1}{k1} * n \quad (14)$$

Dónde:

$k1$: Constante del medidor en rev/kWh (km) o imp/kWh.

n : Número de revoluciones del disco o número de pulsos del medidor.

Debemos tener en cuenta que si se desea expresar la lectura del medidor en Wh se multiplicará el valor obtenido por 1000.

O también:

$$L_M = k_2 * n \quad (15)$$

Dónde:

k_2 : Contante del medidor en Wh/rev (kd) o Wh/imp.

n : Número de revoluciones del disco o número de pulsos del medidor.

La lectura de energía del contador patrón es la indicada en su pantalla luego de realizado el ensayo y según las características del contador patrón se debe multiplicar este valor por su correspondiente constante según el alcance de corriente al cual se está realizando la verificación

Los resultados de la verificación deberán registrarse en un formato apropiado, que tenga identificación única, el cual contenga por lo menos la siguiente información:

- ✓ Datos del organismo autorizado para la verificación
- ✓ Datos del solicitante
- ✓ Fecha de la realización de la verificación
- ✓ Especificaciones completas del medidor (debe incluir la marca de aprobación de modelo)
- ✓ Condiciones ambientales
- ✓ Normas de aplicación
- ✓ Cuadro de resultados con indicación de cumplimiento o no de los requisitos
- ✓ Campo para observaciones
- ✓ Nombre y firma del técnico que realizó la verificación.

4.5.1. Comparación de Energía

La energía para medidores de energía eléctrica activa está definida de la siguiente manera:

$$Energia = \frac{V * I * Cos \phi * t}{3600} \quad (16)$$

Dónde:

V : es la tensión de referencia en volts (normalmente 220 V)

I : es la corriente de referencia en amperes (según el ensayo que se está realizando)

$\text{Cos } \phi$: es el factor de potencia (1 ó 0,5 Ind.)

t : es tiempo de referencia (por ejemplo 30 s, 45 s, etc.)

Nota: En esta ecuación la energía se expresa en watts-hora (Wh).

Debido a que la constante del medidor usualmente se expresa en relación de los impulsos por kilowatts-hora k (imp / kWh), es necesario dividir entre 1000 para que la energía se exprese en kilowatts-hora, entonces se tiene:

$$\text{Energía} = \frac{1}{1000} * \left(\frac{V * I * \text{Cos } \phi * t}{3600} \right) \quad (17)$$

La energía también se puede expresar en función del número de impulsos y la constante del medidor de la siguiente manera:

$$\text{Energía} = \frac{N (\text{imp})}{k (\text{imp} / \text{kWh})} \quad (18)$$

Dónde:

N : es el número de impulsos (imp)

k : es el número de impulsos emitidos por el dispositivo de salida en función de los kilowatts-hora (imp/kWh)

Despejando el número de impulsos se tiene:

$$N (\text{imp}) = (\text{Energía}) * k(\text{imp}/\text{kWh}) \quad (19)$$

Reemplazar las ecuaciones tenemos:

$$N (imp) = \left(\frac{V * I * \text{Cos } \phi * t}{3600000} \right) * k(imp/kWh) \quad (20)$$

Nota: Tener en cuenta que el número de impulsos debe ser un número entero, y en caso se obtenga un valor diferente, éste se debe aproximar al valor entero cercano. Por otro lado si se desea conocer la energía que acumula el medidor en esta cantidad de impulsos cuando su constante se expresa en se debe considerar la siguiente relación:

$$\text{Energía} = \frac{1000}{k (imp/kWh)} * N(imp) \quad (21)$$

Nota: En la ecuación de la energía del medidor se expresa en watts-hora (Wh) ya que es usual que la lectura del patrón se exprese en watts-hora (Wh), de tal forma que estas energías se puedan comparar.

Como la verificación se realiza por comparación de energía, es decir se compara la energía del patrón con la energía del medidor a calibrar, entonces se tiene que:

$$\text{Energía del patrón} = \text{Energía del medidor a calibrar} \quad (22)$$

Reemplazando podemos expresar la energía del medidor a calibrar y del patrón en función del número de impulsos y sus constantes como:

$$\frac{N_1(imp)}{k_1(imp/kWh)} = \frac{N_2(imp)}{k_2(imp/kWh)} \quad (23)$$

Dónde:

N_1 es el número de impulsos del patrón (imp)

k_1 es la constante del patrón (imp/kWh)

N_2 es el número de impulsos del medidor a calibrar (imp)

k_2 es la constante del medidor a calibrar (imp/kWh)

Entonces si queremos conocer el número de impulsos del patrón

Nota: Cuando se calcula el número de impulsos en el patrón se debe entender que el patrón actúa como el visualizador del medidor a calibrar. En otras palabras la formula nos permite obtener los impulsos que se deben programar en el patrón equivalente a los impulsos reales que el medidor a calibrar debe emitir.

5. CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Incertidumbre

Según la norma GTC 51, Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones (1997-11-26), apartado 2.2.3, Incertidumbre (de la medición) es el parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores, que en forma razonable se le podría atribuir a una magnitud por medir.

- ✓ “La definición de incertidumbre de medición dada en el apartado 2.2.3 es una definición operacional que se enfoca en el resultado de la medición y su incertidumbre evaluada. Sin embargo, esta no es inconsistente con otros conceptos de incertidumbre de medición, tales como:
 - ✓ Una medida del posible error en el valor estimado del mensurado proporcionado por el resultado de una medición
 - ✓ Una estimación que caracteriza el intervalo de valores dentro de los cuales se halla el valor verdadero de un mensurado (VIM, 1ª edición, 1984, apartado 3.9)

La incertidumbre del resultado de una medida refleja la falta de conocimiento exacto del valor verdadero del mensurado.

En la práctica existen muchas fuentes posibles de incertidumbre en una medida, entre las que se encuentran:

- ✓ Las debidas a la serie de mediciones: variaciones en observaciones repetidas bajo condiciones aparentemente iguales.
- ✓ Las declaradas en el certificado de calibración del equipo de prueba utilizado para realizar las medidas: en el certificado de calibración de dicho equipo, se

establecen las correcciones y las incertidumbres asociadas a ellas, para un valor de k determinado, en las condiciones de calibración.

Las debidas a las características del equipo de prueba utilizado para realizar las medidas tales como:

- ✓ Deriva
- ✓ Resolución
- ✓ Magnitudes de influencia (según el VIM, magnitud de influencia es aquella magnitud no objeto de la medida pero que influye sobre el valor del mensurado y sobre las indicaciones del equipo de medida, p.e. temperatura).

Otras:

- ✓ Método: por ejemplo, variaciones en la carga durante la medición de energía por el método potencia tiempo, etc.
- ✓ El observador: por ejemplo, errores de apreciación en la toma de datos.
- ✓ Tablas: por ejemplo las constantes

La incertidumbre de un resultado de medida comprende, normalmente, muchas componentes que pueden ser agrupadas en dos categorías en función del método utilizado para estimar su valor numérico:

➤ Incertidumbres Tipo A:

Se estiman aplicando métodos estadísticos a una serie de observaciones repetidas.

➤ Incertidumbres Tipo B:

Se estiman por otros medios y con base en:

- ✓ Datos de mediciones anteriores.
- ✓ Experiencia en el conocimiento general de las características, comportamiento y propiedades de los instrumentos.
- ✓ Especificaciones de los fabricantes.
- ✓ Datos obtenidos de los certificados de calibración o de otro tipo de certificados.
- ✓ Incertidumbres asociadas a datos de referencia tomados de manuales.

Toda descripción detallada de la incertidumbre debería comprender una lista completa de sus componentes e indicar, para cada una, el método que se ha utilizado para cuantificarla.

El propósito de la clasificación como incertidumbres Tipo A e incertidumbres Tipo B, es indicar que existen dos maneras de evaluar componentes o contribuciones de incertidumbre. Esta clasificación no significa diferencia alguna en la naturaleza de las componentes que resultan de cada uno de los dos tipos de evaluación. Ambos tipos están basados en distribuciones de probabilidad y las componentes o contribuciones de incertidumbre son cuantificadas por varianzas y desviaciones estándar.

5.1.1. Evaluación de la incertidumbre Tipo A

En la mayoría de los casos, la mejor estimación disponible del valor esperado de una magnitud x_i de la cual se han obtenido n observaciones, bajo las mismas condiciones de medición, es la media aritmética de las n observaciones (\bar{x}).

Las observaciones individuales (x_1, x_2, \dots, x_n) difieren del valor medio y un estimador de la dispersión de los valores alrededor de este valor medio, es la desviación estándar experimental (s) que viene dada por la expresión:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (24)$$

Un mejor estimador de esta variabilidad (cuando el resultado que se emplea es una media), es la desviación estándar experimental de la media s' , que viene dada por la expresión:

$$s' = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (25)$$

Si el valor del mensurado se determina a partir de n observaciones independientes y el resultado se expresa como \bar{x} .

La incertidumbre asociada a esta estimación es:

$$u(x_i) = s'(\bar{x}) \quad (26)$$

Si el número de mediciones n es pequeño ($n \leq 10$), la evaluación de la incertidumbre Tipo A expresada por la ecuación anterior puede no ser fiable. Si no se puede aumentar el número de

observaciones deberían calcularse los grados efectivos de libertad (n-1), y encontrar el factor de t-student para un Nivel de Confianza del 68,27 %, (Según la tabla de t-student) con lo cual llevamos la distribución a una Distribución Normal; es decir:

$$s' = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

5.1.2. *Evaluación de la incertidumbre Tipo B*

Ya se ha comentado anteriormente que las contribuciones de incertidumbre Tipo B son estimadas mediante otros medios, y se caracterizan por unos términos $u^2(x_i)$ que pueden ser considerados como unas aproximaciones de las varianzas correspondientes.

Estas $u^2(x_i)$ (varianza estimada asociada) o $u(x_i)$ (desviación estándar estimada asociada) son evaluadas mediante juicios basados en toda la información disponible anteriormente definida.

Hay que indicar que una evaluación de las contribuciones de incertidumbre Tipo B pueden ser tan fiables como las contribuciones de incertidumbre Tipo A, especialmente en aquellos casos en los que las incertidumbres Tipo A se han determinado con base en un número pequeño de observaciones estadísticamente independientes.

Lo que hay que conocer es la distribución estadística que siguen estas contribuciones y para ello se pueden plantear los siguientes casos:

a) La estimación x_i se toma de una especificación del fabricante, de un certificado de calibración, de un manual de instrucciones, etc., y su incertidumbre asignada se establece como un múltiplo particular de una desviación estándar.

En este caso, la incertidumbre asociada $u(x_i)$ es simplemente el valor asignado dividido por el multiplicador.

Ejemplo: en el certificado de calibración de un equipo de prueba de medidores de energía, se establece, para un punto de prueba determinado, una incertidumbre de 0,030 % con $k=2$. La contribución asociada sería: $u(x_i) = \frac{0,030 \%}{2} = 0,015 \%$

b) La incertidumbre asignada a x_i , no viene dada como un múltiplo de una desviación estándar, sino que define un intervalo con un determinado nivel de confianza.

A menos que se indique otra cosa, se puede considerar que se usó para su determinación una instrucción normal y recuperar la incertidumbre de x_i , dividiendo la incertidumbre asignada por el factor apropiado para la distribución normal (éste puede ser 1, 2 o 3 en función del nivel de confianza que se haya decidido).

Ejemplo: en el certificado de calibración de un equipo de prueba de medidores, se declara, para un punto de prueba determinado, un valor de error de $+1,8\% \pm 0,15\%$, y que la incertidumbre asignada define un intervalo de confianza del 99,73%. En este caso, la contribución a la incertidumbre se consideraría $0,15/3$ (en una distribución normal el intervalo $(\bar{x} \pm 3\sigma)$ comprende alrededor del 99,73% de los valores de la distribución).

c) Con la información disponible, es posible establecer que la probabilidad de que el valor de x_i caiga dentro de un intervalo $(-a, +a)$, es del 99,73%. Si podemos suponer que la distribución de los posibles valores de x_i es aproximadamente normal, el mejor estimador es el punto medio del intervalo, es decir:

$$(x_i) = \frac{a_- + a_+}{2} \quad (27)$$

Como contribución a la incertidumbre se considera la semi-amplitud del intervalo dividido por 3, es decir:

$$u(x_i) = \frac{a}{3} \quad (28)$$

Si en una distribución normal con valor esperado \bar{x} y desviación estándar s , el intervalo $(\bar{x} \pm 3\sigma)$ comprende alrededor del 99,73% de los valores de la distribución.

d) En otros casos, únicamente pueden estimarse límites (superior e inferior) y se puede establecer que la probabilidad de que el valor de x_i esté dentro del intervalo $(-a, +a)$ es igual a 1 y la probabilidad de que caiga fuera de ese intervalo es prácticamente 0, y, además, el mejor estimador es el punto medio del intervalo.

Si no existe un conocimiento específico acerca de los posibles valores de x_i dentro del intervalo, se puede definir que es igualmente probable que tome cualquier valor dentro del intervalo (distribución rectangular) y el mejor estimador es el punto medio del intervalo $(a_- + a_+)/2$.

Como contribución a la incertidumbre se considera la semi-amplitud del intervalo dividido por $\sqrt{3}$, es decir:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (29)$$

En una distribución rectangular con valor esperado \bar{x} y desviación estándar s , el intervalo $(\bar{x} \pm 3\sigma)$ comprende alrededor del 100% de los valores de la distribución.

e) Si el mejor estimador no es el valor medio del intervalo, con lo cual los límites (superior e inferior) no son simétricos y, por lo tanto, la distribución de probabilidad no es uniforme en todo el intervalo. En este caso, como contribución a la incertidumbre se considerará:

$$u(x_i) = \frac{a_+ - a_-}{2\sqrt{3}} \quad (30)$$

Es importante no contar dos veces las componentes de la incertidumbre: si una componente de incertidumbre se ha estimado como de Tipo B, ésta debería incluirse como una componente en el cálculo de la incertidumbre expandida final, si su efecto no se hubiera considerado al estimar las contribuciones de incertidumbre Tipo A.

5.2. Validación de la incertidumbre

5.2.1. Procedimiento de cálculo

5.2.1.1. Incertidumbre tipo A (μ_A)

Que corresponde a la repetibilidad de las mediciones

$$\mu_A = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad \text{Para } n > 10 \quad (31)$$

$$S = \frac{S}{\sqrt{n}} * t \quad \text{Para } n \leq 10 \quad (32)$$

Dónde:

S: es la desviación estándar o desviación normal de los datos tomados.

n: es el número de datos tomados por cada punto de carga. Para el caso, se establece que el número de datos a tomar es diez ($n = 10$)

5.2.1.2. Incertidumbre tipo B (μ_B)

Tiene las siguientes componentes

$$\mu_B = \sqrt{\mu_{BE}^2 + \mu_{Br}^2} \quad (33)$$

Dónde:

μ_{BE} : Incertidumbre debida al equipo de prueba de medidores utilizado.

μ_{Br} : Incertidumbre por la resolución del equipo de prueba de medidores utilizado.

Para efectos de cálculo se debe tener en cuenta que:

$$\mu_{Br} = \frac{a}{2\sqrt{3}} \quad (34)$$

Dónde:

a : es la resolución que para el caso de toma de errores con dos dígitos decimales
 $a = 0,01$ y por lo tanto:

$$\mu_{Br} = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} = 2.887 * 10^{-3}\%$$

5.2.1.2.1. Incertidumbre debida al equipo de prueba de medidores utilizado

(μ_{BE})

Normalmente usado en verificaciones en campo cuando existen transformadores. Se puede optar por uno de los siguientes procedimientos, considerando límites de error de los patrones del equipo.

Para este caso se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\mu_{BE} = \sqrt{\mu_{Bp}^2 + \mu_{Btc}^2 + \mu_{Btt}^2} \quad (35)$$

Dónde:

$\mu_{Bp} = (a_p)/\sqrt{3}$: es la incertidumbre debida a la exactitud del patrón de energía del equipo de prueba de medidores utilizado, siendo (a_p) el valor absoluto del límite de error definido por el fabricante para dicho patrón.

$\mu_{Btc} = (a_{TC})/\sqrt{3}$: es la incertidumbre debida a la exactitud de los transformadores de corriente (si los hay) que lleva la magnitud de corriente al patrón de energía del equipo de prueba de medidores utilizado, siendo (a_{TC}) el valor absoluto del límite de error definido por el fabricante para los Transformadores de Corriente (TC)

$\mu_{Btt} = (a_{TC})/\sqrt{3}$: es la incertidumbre debida a la exactitud de los transformadores de tensión (si los hay) que lleva la magnitud de tensión al patrón de energía del equipo de prueba de medidores utilizado, siendo (a_{TC}) el valor

absoluto del límite de error definido por el fabricante para los Transformadores de tensión (TT)

- Considerando resultados de la calibración del Equipo de Prueba de Medidores (Equipo de prueba de medidores) Para este caso se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\mu_{BE} = \sqrt{\left(\frac{(|E_i| + |\mu_{E_i}|)_{max}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \mu_{BD}^2} \quad (36)$$

Dónde:

$(|E_i| + |\mu_{E_i}|)_{max}$: es el mayor valor obtenido al sumar, para cada punto de prueba del EPM, el valor absoluto del error obtenido en dicho punto de prueba (E_i) con el correspondiente valor absoluto de la incertidumbre expandida $|\mu_{E_i}|$ declarada en el certificado o informe de calibración del equipo bajo prueba.

μ_{BD} : es la componente de incertidumbre por deriva.

El cálculo incertidumbre por deriva μ_{BD} , se puede realizar cuando se tiene suficiente historia de las calibraciones del EPM.

La deriva de un instrumento entre dos calibraciones se estima, para un valor dado, como:

$$\mu_{BD} = \frac{|C_n - C_{n-1}|_{max}}{\sqrt{3}} \quad (37)$$

Dónde:

C_n : es el valor máximo reportado para el certificado

de calibración del EPM en una fecha n.

C_{n-1} : es el valor máximo reportado para el certificado de la calibración del EPM en una fecha n-1.

5.2.1.2.2. Contribución debida a la calibración del patrón (μ_{PC})

$$\mu_{PC} = \frac{\mu_E}{K} \quad (38)$$

Dónde:

μ_E : Incertidumbre expandida

K : Factor de cobertura

5.2.1.2.3. Propagación de la Incertidumbre

Cuando no existe correlación se aplica la “Ley de la propagación de la incertidumbre” para una función $y = f(x)$.

$$\mu(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \mu_i^2(x)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 * \mu^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 * \mu^2(x_i)} \quad (39)$$

Dónde:

$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ es llamado coeficiente de sensibilidad

Aplicando la ley de propagación de incertidumbre y suponiendo que no existe correlación entre las distintas variables, se obtiene:

$$\mu^2(E\%) = c_1^2 * u^2(s) + c_2^2 * u^2(\mu_{Br}) + c_3^2 * u^2(\mu_{PC}) + c_4^2 * u^2(\mu_{BP}) \quad (40)$$

Dónde:

s' : Desviación estándar experimental

μ_{Br} : Incertidumbre por la resolución del equipo de prueba de medidores utilizado

μ_{Pc} : Contribución debida a la calibración del patrón

μ_{Bp} : la incertidumbre debida a la exactitud del patrón de energía del equipo de prueba de medidores utilizado

Evaluando los coeficientes:

$$c_1 = \frac{\partial E\%}{\partial s'} = 1 ; c_2 = \frac{\partial E\%}{\partial \mu_{Br}} = 1 ; c_3 = \frac{\partial E\%}{\partial \mu_{Pc}} = -1 ; c_4 = \frac{\partial E\%}{\partial \mu_{Bp}} = -1$$

$$E \% = s' + \mu_{Br} - \mu_{Pc} - \mu_{Bp} \quad (41)$$

$$\mu^2(y) = s'^2 + \mu_{Br}^2 + \mu_{Pc}^2 + \mu_{Bp}^2 \quad (42)$$

Nota: Podemos encontrar un ejemplo en el ANEXO D

5.2.1.2.4. Incertidumbre compuesta (μ_C)

$$\mu_C = \sqrt{\mu_A^2 + \mu_B^2}$$

Dónde:

μ_A : es la incertidumbre tipo A

μ_B : es la incertidumbre tipo B

5.2.1.2.5. Incertidumbre expandida (μ_E)

$$\mu_E = t * \mu_C \quad (43)$$

Dónde:

t : es el factor de cubrimiento tomado de la Tabla de Student considerando un nivel de confianza del noventa y cinco por ciento (95%).

5.3. Consideraciones prácticas sobre el cálculo de incertidumbre.

Para las calibraciones realizadas correspondientes a ensayos de rutina, de conformidad con la norma NTC 4856 “Verificación inicial y periódica” se debe emplear el siguiente procedimiento.

5.3.1. *Para patrones, equipos de prueba de medidores y medidores fabricados bajo las Normas Técnicas NTC 2147 (Medidores de energía activa estáticos clase 0,2s y 0,5s)*

En el caso de equipos de prueba de medidores y patrones (Equipo de prueba de medidores), para cada punto de medición, debe tomarse como mínimo diez datos siguiendo el procedimiento descrito en NTC 2147 del presente documento.

En el caso de medidores de energía especificados en este numeral, tanto para verificación inicial como para verificación posterior, los datos del medidor se toma, en cada punto de prueba indicado en la norma NTC 4856 con un mínimo de tres datos, y se calcula el valor de error promedio y la incertidumbre expandida por cada punto, utilizando el procedimiento descrito en el capítulo 4 del presente documento.

En el Certificado de Calibración se debe reportar el valor de error promedio en cada uno de los puntos de prueba, y su correspondiente incertidumbre expandida.

5.3.2. *Para medidores fabricados bajo las Normas Técnicas NTC 2288 (medidores de energía activa clases 0,5; 1,0 y 2,0), NTC 4052 (medidores de energía activa clases 1,0 y 2,0), NTC 4569 (medidores de energía reactiva estáticos clase 2 y 3)*

5.3.2.1. *Consideraciones para la verificación posterior y inicial*

Para la verificación posterior para cada medidor se debe tomar, en cada punto de prueba indicado en la norma NTC 4856, un mínimo tres datos, y se calcula el valor de error promedio y la incertidumbre expandida, utilizando el procedimiento descrito en el capítulo 4 del presente documento.

Para la verificación inicial se puede proceder de acuerdo a lo establecido para los medidores fabricados bajo las normas indicadas en el numeral 5.3.1 del presente documento. También se puede proceder tomando un solo dato en cada punto de prueba

indicado en la norma NTC 4856 y asociándole a cada dato un valor de incertidumbre de acuerdo al concepto de incertidumbre histórica establecido en el numeral XX y en el numeral F.2.4.1. de la Guía Técnica Colombiana GTC 51.

Cuando se utilice el concepto de la incertidumbre histórica, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ El valor de incertidumbre que se va a utilizar como dato histórico para calibraciones posteriores debe ser determinado según lo establecido en el capítulo 4 del presente documento, tomado un mínimo de diez (10) datos por cada punto de prueba.
- ✓ El valor de incertidumbre histórica se puede obtener a partir de un medidor o de un lote de medidores. Debe existir un dato histórico para cada punto de prueba de un medidor, correspondiente a un mismo fabricante y un mismo modelo. Cuando los valores se obtienen a partir de un lote de medidores, el valor a utilizar en los cálculos de incertidumbre a reportar en el Certificado de Calibración corresponde al mayor valor obtenido en cada punto de prueba.
- ✓ El valor de incertidumbre que se utiliza como dato histórico, debe ser actualizado periódicamente por el laboratorio que realiza la calibración, en un tiempo no superior a un año. En caso que en el momento de cumplirse este plazo no se disponga de medidores de igual fabricante y modelo, el cálculo se debe realizar tan pronto el laboratorio disponga del medidor o del lote de medidores para realizar la toma de datos.

5.3. Reporte de resultados de incertidumbre

En los certificados, el resultado de la calibración que consiste en el valor de error promedio (X_{PROM}) y la incertidumbre expandida asociada U_E , debe expresarse en la forma ($X_{PROM} \pm U_E$) También debe incluirse una nota explicativa que, de manera general, debe contener lo siguiente:

“La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre combinada de medida por el factor $k = XXX$ obtenido de la tabla de distribución t de Student.”

Al expresar el valor de error, se hace necesario mencionar en el certificado de calibración el número de medidas por punto de prueba, a partir del cual se realizó el cálculo respectivo.

5.4. Protocolo

VERIFICACION POSTERIOR DE MEDIDORES ESTATICOS DE ENERGIA ELECTRICA

Certificado N° : _____

1. Solicitante

Razon Social o Nombre:		Fecha de Verificacion	
Localidad o Centro de Servicio:			

2. Datos del titular de la conexión domiciliaria o usuario

Razon Social o Nombre del titular:		N° de Suministros	
Direccion:		Consumo Promedio:	

3. Datos del Medidor Verificado

Marca o Fabricante	:		Tension de Ensayo	:	
Modelo	:		Corriente de base (Ib)	:	
Numero de Serie	:		Corriente de maxima (Imax)	:	
Procedencia	:		Constante	:	
Año de Fabricacion	:		Monofasico	:	Si : <input type="checkbox"/> No : <input type="checkbox"/>
Clase	:		N° de Presinto Retirado	:	
Visualizador	:	Ciclotrimetro: <input type="checkbox"/> LCD: <input type="checkbox"/>	N° de Presinto Nuevo	:	
Numero de Certificado anterior	:		Lectura antes del ensayo	:	<input type="text"/> kWh

4. Trazabilidad

Patrones de Referencia (Nombre)	Codigo / Identificacion	Documento de Calibracion	Fecha de Calibracion

5. Resultados de la Verificacion

5.1. Inspeccion Visual

	SI	No	Observaciones		SI	No	Observaciones
Precinto Roto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Caja sin Tapa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Precinto Alterado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Tapa de la Caja en mal Estado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Bornes Rotos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Otros:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

5.2. Ensayo de tension en c.a.

Descarga Disruptiva o Perforación SI NO

Duración mínima del ensayo Δt : [min]

5.3. Ensayo en condiciones de Vacío

5.3.1. Metodo de conteo de Pulsos

	Pulsos	
Se produce un pulso en el ensayo	SI	NO
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.3.2. Metodo indicador de ausencia de carga

Existe ausencia de carga SI NO

5.4. Ensayo de Arranque

Cumple con la Corriente de Arranque SI NO
 Valor de la corriente de Arranque [A]

5.5. Ensayo de Exactitud

Clase de Exactitud del instrumento : [s]
 Tiempo de arranque especificado en el Patron : [A]
 Corriente Base del medidor "I_b" : [A]
 Corriente Nominal del medidor "I_n" : [A]
 Corriente Maxima del medidor "I_{max}" : [A]

Ensayos

Ensayo N° 1	N°	I [A]	f.p.	Error %	Cumple con el Ensayo	
	1		1			Si <input type="checkbox"/>
	2		1			No <input type="checkbox"/>

Ensayo N° 2	N°	I [A]	f.p.	Error %	Cumple con el Ensayo	
	1		1			Si <input type="checkbox"/>
	2		1			No <input type="checkbox"/>

Ensayo N° 3	N°	I [A]	f.p.	Error %	Cumple con el Ensayo	
	1		0,5			Si <input type="checkbox"/>
	2		0,5			No <input type="checkbox"/>

Ensayo N° 4	N°	I [A]	f.p.	Error %	Cumple con el Ensayo	
	1		1			Si <input type="checkbox"/>
	2		1			No <input type="checkbox"/>

6. Conclusion de la Verificacion

De acuerdo a lo establecido a la IEC 62058-11, IEC 62058-31 y ISO 9001 el medidor Verificado resultado: **CONFORME** **NO CONFORME**

7. Observaciones

El medidor registra despues del ensayo : [kWh]

Firma y sello de la Unidad de Verificacion Metrologica
 Nombre:
 C.I.:

Firma del Titular de la Conexion o Usuario
 Nombre:
 C.I.:

Nota:

Podemos encontrar un ejemplo en el ANEXO E.

6. CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Antes de implementar el uso de los medidores estáticos de energía eléctrica por la empresa DELAPAZ en el departamento de La Paz – Bolivia se realizó una aprobación por lotes para introducirlo al mercado eléctrico departamental. Al comenzar a usar los medidores se realizó una Verificación inicial para corroborar que trabajaran en los parámetros técnicos especificados en su placa característica y manual de funcionamiento declarados por la empresa de procedencia de los medidores eléctricos. Pasando un tiempo dichos medidores suelen presentar fallas por el uso por lo cual la distribuidora debe realizar ensayos posteriores a los ensayos realizados inicialmente, estos ensayos no se especifica en la Norma Boliviana pero se menciona en la NB 22008:2010 qué se deben realizar una verificación de los parámetros de funcionamiento, en un lapso de tiempo de 5 a 7 años OIML 20 desde el momento del uso para dar un servicio de calidad.

Las verificaciones que realizan las empresas de DELAPAZ y IBMETRO son verificaciones iniciales, no dando importancia a las verificaciones posteriores en medidores monofasicos que son muy importantes según la OIML(Organización Internacional de Metrología Legal) y la ISO 9001 para prestar un servicio de calidad.

El Presente procedimiento da algunos ensayos y condiciones de laboratorio en que los medidores deben estar expuestos como ser los ensayos de: ensayo de Tensión en c.a., ensayo en condiciones de vacío, ensayo de arranque y ensayos de exactitud, los cuales son elegidos, porque son ensayos mínimos que deben cumplir los medidores estáticos de energía eléctrica para conocer que el medidor sigue o no trabajando en los límites de los parámetros eléctricos y conocer si necesita una calibración la cual no tocaremos en este proyecto de grado por tratarse de otro tema.

6.2. RECOMENDACIONES

Al no cumplimiento de la verificación posterior debemos evaluar las pérdidas de energía que afectan a la correcta medida del medidor para que se pueda programar un manteniendo.

Unas de las recomendaciones que damos en el presente proyecto y no se nombra en ninguna de las normas que tocamos, es que antes de realizar los presentes ensayos el medidor debe estar

prendido y no debe ser manipulado por un lapso de 30 minutos para climatizarse y tomar unas correctas lecturas. Esta recomendación surgió cuando realizaba verificaciones iniciales en medidores monofásicos estáticos de energía eléctrica en la empresa estatal IBMETRO (Instituto Boliviano de Metrología), al observar que al no climatizarse existen variaciones de lectura, que no son significativas pero afectan al error de la verificación y existe una variación en los pulsos del medidor al realizar ensayos.

La incertidumbre tipo A no se tomara encuentra en este procedimiento puesto que la verificación es una contrastación de un patrón a instrumento bajo prueba y no solamente la repetitividad de la medida de los parámetros eléctricos.



7. Bibliografía

- [1] Sistema internacional
- [2] NTC 5226 (IEC 62052-11) - Equipos de Medición de Energía Eléctrica (C.A). Requisitos Generales, Ensayos y Condiciones de Ensayo. Edición 2011.
- [2] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica /unidades/unidades/unidades_1.shtml
- [3] <https://lkquesadaf.wordpress.com/primer-corte/patrones-de-medicion/>
- [3] <https://es.slideshare.net/Gleidys93/patrones-de-medicion-49195635>
- [4] NTC 2288, EQUIPOS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (C.A.). REQUISITOS PARTICULARES. MEDIDORES ELECTROMECÁNICOS DE ENERGÍA ACTIVA (CLASES 0,5, 1 Y 2)
- [5] EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, Ing. Álvaro Zipaquirá Triana Ing. Gerardo Porras Rueda, Laboratorio de Potencia y Energía, Superintendencia de Industria y Comercio
- [6] NTC 2423, Electrotecnia. Medidores. Equipo de prueba para medidores de energía eléctrica.
- [7] Tesis de DANIEL TICONA GUTIERREZ “implementación de medición de energía eléctrica en usuarios domiciliarios mediante del uso de medidores electrónicos monofásicos” Pag. 60
- [8] UNA VEZ MÁS: TRAZABILIDAD, Ing. Roberto Benítez Chávez, Metrica, S.A. de C.V., Alfonso Reyes 2620, Fracc Bernardo Reyes
- [9] Guía de Trazabilidad Metrológica de los Valores Asignados a los Calibradores y Material de Control Empleados por el Laboratorio Clínico / enero 2015, CENAM.
- [10] VIML Vocabulario Internacional de terminos en Metrologia Legal, Volumen 1, edición 2013

- [11] OIML D 20 Edition 1988 (E), Initial and subsequent verification of measuring instruments and processes
- [12] ISO-IEC 17025 Engloba todos los requisitos generales que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración para demostrar que cuenta con un sistema de calidad, son competentes técnicamente y a su vez están preparados para generar resultados validos
(Tesis: ANALISIS DE INCERTIDUMBRE DE MEDIDA EN INSTRUMENTOS CALIBRADOS Y/O ENSAYADOS EN LABORATORIO, PARA LA MEDICION DE ENERGIA ELECTRICA, Autor: Ángel Tarifa Bernal pag.40 en adelante)
- [13] ISO 9001: Sistemas de calidad: Modelo de garantía de calidad en diseño, producción, instalación y servicio
- [14] NB 499 (Condiciones generales de aceptación)
- [15]NB500 (Recepción de medidores)
- [16] PNMP 021 EQUIPOS DE MEDICIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA(c.a.). Inspección de aceptación. Requisitos particulares para medidores estáticos de energía activa (clases 0,2 S, 0,5 S, 1 y 2), REF.IEC 62058-31:2008Electricity metering equipment (a.c.) – Acceptance inspection – Part 31: Particular requirements for static meters for active energy (classes 0,2 S, 0,5 S, 1 and 2)- 1ª Edición 2015
- [17] NTC 2147 Equipos de Medicion de Energia Electrica (C.A.). Requisitos particulares. Medidores Estaticos de Energia Activa (Clases 0,2 S y 0,5 S)
- [18] NTC 4052 Equipos de medición de energía Eléctrica (c.a.). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa (clases 1 y 2)
- [19] IEC 62052-11 Electricity metering equipment (AC) – General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment - First edition 2003-02
- [20] IEC 62052-31 Electricity metering equipment (AC) - General requirements, tests and test conditions - Part 31: Safety requirements and tests - Edition. 2013

- [21] IEC 62053-21 Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 21: Static meters for active energy (classes 1 and 2) – Edition 2016
- [22] IEC 62053-22 Electricity Metering Equipment (A.C.) Particular Requirements Part 22: Static Meters For Active Energy (Classes 0,2 S And 0,5 S) – Edition 2003
- [23] IEC 62053-23 Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements - Part 23: Static meters for reactive energy (classes 2 and 3) – Edition 2008
- [24] IEC 62058-21 Electricity metering equipment (AC) - Acceptance inspection - Part 21: Particular requirements for electromechanical meters for active energy (classes 0,5, 1 and 2) - Edition: 2008
- [25] IEC 62058-31 Electricity Metering Equipment (Ac) – Acceptance Inspection – Part 31: Particular Requirements for Static Meters for Active Energy (Classes 0,2 S, 0,5 S, 1 And 2) - Edition 2008
- [26] NTC 4052 Equipos de Medición de Energía Eléctrica (C.A.). Requisitos Particulares. Medidores Estáticos de Energía Activa (Clases 1 Y 2) - Edición 2003
- [27] IEC 62058-11 Electricity Metering Equipment (Ac) – Acceptance Inspection – Part 11: General Acceptance Inspection Methods - Edition 2010
- [28] UNE 21-378-86 Equipo de ensayo de contadores de energía eléctrica
- [29] IEC 62058-31 ELECTRICITY METERING EQUIPMENT (AC) – ACCEPTANCE INSPECTION – Part 31: Particular requirements for static meters for active energy (classes 0,2 S, 0,5 S, 1 and 2) - Edition: 2008
- [30] IEC 736-82 Testing equipment for electrical energy meters
- [31] OIML D 20 Initial and subsequent verification of measuring instruments and processes - Edition 1988 (E)
- [32] NTC 5226: 2003, Equipos de medición de energía eléctrica (c.a). Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo. (IEC 62052-11: 2003).

[33] Fuente: Etienne Moulin, “Measuring harmonic energy with a solid-state energy meter”
Metering International, Spintelligent, 3° edition, sud Africa, 2003

[34] NB 499: 1983, Contadores de energía eléctrica de inducción monofásicos
Clase 2 - Parte 2: Condiciones generales de aceptación

[35] NB 500 Contadores de energía eléctrica de inducción monofásicos
Clase 2 - Parte 3: Recepción de lotes.

8. ANEXOS

ANEXO A: Condiciones Técnicas de los componentes del Medidor

ANEXO B: Sellos

ANEXO C: Verificación inicial y posterior de instrumentos de medición

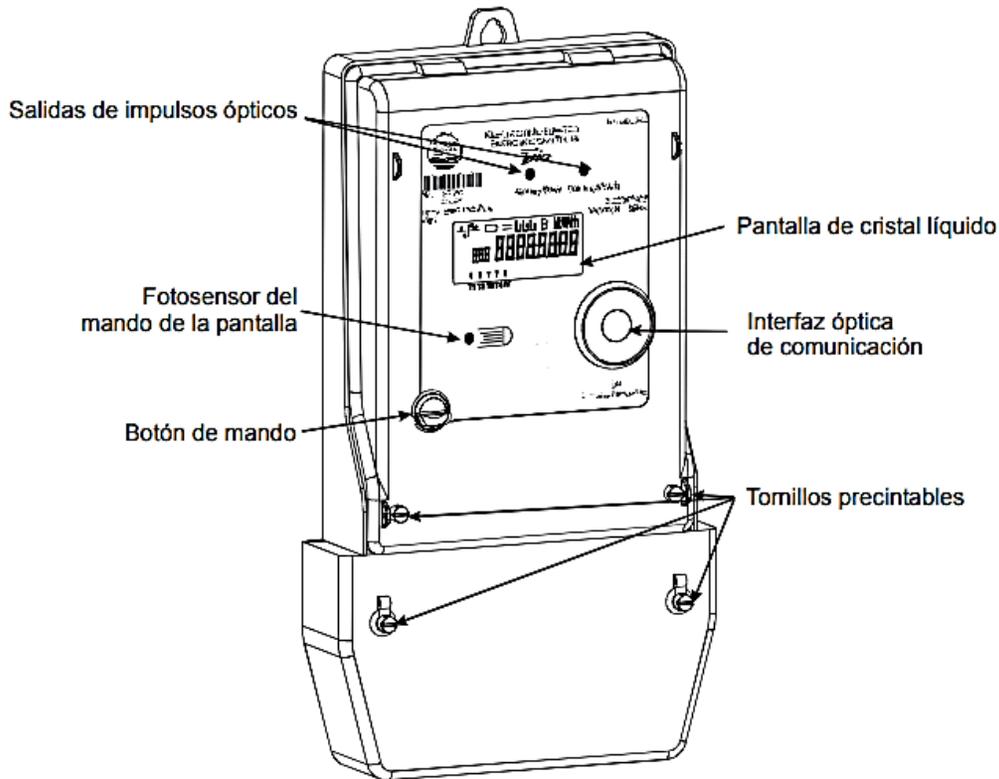
ANEXO D: Ejemplo de Cálculo de la Incertidumbre

ANEXO E: Ejemplo de Comparación de Energía

ANEXO F: OIML D 20 - Verificación inicial y posterior de instrumentos de medición y procesos

ANEXO A: Condiciones Técnicas de los componentes del Medidor

1. Características Constructivas:



Dibujo 4-1. Vista exterior del medidor

1.1. Base

La base del medidor deberá estar construida con alguno de los siguientes materiales: duroplástico moldeado, policarbonato laminado, fenol, metal. Si la base es metálica debe llevar un dispositivo que permita la conexión a tierra.

Además, independiente del material utilizado, la base deberá contar con elementos para su fijación.

1.2. Cubierta

La cubierta de los medidores pueden ser herméticos (encapsulados) y no herméticos, eso depende de la solicitud de la distribuidora.

La cubierta del medidor son normalmente de policarbonato o vidrio. La cual es completamente transparente u opaca. Si la cubierta es opaca, cuenta con una ventana rígida transparente que permite observar el registrador del medidor.

Está construida y ajustada de modo de asegurar la operación satisfactoria del medidor, y soportar la temperatura ambiente permanente, sin deformación. Se adapta a la base de modo de impedir la entrada de insectos y polvo, como también impedir a fraude por introducción de cuerpos extraños, sin dejar vestigios.

Los medidores no herméticos son aquellos donde la fijación de la cubierta se realiza mediante tornillos de sujeción, estos permiten la inclusión de sellos.

La cubierta y su fijación a la base deberán cumplir los ensayos de influencia climática indicados en la Norma IEC 62052.

1.3. Bornes

La dimensión de los bornes están de acuerdo a la corriente máxima de operación del medidor; permitiendo la conexión de conductores

La tapa para la caja de bornes será de un material similar a la base; la cual deberá ser fijada mediante uno o más tornillos de sujeción con porta sello.

Además, la tapa debe estar ajustada a la base de modo a impedir a entrada de insectos, polvo, humedad y no permitir el fraude por la introducción de cuerpos extraños.

1.4. Pantalla o Registrador.

La pantalla del medidor pueden ser tipo LCD o ciclométrico permite desplegar los datos almacenados en la memoria del medidor y las constantes programadas.

El registrador ciclométrico contempla un dígito decimal, de color distinto a los dígitos enteros, que es de carácter opcional.

1.5. Diagrama de conexiones.

Normalmente se encuentra al reverso de la tapa de terminales o en la placa de características. El diagrama de conexión esta de acuerdo al estándar o simbología propio del país del cliente.

2. Características Electrónicas:

2.1. Módulo de Medición

En el módulo de medición la corriente y tensión de cada fase se convierten en las señales análogas proporcionales a los valores de corriente y tensión.

Para la medición de corriente se utilizan los transformadores precisos de corriente y para la tensión los divisores resistivos de tensión.

2.2. Convertidor de Señales

Las señales análogas obtenidas se convierten en los códigos digitales.

2.3. Microcontrolador

En el microcontrolador los códigos digitales se multiplican por las constantes de calibración obteniendo los valores de potencia promedio

Integrando valores de potencia se obtienen valores de energía. Los valores obtenidos se guardan en los registros.

El microcontrolador del medidor también realiza el mando de la pantalla de cristal líquido (LCD), interfaces de comunicación, salidas del medidor, módulo de tarifas y reloj interno

2.4. Reloj Interno

El medidor tiene un reloj interno de tiempo real que mide años, meses, días de semana, horas, minutos y segundos. Los datos del reloj se utilizan para mando de las tarifas de energía y demanda máxima, control de los periodos de integración y registro de eventos con etiqueta de fecha y hora. El reloj interno del medidor está estabilizado por el resonador de cuarzo.

El medidor tiene la función de cambio automático del horario invierno/verano. La fecha y hora del cambio se programan durante la parametrización del reloj.

3. Características de Comunicación:

3.1. Interfaz De Comunicación Óptica

La interfaz de comunicación óptica debe cumplir con las exigencias de la norma IEC EN 61107 y se usa para la comunicación con el computador a través de la sonda óptica tipo. Esta interfaz se utiliza para la configuración y parametrización del medidor así como para la transmisión local de los datos al computador o terminal portátil de lectura.

3.2. Interfaz De Comunicación Eléctrica

La interfaz de comunicación eléctrica se utiliza para la transmisión remota de los datos del medidor a los equipos externos. Los datos a través de esta interfaz se transmiten mediante el protocolo IEC EN 61142.

3.3. Salidas:

3.3.1. Salidas Ópticas Led (Diodos Luminosos Rojos)

El medidor tiene un diodo luminoso que emite los impulsos para la verificación o calibración del medidor. La frecuencia de los impulsos es proporcional a la energía medida. La constante de LED [imp/kWh, imp/kVArh] y la duración de un impulso (30 ms.) se programan en la fábrica.

3.3.2. Salidas De Impulsos Eléctricos

El medidor tiene varias salidas de impulsos eléctricos para transmisión a los equipos externos de los datos sobre varios tipos de energía.

Los medidores de energía activa tienen un o dos salidas (depende de lo si miden solo energía consumida o tanto consumida como generada). Los medidores de energía activa y reactiva tienen 3 salidas de impulsos eléctricos.

3.4. Fuentes de alimentación

Cuando la tensión de la red se desconecta, el microcontrolador del medidor empieza a funcionar en el modo de ahorro de energía soportado por la batería de litio. En el modo de ahorro de energía, la batería está alimentando solo al reloj interno. Cuando la tensión de la red está conectada, la energía de la batería de litio no se utiliza.

3.5. Botón de mando

En la parte frontal del medidor se encuentra el botón para el mando de despliegue de los datos en la pantalla.

Los comandos generados pulsando el botón completamente coinciden con los comandos transmitidos.

ANEXO B: Sellos

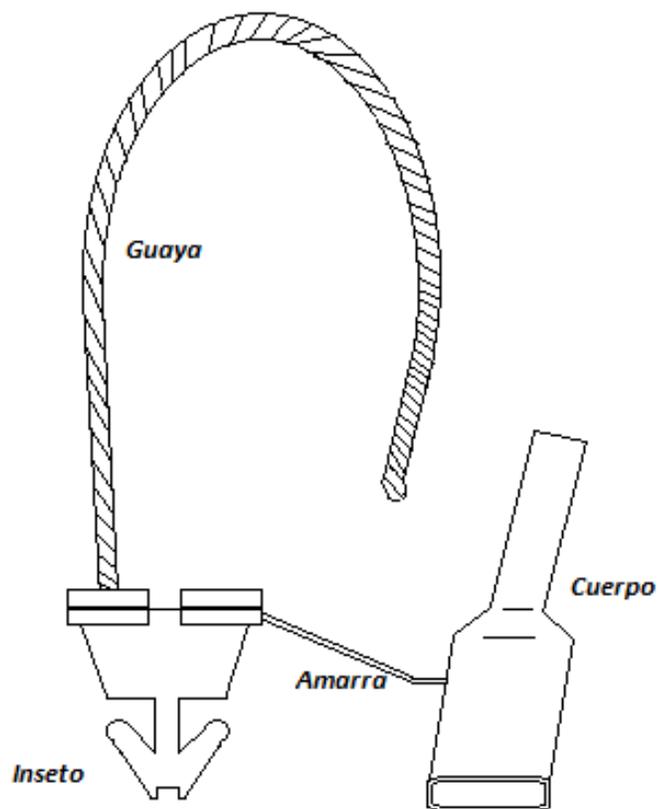
1. Sellos de Seguridad

El sello de seguridad es un elemento que se coloca al medidor para que sus partes internas sean accesibles únicamente después de abierto.

2. Elementos que componen el sello

El sello se compone de uno o varios elementos y su disposición depende del tipo de marca de sello.

La siguiente figura es un ejemplo de sello tipo ancla sencilla.



3. Tipos de sellos

3.1. Sellos de Plomo

Este sello es fabricado en plomo y aleación de estaño, cromo o zinc. Para sellar se utilizan ponchadoras o pinzas, las cuales traen grabadas las características escogidas para su uso, tales como: logotipo, nombre de la empresa, numeración, año de instalación del sello o de fabricación o ambos. Estas pinzas prensan la guaya (que puede ser de cobre, aluminio, acero, en alambre o entorchado) en las cavidades del cuerpo del sello.

3.2. Sellos de lámina

Sellos fabricados en lámina troquelada u hojalata, con serios numéricos o alfa numéricos y logotipo de la empresa que los instala. Este sello se compone de varias caras, según su diseño, las cuales son dobladas y selladas dejando en su interior la guaya previamente amarrada.

Este sello presenta dos diseños: Tipo Almeja y Tipo Anti retorno.

3.3. Sellos tipo candado

Estos precintos es de polipropileno copolímero de gran densidad, y el anillo de cierre es de acero galvanizado. Entre sus principales características, destacan:

- ✓ Son idóneos para aberturas y agujeros de pequeña dimensión.
- ✓ Poseen un cierre manual.
- ✓ Son adaptables al sector de transporte terrestre, aéreo, mayoristas de productos tanto perecederos como no perecederos, servicios salubres (clínicas y hospitales) y detallistas del rubro alimenticio.
- ✓ Su presentación incluye diversas clases de marcaje: termoimpresión y/o láser.
- ✓ Las usuales aplicaciones de los sellos de candado abarcan cajas de efectivo, armarios de catering y bebidas para transporte aéreo, camiones frigoríficos, o bien para remplazar cualquier tipo de candado metálico.

3.4. Sellos tipo ancla

Sello de seguridad tipo ancla, de nueva generación. Fabricado en acrílico con alta resistencia al medio ambiente.

3.5. Sellos tipo tambor de cierre mediante pinza

Este tipo de sello se debe cerrar mediante una herramienta (pinza), que al ser maniobrada gira el inserto y a la vez lo introduce en el cuerpo, dejando en este algún tipo de numeración o logotipo.

3.6. Sellos tipo tambor de cierre mediante mariposa

El inserto de estos sellos es plástico o metálico, con una lengüeta, anillo, argolla o armella, elemento que debe ser girado manualmente para asegurar el sello. Este elemento debe ser roto o retirado.

3.7. Sellos de fibra óptica

El cuerpo de sello es fabricado en policarbonato y la guaya en fibra óptica, con 18 ó 24 filamentos.

El sello cuenta con un inserto que viene adherido a un extremo de la fibra óptica, el cual consta de dos canales, en los cuales serán incrustados los pines de seguridad que se encuentran en el cuerpo de sello.

Una vez instalado el sello se corta la fibra óptica tan cerca como sea posible del cuerpo del mismo, y se procede a tomar una fotografía con una cámara especial que indica la forma final de los filamentos de la fibra óptica.

3.8. Sellos tipo etiqueta o estampilla

Estos sellos son elaborados en papel o material de seguridad autoadhesivos. La remoción de estos sellos deja evidencia, en algunos casos, en forma de códigos de seguridad que se hacen visibles.

4. Otros Sellos

Tipo de sello que no se encuentra definido en los anteriores literales.

5. Codificación para los Sellos

Tipo de Sello	Código
Plomo	PL
Lamina	LA
Candado	CA
Ancla	AN
Tambor de cierre mediante pinza	TP
Tambor de cierra mediante mariposa	TM
Fibra óptica	FO
Etiqueta o estampilla	ES
Otros sellos	OT

ANEXO B 1. Listado de códigos para registrar el tipo de los sellos

Fuente: <http://www.grupoaema.com.mx/seguridad.html>

ANEXO C: Verificación inicial y posterior de instrumentos de medición

1. Tipos de verificación

La verificación de los instrumentos de medición generalmente tiene dos formas: verificación inicial y posterior. Estos se discuten a continuación.

1.2. Verificación inicial

La verificación inicial de un instrumento de medición es una serie de pruebas y exámenes visuales realizados para determinar si un instrumento fabricado para replicar un patrón dado se ajusta a este patrón y regulaciones, y que sus características metrológicas se encuentran dentro de los límites requeridos para verificación inicial de copias de ese patrón. Si el instrumento pasa todas las pruebas y exámenes, es dado carácter legal por su aceptación como lo demuestra el sellado y / o la emisión de un certificado de verificación.

Cualquier instrumento no verificado previamente puede someterse a una verificación inicial. Requisitos para inicial la verificación puede, dependiendo de las regulaciones en la jurisdicción, adjuntar al patrón, la categoría de instrumentos, la clase de precisión del patrón o la aplicación específica de cualquier instrumento.

1.3. Verificación posterior

La verificación posterior de un instrumento de medición es una serie de pruebas y exámenes visuales que generalmente realizando en el lugar de uso por un funcionario del servicio de metrología legal (inspector), para determinar si el instrumento, que ha estado en uso durante algún tiempo desde la verificación anterior, continúa cumpliendo, o nuevamente cumple con, las regulaciones y mantiene su metrología características dentro de los límites requeridos. Si el instrumento pasa todas las pruebas y exámenes, es legal el carácter se confirma o se restablece mediante su aceptación como lo demuestra el estampado y/o emisión de un certificado de verificación.

Cuando el muestreo de una población de instrumentos se ha utilizado en la verificación posterior para medir el nivel de cumplimiento de las regulaciones de la población, todos los instrumentos de la población deben ser considerado como verificado.

Los requisitos para la verificación posterior en general difieren y, a menudo, son menos estrictos que aquellos para la verificación inicial. Estos requisitos pueden, dependiendo de las regulaciones en el jurisdicción, adjunte al patrón o su clase de precisión, la categoría de instrumentos, o al específico aplicación de cualquier instrumento.

2. Instrumentos y procesos sujetos a verificación

Como lo exige la ley o la regulación, la verificación inicial se lleva a cabo, con algunas excepciones, para todos nuevos instrumentos o para muestras de nuevas poblaciones de instrumentos. También puede ser requerido después del suspensión del uso, transporte, nueva instalación o nueva aplicación de un instrumento.

Existe una diferencia fundamental entre la verificación de un instrumento de medición y la verificación del proceso de medición en el que se emplea el instrumento.

Los instrumentos generalmente están sujetos a la aprobación y verificación de patrones, hay casos en los que solo uno de se ejercen estos controles; Todos estos casos se discuten aquí.

2.1. Verificación después de la aprobación del patrón

La mayoría de las categorías de instrumentos cubiertos por controles de metrología legal están sujetos a patrones. Asimismo, la mayoría de los instrumentos que replican patrones aprobados están sujetos a verificación. Las excepciones se analizan a continuación.

2.2. Verificación sin aprobación de patrón

En algunas jurisdicciones, ciertas categorías de instrumentos de medición están exentas de aprobación del patrón. Las categorías exentas generalmente se especifican en las reglamentaciones junto con requisitos detallados como a sus características técnicas y metrológicas. Invariablemente, los instrumentos están sujetos a verificación y se aceptan automáticamente para la verificación inicial. Generalmente son de simple diseño y construcción y se puede verificar fácilmente.

2.3. Aprobación de patrones sin verificación

Hay casos en que un servicio de metrología legal, al aprobar un patrón, puede decidir que los instrumentos destinados a replicar el patrón no necesitan estar sujetos a la inicial o a la posterior verificación. Las condiciones generales para la exención de la verificación inicial son esa precisión los requisitos en el patrón son modestos, que la fabricación confiable del patrón está bien dentro del capacidades del fabricante, que su proceso de control de calidad es confiable y aceptable para los servicio legales de metrología, y que prácticamente no hay posibilidad de que el ajuste, la precisión o el funcionamiento del instrumento puede verse afectado durante el transporte o la instalación. El servicio se basa en la verificación posterior para medir las consecuencias de la inicial verificación.

La verificación posterior es posible cuando las cualidades metrológicas de un patrón del instrumento no pueden cambiar en uso, salvo la destrucción total.

3. Componentes de verificación

La verificación (inicial y posterior) se divide en tres componentes distintos; metrológico técnico y administrativo. Cada componente se discute a continuación.

3.1. Examen metrológico

El examen metrológico durante la verificación inicial es generalmente más completo que durante la verificación posterior del mismo instrumento. En ambos casos metrológica actual determinan las características y el rendimiento. Si bien la verificación inicial puede incluir un sistema sistemático de la operatividad de todos los interruptores, controles de un instrumento, una verificación posterior podría verificar esto solo en la medida en que el uso real o simulado del instrumento en una medición podría permitirse. En ambos casos, el instrumento se prueba generalmente en condiciones de funcionamiento extremas y puntos medios de su rango. Estas pruebas pueden ser para determinar los errores reales de un instrumento o especialmente durante la verificación posterior, simplemente para determinar si el error se encuentra o no límites permitidos

Algunas de las muchas características metrológicas que pueden incluirse en una verificación son:

- ✓ Error de medición o error intrínseco
- ✓ Estabilidad, repetibilidad y deriva
- ✓ Resolución de lectura, ancho de seguimiento del registrador e incertidumbre de lectura
- ✓ Calibración de patrones internos
- ✓ Susceptibilidad a interferencias electromagnéticas
- ✓ Correspondencia entre sí de valores individuales de lecturas y/o impresiones, donde un el instrumento tiene más de uno
- ✓ Fiabilidad de lectura de códigos de las cajas automáticas.

3.2. Examen técnico

El examen técnico puede incluir diversos controles, por ejemplo:

- ✓ Estado general del instrumento e indicaciones de daños, suciedad o desgaste
- ✓ Ubicación adecuada del instrumento y visibilidad de la lectura tanto para el vendedor como para el cliente
- ✓ Integridad de las impresiones de balanzas informáticas para incluir peso, precio unitario y precio total
- ✓ Potencial o arreglos para el fraude asociado con un instrumento y prácticas fraudulentas relacionadas a su uso
- ✓ Secuencia y control de enclavamientos.

3.3. Examen administrativo

Los exámenes administrativos difieren sustancialmente de una jurisdicción a otra y dependen, de menos en cierta medida, sobre el instrumento que se verifica. Pueden incluir el examen de algunos de los siguiendo:

- ✓ Etiquetas de identificación, placas de identificación e inscripciones
- ✓ Marcas de aprobación de patrones y marcas y fechas de verificación (anteriores)
- ✓ Integridad de sellos, cerraduras y otros dispositivos de seguridad metrológica
- ✓ Visualización o disponibilidad de certificados sobre el instrumento o su uso
- ✓ Disponibilidad de documentos técnicos necesarios y tablas de calibración
- ✓ Registros de calibración, reparación y mantenimiento.

4. Proceso De Verificación

4.1. Consideraciones Generales

4.1.1. Normas e instrumentos utilizados en la verificación.

Las normas e instrumentos utilizados en la verificación deben adaptarse al propósito, ser rastreables para más estándares precisos y ser parte de un programa de calibración confiable. Las incertidumbres asociadas con estos estándares e instrumentos de medición siempre deben ser conocidos; deben ser sustancialmente más pequeños que los errores máximos permitidos de los instrumentos o procesos a verificar.

Se pueden utilizar instrumentos de verificación para medir la misma cantidad o cantidades directamente relacionadas con como medida por el instrumento que se verifica o para medir ciertas otras cantidades que indicar rendimiento. El inspector también puede usar objetos de prueba calibrados (estándares), por ejemplo, pesos, en lugar de instrumentos de medida. El servicio puede identificar instrumentos específicos o sus características para uso en verificaciones particulares.

4.1.2. Personal

Los inspectores deben estar capacitados en los fundamentos de la metrología y de la metrología legal. Ellos debe tener una instrucción breve y especializada en sus áreas específicas de responsabilidad y un resumen «Aprendizaje» con un inspector experimentado, seguido de una verificación de su desempeño (inicial).

Su rendimiento puede evaluarse de forma continua mediante el análisis de los datos de verificación.

Los inspectores que pertenezcan a un servicio de metrología legal o a otras organizaciones acreditadas deben estar oficialmente autorizados para realizar verificaciones. Oficiales supervisores o más especializados, en sus otras calificaciones, debe estar capacitado en estadísticas elementales.

4.2. Proceso de verificación inicial

La verificación inicial se lleva a cabo para impartir carácter legal a un instrumento de medición. Esto está logrado mediante el examen de cada instrumento para determinar que es una réplica del patrón aprobado y que funciona de acuerdo con la normativa. También puede servir para verificar la correcta instalación del instrumento y su correcto uso previsto.

4.2.1. Responsabilidad de iniciar la verificación inicial

Dependiendo de las circunstancias y regulaciones, la responsabilidad de iniciar la verificación inicial recae con los fabricantes, importadores, vendedores o usuarios de instrumentos.

4.2.2. Elección de la organización verificadora

Dependiendo de las circunstancias y regulaciones, la verificación inicial puede ser llevada a cabo por servicio de metrología, el fabricante o un laboratorio independiente autorizado que actúe para uno de las partes interesadas. La elección, donde exista, dependerá de factores económicos, capacidad técnica, y el tipo de instrumentos a verificar.

4.2.3. Sitio de verificación inicial

Dependiendo de las circunstancias y regulaciones, la verificación inicial puede llevarse a cabo en la fábrica, en el usuario sitios, en el laboratorio del servicio de metrología legal o en un laboratorio independiente autorizado. Todavía puede ser necesario ubicarlos en el caso de instrumentos importados. Además, la verificación inicial puede ser lograda en etapas que involucran dos o más pasos en el proceso. Por ejemplo, una parte de la verificación puede tener lugar en el laboratorio de metrología legal antes de la instalación de un instrumento, y una segunda parte tener lugar una vez que el instrumento se haya instalado en su lugar de uso previsto.

4.2.4. Opciones a considerar en la verificación inicial

4.2.4.1. Verificación inicial de cada instrumento.

El inspector primero determina que un instrumento es de un tipo producido para replicar el patrón aprobado.

Cuando el instrumento ya se ha instalado en el sitio del usuario, el inspector verifica que la instalación esté correcta. Esto podría, por ejemplo, relacionarse con la nivelación del instrumento, con la adecuación de su medio ambiente y de controles ambientales a tierra eléctrica y regulación de voltaje de red, o a la vista de los clientes de escalas o lecturas digitales.

Después de verificar que existen las condiciones requeridas, por ejemplo, condiciones de referencia o condiciones normales de uso, y observando cuáles son, el inspector mide las características metrológicas relevantes del instrumento. Estos incluirán sobre todo el error intrínseco del instrumento, o del proceso de medición, en los puntos dados en los distintos rangos del instrumento. Donde el mensurado se puede variar continuamente o se puede usar automáticamente en lugar del equipo de prueba automático barrido o escalonado respectivamente mediante mediciones tradicionales punto por punto.

Además de determinar los errores anteriores, el inspector a menudo prueba algunos métodos metrológicos subsidiarios que caracterizan a los instrumentos de medida. Estos podrían, por ejemplo, incluir la deriva de la línea base de un bolígrafo grabador, el error de histéresis de una escala o la variación (ruido) de una lectura digital para aplicado cero al mensurado. El inspector también puede examinar características técnicas (no metrológicas) como el adecuado funcionamiento de los controles y dispositivos de advertencia de mal funcionamiento del instrumento.

El inspector registra los resultados, determina si se han cumplido los requisitos por ejemplo, rechazo, sellado o emisión de un certificado de verificación.

4.2.4.2. Verificación inicial por control de calidad (QC)

Diversas circunstancias pueden inducir a los servicios de metrología legal a considerar la colocación de algunos o todas las cargas de la verificación inicial sobre los hombros de los fabricantes. Estas circunstancias incluyen la gran la diversidad y la complejidad de los patrones e instrumentos de los instrumentos que se verificarán en perspectiva con las limitaciones de los recursos financieros, instalaciones y equipos de prueba, y las capacidades del personal especializado del servicio de metrología legal. Por ejemplo, los instrumentos modernos equipados con electrónica plantean problemas considerables para los inspectores cuando deben determinar que los instrumentos de producción se ajustan a los patrones aprobados.

Depende de las leyes y regulaciones dentro de cualquier jurisdicción si la verificación inicial por QC es posible. El enfoque de QC puede ser aplicable a algunas categorías de instrumentos pero no a otros que puede ser implementado por algunos fabricantes pero no por otros; solo se puede usar para verificar un número limitado de características mientras el servicio de metrología legal verifica otras; o puede ser llevado a cabo para todos los instrumentos de un patrón dado con el servicio repitiendo el proceso de forma limitada muestra de control. En todos los casos, el procedimiento de QC debe tener plenamente en cuenta las reglamentaciones y la condiciones de aprobación del patrón.

Los métodos para acreditar a un fabricante bajo un plan de QC pueden incluir:

- ✓ Investigación por una junta especialmente constituida, por servicios, personal, métodos y estándares para realizar el control de calidad necesario,
- ✓ Con una investigación inicial limitada, rendimiento real por parte del fabricante del control de calidad, con el servicio de verificación de resultados hasta que esté satisfecho con la fiabilidad del control de calidad del fabricante,
- ✓ Permiso otorgado al fabricante para realizar el control de calidad sobre la base de la declaración del fabricante, sobre su capacidad para llevarlo a cabo, con el servicio de metrología legal manteniendo el control de certificación posterior, mecanismo de quejas y posibles sanciones.

Los medios alternativos para supervisar el control de calidad del fabricante incluyen inspecciones periódicas o aleatorias de las instalaciones del fabricante, verificaciones del mantenimiento continuo de las condiciones adecuadas para el control de calidad, y auditorías de instrumentos verificados por el fabricante; tales auditorías pueden realizarse en la planta o después de la entrega por el fabricante. La supervisión puede basarse en mecanismos de queja o en los resultados de verificación posterior para motivar al fabricante, cualquiera de estos métodos puede involucrar una variedad de sanciones impuestas a la determinación de que el control de calidad.

4.3. Proceso de verificación posterior

4.3.1 Responsabilidad de iniciar la verificación posterior

La responsabilidad de la verificación posterior, que no sea por causa, generalmente recae en la metrología legal de servicio, aunque los usuarios pueden estar obligados a presentar instrumentos en momentos específicos, cuando la causa está involucrada, se puede colocar en usuarios o servicios de reparación o calibración. Quejas de los clientes también puede desencadenar una verificación posterior.

4.3.2. Período de validez de la verificación posterior.

La validez de las verificaciones puede limitarse a períodos específicos o continuar hasta la próxima verificación.

La validez generalmente caduca automáticamente cuando se trata de una causa. Los problemas surgen cuando la validez es limitada a un período específico pero el inspector no realiza la verificación posterior antes de la fecha de caducidad.

4.3.3. Elección de la organización verificadora

En general, el servicio de metrología legal realizará una verificación posterior. Sin embargo, un independiente de la organización de servicios puede ser retenido o autorizado para hacer esto por el servicio; Del mismo modo, algunos usuarios pueden permitir. En tales casos, el servicio de metrología legal debe calificar la verificación y organización que puede realizar verificaciones puntuales de su desempeño de verificación posterior.

4.3.4. Intervalos de verificación posteriores

Los intervalos de verificación pueden ser requeridos por la regulación o las condiciones de aprobación del patrón o pueden ser decididos administrativamente por los servicios de metrología legal. La verificación de la causa se realiza cuando las circunstancias lo requieren; de lo contrario, la verificación puede ser periódica, dictada por un número determinado de mediciones realizadas desde la última verificación, determinada por algún esquema de aleatorización de tiempo, o basado en los resultados de verificaciones previas.

4.3.5 Sitio de verificación posterior

Aunque depende de las circunstancias y regulaciones, el sitio de verificación posterior es generalmente el lugar de uso de las muestras de productos y algunos instrumentos se pueden verificar en un laboratorio de metrología legal u otros laboratorios autorizados la transportabilidad de los instrumentos a verificar y la verificación los instrumentos pueden dictar la elección del sitio de verificación.

4.3.6. Opciones a considerar en la verificación posterior

4.3.6.1. Verificación posterior de cada instrumento Antes de la verificación, se habrá decidido si el foco está en el instrumento (error intrínseco) o el proceso de medición con el instrumento sujeto (error de medición). Si la verificación es del instrumento de medición, las condiciones de referencia especificadas se proporcionan antes de que comiencen las pruebas que son llevadas a cabo por el inspector, quien debe intentar cuidadosamente minimizar todos los errores excepto el error intrínseco del instrumento sujeto.

Si la verificación es del proceso de medición, el inspector debe, en la medida de lo posible, proporcionar las mismas condiciones durante la prueba que existe durante el uso rutinario del instrumento.

En la verificación posterior hay un mayor énfasis en el rendimiento general, es decir, el error, del instrumento sujeto (o proceso) que en la verificación inicial. Características metrológicas que se pueden verificar son generalmente solo aquellos que pueden cambiar con el tiempo o mediante el uso del instrumento.

4.3.6.2. Verificación posterior por muestreo

El objetivo principal es asegurar un nivel general de cumplimiento de la población a ser muestreada.

Las conclusiones extraídas del análisis de datos deben ser evaluadas vigorosamente, no solo por el incumplimiento de los requisitos sino también al concentrar los esfuerzos de verificación en lo más mínimo del segmento de cumplimiento de la población de instrumentos para identificar tantos instrumentos no conformes, como posible en el menor tiempo.

La muestra utilizada para cualquier "ronda" de verificaciones se puede elegir de varias maneras: puede, por ejemplo, ser una muestra aleatoria de la población total, una muestra aleatoria de la parte de la población no verificada en el curso de la última, dos o tres rondas, o una muestra sesgada de algunos instrumentos que no se consideraron aceptables durante verificaciones previas. Si bien la elección del presumible tipo particular de muestra servirá bien a algún objetivo específico, también afectará la distribución estadística dentro de la muestra. Como resultado, el análisis estadístico adecuado de los datos que puede volverse muy difícil o incluso imposible.

4.3.6.3. Verificación posterior por parte del usuario del instrumento

Se debe permitir que un usuario (o servicio retenido por el usuario) realice solo la verificación posterior si la población de instrumentos es suficientemente grande, si el servicio de metrología legal tiene debidamente acreditado al usuario para realizar verificaciones, y si el servicio volverá a verificar al menos una muestra de la población analizada.

Si las incertidumbres del proceso de verificación del usuario se consideran aceptables, pero algo mayor que el de servicio de metrología legal, los requisitos pueden tener que ajustarse para compensar.

El personal de metrología legal debe asegurarse de que el usuario tenga un número suficientemente grande de instrumentos ha utilizar para hacer que la acreditación del usuario sea económicamente sensata. A discreción del servicio, el usuario puede estar autorizado para aplicar marcas de verificación. Las sanciones por no llevar a cabo las verificaciones correctamente pueden motivar al usuario o la organización de servicios.

ANEXO D: Ejemplo de Cálculo de la Incertidumbre

Se va a calibrar un medidor estático de energía eléctrica activa monofásico, tensión 220V, corriente de 15 A (I_b) a 120 A, (I_{max}) frecuencia 60 Hz, constante 200 imp/kWh. El medidor posee una salida de pulsos de luz visible proporcional a la cantidad de energía registrada. Para efectos del ejemplo se tomara como punto de calibración el valor de la corriente de base de 15 [A] (I_b), factor de potencia 1, tensión 220 V, frecuencia 60 Hz.

La calibración se realizara con un equipo de ensayo de medición de energía eléctrica monofásico que tiene incorporado un patrón, con error máximo permitido de $\pm 0,2\%$ (a $\cos\phi = 1$) y $\pm 0,3\%$ (a $\cos\phi = 0,5$ Ind). El patrón cuenta con un certificado de calibración vigente, en donde se indica que para el valor de 15 A presenta un error de $0,04\%$ ($\mu_{pc} = -0,04\%$) y una incertidumbre expandida de $0,014\%$ ($\mu_E = 0,014\%$) con factor de cobertura $K=2$ para un nivel de confianza de aproximadamente 95% .

Por otro lado la deriva máxima del patrón según el historial industrial del patrón es de $0,05\%$ ($\alpha_p = 0,05\%$). La constante del patrón es 600.000 imp/kWh (para la tensión de 220 V y la corriente de 15 A) y la resolución del patrón es de 1 impulso. El sistema de medición cuenta con sensor de impulso de luz visible.

La programación de la cantidad de impulsos en el patrón se debe realizar tomando en consideración el tiempo mínimo indicado en el manual del patrón o tomando un tiempo de integración adecuado para que en todos los puntos de la calibración la contribución a la incertidumbre por resolución sea mínima. Para este caso el tiempo mínimo de medida en el patrón es de 30 s.

Para realizar la calibración del medidor es necesario conocer la cantidad de pulsos que se deben programar en el patrón. Entonces se procede de la siguiente manera:

Por medio de la ecuación (20) ya mencionada se obtiene la cantidad de pulsos del medidor a calibrar:

$$N (imp) = 2 * \frac{(220 V) * (15 A) * (1) * (30 s)}{3600000} * 200 \frac{imp}{kWh} = 11 imp$$

Nota: Se coloca el factor 2 para ampliar el tiempo de medida en el patrón.

Esto quiere decir que se debe programar el patrón para contar 11 impulsos ($2 \cdot 0,0275 \text{ kWh} \cdot 200 \text{ imp/kWh}$). Estos impulsos el patrón lo va a capturar por medio de la salida de pulsos ópticos del medidor a calibrar utilizando un sensor de impulso de luz visible.

Obtenemos la cantidad de pulsos en el patrón según la ecuación (18) en la ecuación (19):

$$N_1(\text{imp}) = \left(\frac{11 \text{ imp}}{200 \text{ imp/kWh}} \right) * 600000 \frac{\text{imp}}{\text{kWh}} = 33000 \text{ imp}$$

Según la constante del patrón estos 11 impulsos correspondería a una lectura equivalente en el patrón de 33000 impulsos ($11 \text{ imp} / 200 \text{ imp/kWh} * 600000 \text{ imp} / \text{kWh}$), es decir se obtienen los impulsos reales que el medidor a calibrar (L_M) debe emitir.

Según este ejemplo esta calibración se realizó en las siguientes condiciones:

- ✓ -Temperatura inicial: 23 °C
- ✓ -Temperatura final: 23,5 °C

El porcentaje del medidor ($E_r\%$):

Condiciones			Medidor a calibrar (LM)		Patrón (L_p) (Impulsos)	ERROR	
Fases	Corriente [A]	$\text{Cos } \varphi$	(impulsos)	Equivalente en el patrón (impulsos)		$E_r\%$	$E\%$
R-S-T	15	1	11	33000	32972	0,085	0,125
					32978	0,067	0,107
					32974	0,079	0,119
					32976	0,073	0,113
					32974	0,079	0,119
PROMEDIO						0,076	0,116

$E_r\%$ error porcentual sin corrección

$E\%$ error porcentual sin corrección

Analizando cada una de las contribuciones tenemos:

- 1) Desviación estándar experimental ecuación (25):

$$s' = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (e_i - e)^2\right)}}{\sqrt{n}} = \frac{0,0069 \%}{\sqrt{5}} = 0,0031 \%$$

2) Contribución debida a la resolución del contador a calibrar.

Puesto que el patrón cuenta con un contador de impulsos e integra la medida que se acumulan durante el tiempo que le toma contar una cantidad programada de impulsos del medidor, este actúa como el display del medidor a calibrar. Como $a = 1$ impulso, la lectura del medidor ($L_M = 33000$ impulsos) y multiplicar por 100. Entonces por medio de la ecuación (34) se tiene:

$$\mu_{Br} = \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} * \frac{1 \text{ impulso}}{33000} * 100 = 0.0008 \%$$

Esta contribución es pequeña por lo cual se puede considerar despreciable.

3) Contribución debida a la influencia de temperatura del contador a calibrar.

Como la calibración se ha hecho dentro del margen de temperatura de referencia del contador a calibrar no habrá que considerarla.

4) Contribución debida a la calibración del patrón.

Según el certificado de calibración del patrón utilizando se tiene $U_p = 0,014 \%$ con $K = 2$.

Entonces la Ecuación (38) se tiene:

$$\mu_{Pc} = \frac{U_p}{K} = \frac{0,014 \%}{2} = 0,007 \%$$

5) Contribución debida a la deriva del patrón.

Según el historial del patrón se tiene que $a_p = 0,05 \%$.

$$\mu_{Bp} = \frac{a_p}{\sqrt{3}} = \frac{0,05 \%}{\sqrt{3}} = 0,029 \%$$

6) Contribución debida a la temperatura de calibración del patrón.

Como la calibración se ha hecho dentro del margen de temperatura de referencia del patrón no jabra que considerarla.

7) Contribución debida a la interpolación del patrón.

No se aplica debido a que el valor coincide con el valor en el certificado de calibración del patrón a la corriente de 15 A.

A continuación un resumen del análisis de incertidumbre:

Magnitud (Fuente de incertidumbre)	Valor esperado (%)	Función Densidad de Probabilidad	Incertidumbre típica	Coficiente de sensibilidad C_i	Contribución a incertidumbre (%)
s'	0,076		0,0031	1	0,0031
μ_{Br}	0		0,0008	1	0,0008
μ_{Pc}	-0,04		0,007	-1	0,007
μ_{Bp}	0		0,029	-1	0,029
$E \%^*$	0,116				0,03

De la ecuación (41):

$$E \% = s' + \mu_{Br} - \mu_{Pc} - \mu_{Bp}$$

La incertidumbre estándar de la ecuación (42) es:

$$\mu^2(y) = 0,0031^2 + 0,0008^2 + 0,007^2 + 0,029^2$$

$$\mu(y) = 0,030 \%$$

La incertidumbre expandida según la ecuación (40) es:

$$U = 0,030 * 2 = 0,060 \% \text{ con } K = 2$$

Se elige usar hasta un cifra significativa para U . Entonces $U = 0,030 * 2 = 0,06 \%$ con $K = 2$.

RESULTADO

El error del instrumento a calibrar es: $E = (0,12 \% \pm 0,06 \%)$

Donde el valor que sigue al símbolo \pm es la incertidumbre expandida de calibración, la cual es igual a la incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura $K = 2$, que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95% aproximadamente.

ANEXO E: **Ejemplo de Comparación de Energía**

Se desea verificar un medidor de energía eléctrica monofásico estático clase 1, con el fin de determinar si el error en porcentaje ($E\%$) que presenta no supera los límites de error en porcentaje que se establecen para su clase.

Las características del medidor estático son:

Tensión nominal 220 V, corriente de base 10 A (I_b), corriente máxima 60 A (I_{max}), frecuencia 60 Hz, constante 1600 imp/kWh (k_1), clase 1.

Para el ensayo se cuenta con un contador patrón estático de clase de exactitud 0,05, constante 0,00001 Wh/imp; en su certificado de calibración se indica un error de 0,01% con una incertidumbre de medición de 0,02% en todo su alcance de corriente para factor de potencia 1 y 0,5 inductivo (Ind). Se cuenta con una fuente de potencia constante la cual no incluye al contador patrón.

El patrón no tiene sensor óptico y detiene el registro de energía ya sea con su pulsador de parada (STOP) o suprimiendo la corriente de la fuente de potencia constante con la cual conforma el sistema de medición, mostrando el valor de la energía medida con una resolución de 0,0001 Wh para una indicación de 99,9999 Wh.

Antes de realizar los ensayos se debe verificar que el sistema de ensayo a emplear para la verificación cumpla con lo señalado en los puntos anteriores; en nuestro caso el contador patrón cumple, dado que su error e incertidumbre de medición son menores que los valores máximos establecidos, por lo tanto puede ser usado para determinar el error en porcentaje del medidor. Tener presente que no es necesario realizar correcciones debido a los errores que presenta el patrón. También se pudo considerar que el patrón cumple con las exigencias de error e incertidumbre tan sólo con considerar su exactitud, la cual es mucho menor que el error máximo permitido para los equipos de ensayo de medidores.

Realización de los ensayos

Los ensayos fueron realizados bajo las condiciones de referencia dadas en las Tablas 9, 10, 11, 12 y las consideraciones dadas en los puntos 4.

Para calcular el número de pulsos (n) del medidor para los ensayos de exactitud, se aplica la ecuación (5) del anexo A, teniendo en cuenta que la tensión es 220 V , la constante del medidor 1600 imp/kWh (debe estar expresada en watts y segundos) y el tiempo de ensayo de 30 s ; luego, se tiene el número de pulsos:

Corriente de ensayo	Factor de potencia	Numero de pulsos (n)
$0,05 * I_b = 0,5 A$	1	2
$I_b = 10 A$	1	30
$I_b = 10 A$	0,5 Ind.	15
$I_{max} = 60 A$	1	176

El número de pulsos se ha redondeado al entero superior con el fin de cumplir con el tiempo mínimo de ensayo (30 s).

La energía en kilowatt-hora (kWh) correspondiente al medidor en cada punto de ensayo se obtiene aplicando la ecuación indicada en 7.4 $L_M = \frac{1}{k_1} * n$; para expresar dicha energía en wats-hora el valor obtenido se multiplica por 1000 .

Realizados los ensayos, para la energía medida en el medidor en watt-hora (Wh) correspondiente al número de pulsos programados (n), se obtuvieron las siguientes indicaciones en watt-hora (Wh) en el patrón:

Corriente de ensayo	Factor de potencia	Numero de pulsos (n)	Lectura en el medidor L_M (Wh)	Lectura en el patrón L_P (Wh)
$0,05 I_b (5 A)$	1	2	1,25	1,24800
$I_b (10 A)$	1	30	18,75	18,7300
$I_b (10 A)$	0,5 Ind.	15	9,375	9,36100
$I_{max} (60 A)$	1	176	110	109,865

CALCULO DEL ERROR

El error en porcentaje de la medición está dado por: $E\% = \frac{L_M - L_P}{L_P} * 100$

Por lo tanto, de los datos del cuadro anterior tenemos que el error en porcentaje (E%) del medidor para cada ensayo es:

Corriente de ensayo	Factor de potencia	Lectura en el medidor L_M	Lectura en el Patrón L_P	Error en porcentaje (E%)
$0,05 I_b (5 A)$	1	1,25	1,24800	0,16
$I_b (10 A)$	1	18,75	18,7300	0,11
$I_b (10 A)$	0,5 Ind.	9,375	9,36100	0,15
$I_{max} (60 A)$	1	110	109,865	0,12

Para saber si los errores en porcentaje del medidor no son mayores a los límites de errores en porcentaje para su clase se presenta el siguiente cuadro de resultados:

Ensayo de exactitud	Corriente de ensayo [A]	Factor de Potencia	Resultado (E%)	Límites de los errores en porcentaje para medidor clase 1
5	0,5	1	0,16	$\pm 1,5$
5	10	1	0,11	$\pm 1,0$
6	10	0,5 Ind	0,15	$\pm 1,0$
9	60	1	0,12	$\pm 1,0$

Por los resultados obtenidos el medidor monofásico estático no supera los límites de errores en porcentaje establecidos para la clase 1, por lo tanto cumple con los ensayos de exactitud.

DOCUMENTO
INTERNACIONAL

OIML D 20
Edición 1988 (E)

Verificación inicial y posterior
de instrumentos de medición y procesos

Verificaciones básicas y avanzadas de instrumentos y procesos de medida



OIML D 20 Edición 1988 (E)

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL
DE MÉTROLOGIA LÉGAL

VERIFICACIÓN INICIAL Y POSTERIOR DE INSTRUMENTOS Y PROCESOS DE MEDICIÓN

CAPÍTULO I

GENERAL

1.1. Introducción

Este documento internacional está dirigido a la secretaría de la OIML y a los funcionarios de metrología legal preocupados por la verificación inicial y posterior de los instrumentos de medición en general, con la redacción de las recomendaciones internacionales o de la normativa sobre estos temas, y con la planificación de la verificación que se siguió en casos específicos

Debido a que de su naturaleza general de este documento internacional tiene amplia aplicabilidad en legal de metrología para la verificación de instrumentos de medición y los procesos en tales campos como, por ejemplo, pesos y medidas, ambiental protección, o la medicina. Que incluye consejos, procedimientos, y los factores que influyen en que llevan en la elección entre enfoques alternativos para la verificación y en los procedimientos a ser seguidos en el curso de la verificación. Ambos tradicionales métodos y alternativos enfoques para la verificación están incluidos.

La verificación inicial busca para garantizar que los instrumentos de medición que se encuentran para ser puesto en servicio se ajustan a un modelo aprobado y con las regulaciones, han especificado las características metrológicas que se encuentran dentro de los límites permisibles, y la función correctamente. La verificación posterior buscan para garantizar que los instrumentos previamente verificados, después de algún periodo de uso, se continúa a operar en un nivel aceptable. Por lo tanto, la verificación constituye un componente importante de los esfuerzos para asegurar la calidad de mediciones en las áreas de preocupación pública. Sin embargo, debido a muchas variables, condiciones, y limitaciones llevan en el enfoque de la verificación, se hace necesario para elegir entre las alternativas disponibles y para planificar una verificación de proceso para acomodar el caso particular en la mano.

Las crecientes demandas de servicios de metrología legal, junto con las políticas económicas austeras, están obligando a un replanteamiento de la utilización de los métodos tradicionales de control metrológico. Diversamente, una mayor dependencia en fabricantes para el apoyo en la

verificación y cuidadoso análisis estadístico de resultados de la verificación puede aliviar la presión en el servicio y, en algunos casos, proporcionar tanto una visión más profunda en los metrológica problemas enfrentados y sugerencias útiles como para su solución. Si bien el objetivo de la verificación (garantizar que cada instrumento que se toma uno a la vez funciona de manera aceptable) es un objetivo valioso y necesario, en realidad es un objetivo más importante del control metrológico para optimizar la calidad de los resultados de medición obtenidos para un todo población de instrumentos. Debe centrarse en la población de instrumentos y en todo el proceso de medición, del cual el instrumento es solo un elemento, proporciona una alternativa que merece la consideración más seria por parte de los servicios de metrología legal .

También está disponible un documento internacional complementario, «Evaluación de patrones y aprobación de patrones». Se puede proporcionar una cierta perspectiva cuando las decisiones necesitan ser hecha en cuanto a que las pruebas y las inspecciones son apropiadas para la verificación y que pueden ser asumidas como parte de la evaluación de modelo. La verificación de los productos envasados, que difiere considerablemente de la verificación de los instrumentos y procesos de medición, no se analiza en este documento; es tratado con en el trabajo del piloto Secretaría SP 20 (*) en envasados productos.

(*) OIML TC 6 Productos pre envasados

1.2. Definiciones

Los términos en este documento están tomados de la edición de 1978 del Vocabulary of Legal Metrology (VLM), según corresponda. Las definiciones de los términos que no se encuentran en el VML se presentan a continuación.

1.2.1 Copia de un patrón

Un instrumento individual que se ajusta, dentro de los límites especificados, a un patrón dado en todos los aspectos.

Nota: La palabra « patrón » ha sido comúnmente utilizado para referirse a la modelo definitivo de un instrumento de medición como también en cuanto a la clase de instrumentos que se ajusten a ella. Los instrumentos producidos por el fabricante para replicar el patrón constituyen una clase diferente. La pregunta de si un instrumento de la clase conforme a la pauta es normalmente el objeto de la verificación inicial. La aprobación del patrón no solo implica el

reconocimiento de que el patrón cumple con los requisitos , sino que, en general, también se relaciona con los instrumentos de la clase producidos por el fabricante ; que por lo general transmite que éstos pueden ser vendidos como legales para el uso y sometidos a inicial de verificación.

1.2.2. Carácter legal

El atributo de un instrumento de medición por el cual, habiendo cumplido todos los requisitos administrativos, metrológicos y técnicos de las reglamentaciones, se reconoce oficialmente que es legal para su uso en aplicaciones aprobadas.

1.2.3 Instrumento de medida verificado

Un instrumento de medición al que, como consecuencia de su verificación, se le ha dado carácter legal.

1.2.4. Aceptación de un instrumento de medida.

La decisión y el acto de dar carácter legal a un instrumento de medición después de su verificación inicial o de reconfirmar o restaurar su carácter legal después de una verificación posterior.

1.2.5 Aplicación de un instrumento de medida.

Para una copia particular de un patrón, la identificación, por referencia a todas las posibles variables y restricciones, de todas las mediciones para las cuales se puede usar hipotéticamente y de todos los conjuntos de condiciones bajo las cuales estas mediciones pueden hacerse legalmente.

1.2.6. Proceso de medición (VIM 2.08)

Toda la información, equipos y operaciones relevantes para una medición dada.

Nota: Este concepto abarca todos los aspectos relacionados con el rendimiento y la calidad de la medición; incluye, por ejemplo, el principio, método, procedimiento, valores de las cantidades de influencia y los estándares de medición.

1.2.7. Objeto de prueba

Un objeto físico, dispositivo o material que está sujeto a una medición y que incorpora la cantidad física a medir o calibrar.

1.2.8. Objeto de prueba ciego (o muestra de material ciego)

Un objeto de prueba desconocido (o muestra de material) enviado para su medición a una organización en relación con una evaluación de las capacidades de medición de esa organización.

1.2.9. Objeto de prueba doble ciego (o muestra de material doble ciego)

Un ciego de prueba objeto (o muestra de material) bajo la condición adicional de que los personal de la organización cuyas capacidades están siendo evaluado se mantenían conscientes de que el objeto de prueba (o material de muestra) es, en realidad, un ciego de prueba objeto (o ciego material de muestra)

1.2.10. Lote (de instrumentos de medida)

El conjunto de todos los instrumentos de medición del mismo tipo producidos en una sola ejecución de producción.

Nota: Una parte de un lote, como se ha definido anteriormente, contenida en un solo envío está a veces también se conoce como un montón.

1.2.11. Organización de servicios

Una organización no gubernamental que calibra, prueba, repara o mantiene instrumentos.

CAPITULO II

TIPOS DE VERIFICACIÓN

2.1. Tipos de verificación

La verificación de los instrumentos de medición generalmente tiene dos formas: verificación inicial y verificación posterior. Estos se discuten a continuación.

2.1.1. Verificación inicial

La verificación inicial de un instrumento de medición es una serie de pruebas y exámenes visuales llevados a cabo para determinar si un instrumento fabricado para replicar un patrón

dado se ajusta a ese patrón y a las regulaciones, y que sus características metrológicas se encuentran dentro de los límites requeridos para la verificación inicial de las copias de ese patrón. Si el instrumento pasa todas las pruebas y exámenes, que se da carácter legal por su aceptación como se evidencia por estampación y / o emisión de un certificado de verificación.

Cualquier instrumento no verificado previamente puede someterse a una verificación inicial. Los requisitos para inicial verificación pueden, dependiendo sobre las regulaciones en la jurisdicción, adjuntar a la modelo, la categoría de instrumentos, la precisión de la clase del patrón, o a la específica aplicación de cualquier uno instrumento.

2.1.2. Verificación posterior

El control a posteriori de un instrumento de medición es una serie de pruebas y exámenes visuales, que suele llevarse a cabo en el lugar de uso por un oficial de la servicio de metrología legal (inspector), para determinar si el instrumento, después de haber sido en uso por algún tiempo desde la verificación anterior, continúa para ajustarse a, o de nuevo se ajusta a, regulaciones y mantiene sus metrológicas características dentro requeridos límites. Si el instrumento pasa todas las pruebas y exámenes, su legal personaje está ya sea confirmada o re-establecido por su aceptación como se evidencia por estampación y / o la emisión de un certificado de verificación.

Cuando el muestreo de una población de instrumentos ha sido utilizado en la verificación posterior para calibrar el nivel de cumplimiento de la normativa de la población, todos los instrumentos en la población deben ser consideradas a haber sido verificado.

Los requisitos para la verificación posterior en general difieren y, a menudo, son menos estrictos que los de la verificación inicial. Estos requisitos pueden, dependiendo en las regulaciones en la jurisdicción, adjuntar al patrón o su clase de precisión, la categoría de instrumentos, o para la específica aplicación de cualquier instrumento.

2.2. Instrumentos y procesos sujetos a verificación

Como requerido por ley o regulación, inicial verificación se lleva a cabo, con algunas excepciones, para todos los nuevos instrumentos o de muestras de nuevas poblaciones de

instrumentos. También puede ser requerido después de la suspensión del uso, transporte, nueva instalación o nueva aplicación de un instrumento.

No es una diferencia fundamental entre la verificación de un instrumento de medición y la verificación de la proceso de medición en el que el instrumento se emplea. En cualquiera de los casos, las preguntas de qué instrumentos (o procesos en los que se utilizan) están sujetas a verificación, lo criterios a aplicar para decidir esto, y que hace que estas decisiones requieren atención. Mientras que los instrumentos están generalmente sujetos a ambos aprobación de modelo y verificación, no son casos en los que solamente uno de estos controles se ejerce; Todos estos casos se discuten aquí.

2.2.1. Verificación después de la aprobación del patrón

La mayoría de las categorías de instrumentos cubiertos por los controles de metrología legal están sujetos a la aprobación del patrón. Asimismo, la mayoría de los instrumentos que replican patrones aprobados están sujetos a verificación. Las excepciones se analizan a continuación.

2.2.2. Verificación sin aprobación de patrón

En algunas jurisdicciones, ciertas categorías de instrumentos de medición están exentas de aprobación de patrones. Categorías exentas están generalmente especificadas en las regulaciones, junto con los requisitos detallados como a sus técnicos y características metrológicas. Invariablemente, los instrumentos exentos están sujetos a verificación y se aceptan automáticamente para la verificación inicial. Son generalmente de diseño simple y la construcción y pueden ser fácilmente verificados.

2.2.3. Aprobación de patrones sin verificación

No son casos cuando un servicio de metrología legal, a la aprobación de un modelo, puede decidir que los instrumentos destinados a reproducir el patrón necesidad de no ser sujeto a inicial o para la verificación posterior. Las condiciones generales para la exención de la verificación inicial son que precisión los requisitos sobre el patrón son modestos, que la producción fiable de la pauta es bien dentro de las capacidades de los fabricantes, que su proceso de control de calidad es confiable y aceptable a la legal servicio de metrología, y que no es prácticamente ninguna posibilidad de que el ajuste, exactitud, o el funcionamiento de la

instrumento puede ser deteriorada durante el transporte o la instalación. El servicio a veces puede confiar en la verificación posterior para medir las consecuencias de una exención de la verificación inicial.

2.3. Componentes de verificación

La verificación (inicial y posterior) se divide en tres componentes distintos; metrológica, técnica y administrativa. Cada componente se discute a continuación.

2.3.1. Examen metrológico

El examen metrológico durante la verificación inicial es generalmente más completo que el que se realiza durante la verificación posterior del mismo instrumento. En ambos casos se determinan las características metrológicas actuales y el rendimiento. Mientras inicial de verificación puede incluir una sistemática de verificación de la capacidad de funcionamiento de todos los interruptores, controles, y diales de un instrumento, una verificación posterior podría comprobar estos solamente a la medida que real o simulado uso de la instrumento en una medición podría permitirse. En ambos casos, el instrumento se prueba generalmente en condiciones de funcionamiento en puntos extremos y medios de su (s) rango (s). Estas pruebas pueden ser para determinar los errores reales de un instrumento o, especialmente durante la verificación posterior, simplemente para determinar si el error se encuentra o no dentro de los límites permitidos.

Algunas de las muchas características metrológicas que pueden incluirse en una verificación son:

- ✓ Error de medición o error intrínseco
- ✓ Estabilidad, repetibilidad y deriva
- ✓ Resolución de lectura, ancho de seguimiento del registrador e incertidumbre de la lectura de la calibración de patrones internos
- ✓ Susceptibilidad a interferencias electromagnéticas
- ✓ Correspondencia a cada otro de los valores individuales de las lecturas y / o impresiones, donde un instrumento tiene más de uno
- ✓ Fiabilidad de lectura de códigos de las cajas automáticas.

2.3.2. Examen técnico

El examen técnico puede incluir diversos controles, por ejemplo:

- ✓ En general la condición de la instrumento y las indicaciones de daños, suciedad, o desgaste
- ✓ Correcta ubicación de los instrumentos y la visibilidad de la lectura de ambos vendedor y el cliente
- ✓ Integridad de las impresiones de computación escalas así como para incluir peso, unidad de precio, y total de precio
- ✓ Potencial o arreglos para el fraude asociado con un instrumento y prácticas fraudulentas relacionadas con su uso
- ✓ Secuencia y control de enclavamientos.

2.3.3. Examen administrativo

Los exámenes administrativos difieren sustancialmente de una jurisdicción a otra y dependen, en al menos algunos medida, en el instrumento siendo verificado. Pueden incluir el examen de algunos de los siguientes:

- ✓ Etiquetas de identificación, placas de identificación e inscripciones.
- ✓ Marcas de aprobación de patrones y marcas y fechas de verificación (anteriores) .
- ✓ Integridad de sellos, cerraduras y otros dispositivos de seguridad metrológica.
- ✓ Visualización o disponibilidad de certificados sobre el instrumento o su uso.
- ✓ Disponibilidad de documentos técnicos necesarios y tablas de calibración.
- ✓ Registros de calibración, reparación y mantenimiento.

CAPITULO III

PROCESO DE VERIFICACIÓN

3.1. Consideraciones generales

3.1.1. Normas e instrumentos utilizados en la verificación.

Los patrones e instrumentos utilizados en la verificación deben adaptarse al propósito, ser trazables a patrones más precisos y ser parte de un programa de calibración confiable. Las incertidumbres asociadas con estas normas y los instrumentos de medición deben siempre ser conocidos; deben ser sustancialmente menor que los máximos permisibles errores de los instrumentos o los procesos a ser verificados.

Los instrumentos verificando pueden ser utilizados para medir la misma cantidad, o cantidades relacionadas directamente con ella, como el medido por el instrumento que se está verificada o para medir ciertas otras cantidades que indican el rendimiento. El inspector también puede usar objetos de prueba calibrados (estándares), por ejemplo, pesas, en lugar de instrumentos de medición. El servicio puede identificar instrumentos específicos o sus características para su uso en verificaciones particulares. El trabajo del piloto Secretaría SP 23 (*), «Los métodos y medios utilizados para la Certificación de Verificación de Dispositivos», debe ser considerado en esta conexión.

3.1.2. Personal

Los inspectores deben estar capacitados en los fundamentos de la metrología y de la metrología legal. Ellos deben tener una palabra para la instrucción especializada en sus específicas áreas de responsabilidad y un breve «aprendizaje» con un inspector experimentado, seguido por una verificación de su rendimiento (inicial). Su rendimiento puede evaluarse de forma continua mediante el análisis de los datos de verificación. Los inspectores pertenecientes a un servicio de metrología legal o a otras organizaciones acreditadas deben estar oficialmente autorizados para realizar verificaciones. Los oficiales supervisores o más especializados, además de sus otras calificaciones, deben estar capacitados en estadísticas elementales y ser capaces de realizar análisis de correlación.

3.2. Proceso de verificación inicial

La verificación inicial se lleva a cabo para impartir carácter legal a un instrumento de medición. Esto se logra mediante el examen de cada instrumento para determinar que es una réplica del modelo aprobado y que se actúa en conformidad con los reglamentos. Puede también servir para verificar la correcta instalación de los instrumentos y su pretendida correcta utilización.

3.2.1. Responsabilidad de iniciar la verificación inicial

Dependiendo de las circunstancias y regulaciones, la responsabilidad de iniciar la verificación inicial recae en los fabricantes, importadores, vendedores o usuarios de instrumentos.

3.2.2. Elección de la organización verificadora

Dependiendo de las circunstancias y las regulaciones, la verificación inicial puede ser llevada a cabo por el legal servicio de metrología, el fabricante, o una autorizada actuación laboratorio independiente para una de las partes afectadas. Elección, donde uno existe, será dependerá en económicas factores, técnica capacidad, y el tipo de instrumentos que se verificado.

(*) OIML TC 3 Control metrológico

3.2.3. Hora de verificación inicial

Dependiendo de las circunstancias y regulaciones, los instrumentos se someten a una verificación inicial antes de salir de la fábrica, antes de que un vendedor los venda , al instalarlos o antes de usarlos.

3.2.4. Sitio de verificación inicial

Dependiendo de las circunstancias y las regulaciones, la verificación inicial puede tener lugar en la fábrica, en las instalaciones del usuario, en el laboratorio de la servicio de metrología legal o en una autorizado laboratorio independiente. Todavía pueden ser necesarias otras ubicaciones en el caso de instrumentos importados. Además, la verificación inicial se puede lograr en etapas que involucran dos o más pasos en el proceso. Por ejemplo, una parte de la verificación puede tener lugar en el legal de metrología de laboratorio antes de la instalación de un instrumento,

y una segunda parte para llevar a cabo una vez que el instrumento ha sido instalado en su lugar de la intención de usar.

3.2.5. Opciones a considerar en la verificación inicial

3.2.5.1. Verificación inicial de cada instrumento.

El inspector primero determina que un instrumento es de un tipo producido para replicar el patrón aprobado. Cuando el instrumento ha ya se ha instalado en el del usuario sitio de los cheques inspector que la instalación es correcta. Esta fuerza, por ejemplo, se refieren a la nivelación de la instrumento, a la adecuación de su entorno y de los controles ambientales a la conexión a tierra y la red de regulación de voltaje, o para las vistas de los clientes de escalas o digitales lecturas.

Después de comprobar que los existen condiciones necesarias, por ejemplo, condiciones de referencia o las condiciones normales de uso, y tomando nota de cuáles son éstos, las medidas de inspector de las características metrológicas pertinentes de la instrumento. Estos voluntad por encima de todo incluye el intrínseco error de la instrumento, o del proceso de medición, en puntos dados en las diferentes gamas de la instrumento. En los casos en que se puede variar continuamente y escalonar automáticamente, se puede usar un equipo de prueba automático barrido o escalonado respectivamente en lugar de las mediciones tradicionales punto por punto.

En adición a la determinación de los errores anteriores, el inspector suele poner a prueba algunos subsidiarios metrológicas características de los instrumentos de medida. Esto podría incluir, por ejemplo, la deriva de la línea base de un registrador de lápiz, el error de histéresis de una escala o la variación (ruido) de una lectura digital para la medición aplicada a cero. El inspector también puede examinar características técnicas (no metrológicas) como el funcionamiento adecuado de los controles y los dispositivos de advertencia de mal funcionamiento del instrumento.

El inspector registra los resultados, determina si se han cumplido los requisitos y toma las medidas apropiadas, por ejemplo, rechazo, sellado o emisión de un certificado de verificación.

3.2.5.2. Verificación inicial por control de calidad (QC)

Diversas circunstancias pueden inducir a los servicios de metrología legal a considerar colocar parte o la totalidad de la carga de la verificación inicial sobre los hombros de los fabricantes. Estas circunstancias incluyen los grandes números, la diversidad, y la complejidad de los instrumentos patrones y los instrumentos para ser verificado en perspectiva con las limitaciones de los recursos financieros, las pruebas instalaciones y equipos, y especializados del personal capacidades de la legal servicio de metrología. Por ejemplo, los instrumentos modernos equipados con equipos electrónicos plantean problemas considerables a los inspectores cuando deben determinar que los instrumentos de producción se ajustan a los patrones aprobados. En tales casos, los fabricantes podrían ser necesarios, en la base de su control de calidad, para certificar que sus instrumentos de producción por lo conforman.

Que depende de las leyes y reglamentos en cualquier una jurisdicción si la verificación inicial de control de calidad es posible. El enfoque de CC puede ser aplicable a algunas categorías de instrumentos pero no a otras; que puede ser implementada por algunos fabricantes, pero no por los demás; que puede ser utilizado para verificar solamente un limitado número de características, mientras que el otros servicios de metrología legal verifica; o que puede ser llevado a cabo para todos los instrumentos de un patrón dado con el servicio de repetir el proceso en un limitado control de muestra. En todos los casos, el control de calidad del procedimiento debe tener plena cuenta de los reglamentos y las condiciones de patrón de aprobación.

Los métodos para acreditar a un fabricante bajo un plan de CC pueden incluir:

- ✓ Investigación por parte de una junta especialmente constituida, o por el personal de servicio, de las capacidades, el personal, los métodos y las normas para realizar el control de calidad necesario.
- ✓ Con la única investigación inicial limitada, el rendimiento real por el fabricante del control de calidad, con los servicios se volverá a verificar resultados hasta que se satisfizo con la fiabilidad de la del fabricante del control de calidad.
- ✓ Permiso otorgado al fabricante para realizar el control de calidad sobre la base de la declaración del fabricante sobre su capacidad para llevarlo a cabo, con el servicio de

metrología legal manteniendo el control sobre la certificación posterior, el mecanismo de quejas y las posibles sanciones.

Medios alternativos para la supervisión de la del fabricante QC incluyen periódicos o inspecciones al azar de la instalaciones del fabricante, cheques de mantenimiento continuo de las condiciones adecuadas para QC, y auditorías de instrumentos verificados por el fabricante; Dichas auditorías pueden realizarse en la planta o después de la entrega por parte del fabricante. Supervisión puede basar en sí en los mecanismos de denuncia o en los resultados de la posterior verificación. En orden a motivar el fabricante, cualquier de estos métodos puede implicar una variedad de sanciones impuestas a una determinación de que QC es inadecuada, por ejemplo, la revocación de patrón de aprobación, imposición de inspecciones más estrictas, o multas.

3.3. Proceso de verificación posterior

La verificación posterior se lleva a cabo para verificar si se ha mantenido el carácter legal de los instrumentos y para proporcionar la base para reafirmar o retirar ese estado o para requerir medidas correctivas para restaurarlo. Se puede verificar cada instrumento de un patrón o una muestra adecuada de una población de instrumentos. La verificación posterior de solo una muestra de la población se lleva a cabo para asegurar un nivel continuo de cumplimiento aceptable con las regulaciones de los instrumentos en uso. La verificación posterior puede ir más allá del instrumento para verificar su uso, entorno o instalación adecuados, verificar el proceso de medición completo y detectar prácticas fraudulentas.

La verificación posterior, que no sea por causa, se basa en el probable deterioro del rendimiento del instrumento debido al envejecimiento y al desgaste de componentes, polvo o suciedad, influencias ambientales como vibraciones y desajustes resultantes del uso normal. Algunos instrumentos son especialmente susceptibles debido a su sensibilidad a descargas mecánicas o eléctricas, ajustes sensibles o baja resistencia a la manipulación.

La historia del nivel de cumplimiento o de problemas asociados con instrumentos específicos, patrones, fabricantes, aplicaciones, usuarios, o ubicaciones también puede constituir razones para verificación posterior o para cambiar el intervalo entre verificaciones. Causa para la verificación

posterior incluye la reparación, calibración, y ciertos ajustes, conocido o sospechado de choque para el instrumento, y se observa un mal funcionamiento o quejas.

3.3.1 Responsabilidad de iniciar la verificación posterior

La responsabilidad de la verificación posterior, que no sea por causa, generalmente recae en el servicio de metrología legal, aunque los usuarios pueden estar obligados a presentar instrumentos en momentos específicos. Responsabilidad, especialmente donde la causa es complicado, puede ser colocado en los usuarios o de reparación o servicios de calibración. Las quejas de los clientes también pueden desencadenar una verificación posterior.

3.3.2. Período de validez de la verificación posterior.

Validez de verificaciones puede ser limitado a períodos específicos o continuar hasta que la próxima verificación. Validez será generalmente expira automáticamente cuando la causa está involucrado. Los problemas surgen cuando validez se limita a un período determinado, pero el inspector de falla a cabo la verificación posterior antes de la expiración fecha.

3.3.3. Elección de la organización verificadora

En general, el servicio de metrología legal realizará una verificación posterior. Sin embargo, una organización de servicio independiente puede ser retenida o autorizada para hacer esto por el servicio; De manera similar, a algunos usuarios se les puede permitir o exigir hacer esto. En tales casos, el servicio de metrología legal debe calificar a la organización verificadora y puede realizar verificaciones puntuales de su desempeño de verificación posterior.

3.3.4. Intervalos de verificación posteriores

Los intervalos de verificación pueden ser requeridos por la regulación o las condiciones de aprobación del patrón o pueden ser decididos administrativamente por los servicios de metrología legal. La verificación de la causa se realiza cuando las circunstancias lo requieren; de lo contrario, la verificación puede ser periódica, dictada por un número dado de mediciones realizadas desde la última verificación, determinada por algún esquema de aleatorización de tiempo, o basada en los resultados de verificaciones anteriores. Cuando la población instrumento se tomaron muestras periódicamente los instrumentos verificados durante el último 1, 2, 3, o n-períodos pueden ser excluidos de la población a ser muestreado en el próximo

período de modo que el intervalo de verificación para instrumentos realidad verificadas está en o es superior a un especificado mínimo.

3.3.5 Sitio de verificación posterior

A pesar de que depende de las circunstancias y los reglamentos, el sitio de verificación posterior es generalmente el lugar de utilización. Las muestras de productos básicos y algunos instrumentos se pueden verificar en metrología legal u otros laboratorios autorizados. La transportabilidad de tanto los instrumentos a ser verificados y los que verifican instrumentos puede dictar la elección del sitio de verificación. La verificación de un proceso de medición debe realizarse en el sitio del usuario.

3.3.6. Opciones a considerar en la verificación posterior

3.3.6.1. Verificación posterior de cada instrumento

Antes de la verificación, se habrá decidido si el foco está en el instrumento (error intrínseco) o en el proceso de medición con el instrumento en cuestión (error de medición). Si la verificación es de al instrumento de medición de los especificados condiciones de referencia se proporcionan pruebas antes de comenzar y las pruebas se llevaron a cabo por el inspector, que deben tratar con cuidado para reducir al mínimo todos los errores, excepto el error intrínseco de la materia instrumento.

Si la verificación es del proceso de medición, el inspector debe, como lejos como sea posible, ofrecer las mismas condiciones durante la prueba como existen durante la rutina de uso de la instrumento. Esto podría implicar hacerse pasar por un cliente y el uso de objetos de prueba de doble enlace, con las mediciones realizadas por el personal normal del usuario.

En la verificación posterior no es mayor énfasis en el rendimiento global, es decir, el error, de la sujeto instrumento (o proceso) que en la verificación inicial. Las características metrológicas subsidiarias que pueden verificarse generalmente son solo aquellas que pueden cambiar con el tiempo o mediante el uso del instrumento, por ejemplo, el cero mecánico o eléctrico de un instrumento, su repetibilidad o banda muerta, o la precisión de sus estándares internos.

El inspector también en cuenta, como es necesario, la colocación adecuada de la instrumento, vista de los clientes de las lecturas, la presencia de placas de identificación necesarios, advertencias, y sellos, o la integridad de los sellos. Todos los datos relevantes se registran y, si se han cumplido los requisitos, el inspector sella el instrumento y / o emite un certificado de verificación actualizado.

3.3.6.2. Verificación posterior por muestreo

El objetivo principal es asegurar un nivel general de cumplimiento de la población a ser muestreada. Conclusiones extraídas de análisis de datos deben ser vigorosamente perseguidos, no solamente por la rectificación de la raíz causas de fallas a conocer necesidades, sino también por la concentración de verificación de los esfuerzos en el menos segmento cumplimiento de la población instrumento para identificar como muchos instrumentos no conformes como sea posible en el menor tiempo.

La muestra utilizada para cualquier una « ronda » de verificaciones puede ser elegido en varias manera: se puede, por ejemplo, ser una muestra aleatoria del total de la población, una muestra aleatoria de la parte de la población no verificado en el curso de la última uno, dos, o tres rondas, o una muestra de algún modo sesgadas hacia instrumentos que no fueron encontrados para ser aceptable durante las verificaciones anteriores. Si bien la elección de la particular, el tipo de muestra será presumiblemente servir a algún objetivo específico así, que también afectará a la distribución estadística dentro de la muestra. Como resultado, el análisis estadístico adecuado de los datos puede volverse muy difícil o incluso imposible. Se debe tener cuidado en tales casos para no aplicar análisis válidos solo para distribuciones normales.

3.3.6.3. El control a posteriori por el usuario de la instrumento

Un usuario (o servicio retenido por el usuario) debe ser permitido para realizar la posterior verificación únicamente si la población instrumento en cuestión es lo suficientemente grande, si el legal servicio de metrología ha acreditado correctamente el usuario de conducta verificaciones, y si el servicio será en sí re- verificar al menos una muestra de la población analizada .

Si las incertidumbres del proceso de verificación de usuario son juzgados para ser aceptable, pero un poco más grande que los de la servicio de metrología legal, requerimientos pueden tener que ser apretados para compensar.

El personal de metrología legal debe asegurarse de que el usuario tenga una cantidad suficiente de instrumentos en uso para que la acreditación del usuario sea económicamente razonable. A discreción del servicio, el usuario puede estar autorizado para aplicar marcas de verificación. Las sanciones para el fracaso para llevar a cabo verificaciones adecuadamente puede motivar al usuario o al servicio de la organización.

3.4. Verificación del proceso de laboratorio de prueba

Esta sección se refiere solo a laboratorios químicos, biológicos y clínicos. En muchos casos cualquier una medición hecha por tal un laboratorio depende directamente en un número de instrumentos y en químicos o materiales biológicos. Debido a la independiente la verificación de estos instrumentos y materiales podría arrojar muy poca luz sobre los resultados de la medición obtenidos por su combinado uso, se convierte en esencial para verificar el proceso completo por centrarse en los resultados obtenidos por estos laboratorios en las mediciones sobre ciegos o algunas veces incluso el doble - muestras de prueba a ciegas.

Las necesarias muestras de ensayo, que deben tener propiedades especiales, pueden ser evaluados por referencia métodos por el legal laboratorio de metrología, o pueden ser obtenidos por él desde autorizados o fiables fuentes. Las muestras se toman generalmente de un acciones comunes, homogénea y son invariablemente usado hasta en el curso de las mediciones realizadas por los laboratorios que está siendo evaluado. Como el primer paso de la verificación, cada laboratorio recibe una o más muestras de prueba y después informa de los resultados de sus pruebas sobre éstos a la legal de metrología servicio. El servicio determina entonces la aceptabilidad de cada informado resultado y, por inferencia, de la del proceso de laboratorio que produce él.

Cuando se utilizan muestras evaluadas cuantitativamente, la precisión de los resultados informados puede obtenerse en comparación con el resultado del método de referencia. En otras circunstancias, se puede emplear un promedio de los resultados de laboratorios calificados en lugar de un resultado del método de referencia; tal un procedimiento indica precisión

(constancia de resultados obtenidos por el laboratorio de la población) y, por lo general sólo a una menor medida, la precisión. Las «medidas» hechas por estos laboratorios no son todas las mediciones de las cantidades físicas apropiadas en que también incluyen recuentos numéricos y comparaciones a las escalas de referencia.

3.5. Verificación por «auto certificación »

El término « auto certificación », cuando se usa en relación con la verificación, implica que el fabricante o usuario de un instrumento o una organización de servicio realiza las pruebas de verificación y luego certifica que el instrumento cumple con los requisitos de verificación; que implica además que el servicio responsable de las verificaciones reconoce esta certificación.

Legales servicios de metrología pueden decidir a confiar en el auto certificación para razones económicas, siempre que la ley en la jurisdicción permite la misma. Se debe ser seriamente considerada cuando el auto certificación incentivo para llevar a cabo la verificación es lo suficientemente fuerte y cuando, al mismo tiempo, hay algunos mecanismo de control, tales como punto de comprobación por el servicio o la institución de investigaciones sobre la base de las quejas de los clientes. En cualquier caso, el auto certificación primero debe estar debidamente calificado e instruido por el servicio.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE VERIFICACIÓN

4.1. Consideraciones generales

El resultado de la verificación inicial puede ser la aceptación o el rechazo de la instrumento o, posiblemente, su aceptación sujeta a la satisfacción de las condiciones específicas. La aceptación del instrumento legal transmite carácter a la misma. El sello apropiado o marca se fijan al instrumento a testificar a su estado o un certificado de verificación puede ser emitido. Cuando un instrumento (población de instrumentos, o proceso de medición) cumple con los requisitos de control posterior a su naturaleza jurídica se mantiene o, tal vez, restablece y que puede ser mantenido en servicio.

Bajo algunas circunstancias, la verificación puede ser condicionada y sujeta a la realización posterior demostrado de condiciones específicas. Cuando tal un instrumento, etc., no cumple con los requisitos de verificación posterior que pierde su carácter legal y no puede ser mantenido en servicio. Cuando un instrumento ha perdido previamente su carácter legal, el resultado de la verificación puede ser la retribución de su carácter legal o el mantenimiento de su estado no legal. Dependiendo del resultado de la verificación, un sello apropiado o verificación de marca está fijada a la del instrumento y / o un certificado de se emite la verificación, o el instrumento se rechazó. Cuando un instrumento se rechazó el inspector o el servicio debe revelar a los usuarios la razón para el rechazo y, en su caso, sugerir al usuario qué carácter jurídico del instrumento puede ser establecido o restaurado.

4.2. Certificados de verificación y avisos

Verificación de los certificados o avisos se emiten por el inspector o el servicio al usuario, que, dependiendo de las regulaciones, debe prominente publicarlos, adjuntar ellos para el instrumento, o tener a disposición de la inspección de la demanda. En la verificación posterior, los certificados existentes pueden ser simplemente refrendados por el inspector. La información introducida en un certificado generalmente incluye la identidad del propietario y localización, identificación del instrumento, fechas de inspección y validez, cualquier especiales de restricciones sobre su uso, y el nombre y la firma de la inspección. También puede incluir la fecha de la próxima inspección requerida.

4.3. Marcas de verificación, sellos o sellos

Las marcas de comprobación o sellos están fijados a la instrumento por el inspector, o si los reglamentos lo permiten o requieren esto, por el usuario o una organización de servicio verificar el instrumento. Dependiendo de los resultados de la verificación, una verificación o rechazo de la marca o sello pueden ser fijados de manera que se indica la situación jurídica del instrumento y su duración. En los casos en que un instrumento pierde carácter legal, las marcas de verificación se borran.

Sellos de diversos tipos o marcas de protección están fijados a proteger la integridad del instrumento, su calibración, los ajustes, software, etc. En Precio- computación instrumentos, donde la unidad de precios pueden fluctuar y los metrológicas y porciones de computación de la

instrumento incluir sellos, la parte que almacena unidad de precio (s) será generalmente no se selló menos una (unidad) precio función de control está siendo ejercida simultáneamente con la metrológica función.

4.4. Control del proceso de verificación y cumplimiento

La efectividad de un proceso de verificación y la validez de los resultados de la verificación dependen en gran medida de los esfuerzos realizados para controlar el proceso de verificación en sí. Este proceso comprende regulaciones que rigen la verificación, los métodos de verificación, el personal, el equipo, los intervalos de verificación, los planes de muestreo, la participación del usuario, la elección del tiempo y el lugar de verificación, y cualquier esfuerzo para controlar el proceso de verificación en sí.

Un control de plan de debe ser dibujado hasta que se anticipa a las variables de la proceso de verificación a ser controladas, las variables de la instrumento población sometida a este proceso de verificación, y el método de evaluación de estas variables. Se debería también recetar los datos que se registran. Estos datos deben ser almacenados en una forma fácilmente recuperable y se analizó periódicamente para el nivel de cumplimiento como una función de las variables controladas. En consecuencia de los resultados del análisis, deben tomarse medidas destinadas a mejorar tanto el proceso de verificación y la base para el cumplimiento de los instrumentos de la población en proceso de verificación. Los inspectores pueden cumplir el proceso de verificación recomendando tiempos de verificación, verificando instrumentos y estándares.

4.5. Registros de verificación y datos.

Los datos de verificación deben estar disponibles tanto para los inspectores interesados como para el análisis. Esto puede implicar registros duplicados, con un conjunto disponible localmente para los inspectores y otro en un archivo central o en el almacenamiento de la computadora. Para realizar el análisis de las tendencias posibles, a largo plazo de almacenamiento de registros debe ser anticipado. En función de las variables que a ser controlada, la información puede incluir detalles en relación con la:

- ✓ Propietario, operador, ubicación, y el entorno de la instrumento.
- ✓ Fabricante, el modelo, y el número de serie de la instrumento.

- ✓ Aplicación de la instrumento y modalidad, la frecuencia, y el tiempo de uso de la instrumento.
- ✓ Calibraciones, ajustes o reparaciones recientes en el instrumento; sus fechas y por quién actuó; fecha de la última verificación.
- ✓ La metrología, técnicas, y administrativas de datos sobre el instrumento tomada por el inspector.
- ✓ Hora del día, temporada y condiciones ambientales de inspección.
- ✓ Método de verificación e identificación de instrumentos y normas de verificación.
- ✓ Legal de estado del instrumento antes de y posterior a la inspección.
- ✓ La identidad del inspector y de la del propietario del personal que tomaron parte en la verificación de las mediciones.

4.6. Análisis de registros y datos.

Los datos recopilados en la verificación se pueden analizar no solo para identificar y resolver problemas con las categorías de instrumentos o con los procesos de medición, sino que también se pueden utilizar como comentarios sobre el proceso de verificación en sí. Los datos pueden, por ejemplo, divulgar que un intervalo de verificación posterior es innecesariamente largo y debe ser acortado o que un instrumento en particular patrón cumple con requisitos mucho más frecuentemente que otro, de modo que los esfuerzos de verificación deben ser concentrados en el ex gasto de la última. En resumen, la verificación a veces se puede gestionar como un proceso de adaptación y se puede utilizar con prudencia para concentrar o reasignar los recursos limitados de un servicio de verificación.

La verificación de datos registrado representa la observaciones del inspector en la comparación de la actual condición de un instrumento con instrumentos verificar y normas y con los requisitos de las regulaciones. Objetivamente, el instrumento que se verifica , así como los instrumentos y estándares de verificación o el procedimiento de comparación y las observaciones del inspector pueden estar equivocados; todos ellos contribuyen a la consecuencia - ya sea positivo o negativo - de la verificación. El análisis de los registros busca a rastrear la fuente de errores mediante la identificación de denominadores comunes. Los ejemplos son: los instrumentos de un fabricante determinado y los verificados con un estándar dado

tienen un alto nivel de incumplimiento, y el nivel de cumplimiento de un tipo particular de instrumento es inusualmente alto cuando es verificado por un inspector determinado .

Análisis de nivel de cumplimiento como una función de uno o tal vez una combinación de controladas las variables puede ser hecho de forma rutinaria para todas las variables cuando informáticos adecuados instalaciones son disponibles; que puede ser hecho sólo por causa, por ejemplo, como el resultado de las sospechas del inspector o quejas de los clientes que implican una variable en particular; o, como lo permitan los recursos, que puede ser realizado sobre un largo periodo, tomando una variable después de otra.

Los gráficos de control que muestran los niveles de cumplimiento como una función de tiempo para la totalidad o para determinados segmentos de la población instrumento dará indicaciones de las tendencias que pueden ser atribuidas a acontecimientos particulares o fuentes de problemas. Los ejemplos son un nivel creciente de cumplimiento con la introducción de nuevos tipos de instrumentos, una caída repentina en el nivel de cumplimiento después de un cambio en el método de verificación utilizado por todos los inspectores y fluctuaciones estacionales en el cumplimiento.

El análisis de correlación de los datos o de control de gráficos se realiza mejor por capacitados personal con buen conocimiento tanto con los instrumentos que se están verificados y los componentes de la proceso de verificación. La más amplia la información de base analizada, la mayor de la promesa del éxito será ser.

4.7. Acciones correctivas

En la adopción de medidas correctivas basadas en los resultados de los datos de análisis es tan así a mantener en mente que el objetivo subyacente de la verificación es para minimizar los errores de medición realizadas con instrumentos legales y que el otorgamiento, la retirada, o que niegan legal carácter de instrumentos individuales es solo uno significa para ese fin. De hecho, las acciones correctivas que pueden derivarse del análisis de datos no pueden relacionarse directamente con instrumentos individuales sino que solo pueden relacionarse con fuentes identificadas de problemas más generales. Legales, por tanto, los servicios de metrología deben buscar, dentro de los límites de las diversas restricciones sobre ellos, para eliminar tales fuentes de problemas de implementación de cambios en su funcionamiento, por requerir o sugerir

permisibles y apropiadas cambios para ser realizadas por el fabricante o usuario de la instrumento, o haciendo que se realicen cambios en el patrón aprobado o incluso en las regulaciones. Algunas de las acciones que puede considerar el servicio de metrología legal son:

- ✓ Solicitar a la autoridad de aprobación de patrones que modifique la aprobación de un patrón, restrinja la aplicación de un patrón o retire la aprobación de un patrón,
- ✓ Informar al fabricante, con el acuerdo de la autoridad de aprobación de patrones, de la necesidad de realizar ciertos cambios en un método de fabricación o de inspección o de cambiar materiales,
- ✓ Sugiera o requiera al usuario que cambie los procedimientos de mantenimiento, la forma de uso, el intervalo de calibración, el entorno y el personal operativo o que realice ajustes estacionales en los instrumentos,
- ✓ Requerir calibración independiente autorizado o servicio de reparación de las organizaciones a aumentar sus capacidades o mejorar sus trabajo métodos, si es que son a continuar a ser autorizada,
- ✓ Implementar, dentro del servicio de metrología legal , cambios en las asignaciones de personal, métodos de verificación o instrumentos y estándares, reasignar los esfuerzos de verificación de poblaciones de mayor a menor cumplimiento , variar los intervalos de verificación o tamaños de muestra, agregar variables para controlar para una mejor identificación del problema y descartar variables que demuestran ser intrascendentes, instituya cuadros de control en áreas problemáticas recientemente descubiertas .